

عنوان مقالات

- ۶۳۴..... بررسی پاسخ‌های رشدی بخش هوایی و زیرزمینی کل لیپاتوس تحت افزایش ناز گلخانه‌ای دی اکسید کربن در کشت هیدروپونیک مهین نیکو- محمود شور- علی تهرانی‌فر- الهام سعیدی پویا
- ۶۴۳..... بررسی اثرات دمای انبار، اتمسفر و نوع پوشش بسته‌بندی بر برخی ویژگی‌های کیفی بذور زیتون در طی نه ماه انبارداری گوژ آبی پندادی- مجید عزیزی- ناصر صداقت- وحید روشن سروسنتی- حسین آرویی
- ۶۵۸..... بررسی تأثیر بسترهای مختلف کاشت و محلولپاشی اسید هیومیک بر رشد و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی نژاد موجه‌فرنگی نسیم پورقاسمیان- مهدی نئی‌زاده- روح‌الله مرادی- محمد سالاری
- ۶۷۱..... تأثیر پلیمرهای سوپرجاذب بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی ارقام باغملک و دزفول زیتون تحت شرایط کم آبی اسماعیل خاللی- مراد معینی
- ۶۸۳..... بررسی اثر منابع مختلف نوری بر ریخت‌شناسی و رشد میوه‌های سیب‌زمینی در شرایط درون شیشه و تأثیر آن بر تولید ریزغده در گلخانه جعفر نبانی- الهه برومند رضازاده- محمد زارع مهرجردی- محمد کاهی
- ۶۹۴..... تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر اجزای عملکرد و عناصر معدنی کلم بروکلی (*Brassica oleracea* var. *italica*) در شرایط کشت بدون خاک کامران قاسمی- سید مصطفی حمادی- یوسف قاسمی
- ۷۰۵..... اثر پایه‌های رویشی و بذری گلایی بر خصوصیات رویشی و پتانسیل آب ارقام گلایی فریبرز علی‌زاده زرمهری- غلامحسین دوری‌نژاد- رضا خراسانی- سید حسین معینی- یمان کشاورز
- ۷۲۲..... اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیر (*Allium sativum* L.) در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی مختلف یاسر اسماعیلیان- محمد بهرام امیری- صادق عسکری نائینی- جلیل مرادی صابر- فرهاد حیدری عمه
- ۷۳۹..... اثر دمای پایین بر خصوصیات فیزیولوژی و بیوشیمیایی برخی ژنوتیپ‌های شبه پرتقال در شمال کشور صالح محمدی- حمیدرضا اخراعی- حماد نظامی- بهمنی تاجور
- ۷۵۱..... ارزیابی ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی میوه‌ی ارقام جدید نارنگی نوشین و شاهین طی دوره انبارداری جواد فتاحی مقدم- مهدی الهام میدقاسمی- کاظم نجفی
- ۷۶۵..... کاربرد پس از برداشت پلی آمین اسپرمیدین در شرایط غوطه‌وری بر کیفیت انبارداری و عمر قفسه‌ای میوه آلبه (*Mangifera indica* L.) مرجان السادات حسینی- سید مرتضی زاهدی- مهدیه کریمی- اصغر براهیم زاده
- ۷۷۸..... بهینه‌سازی بستر کشت فارچ خوراکی شاه صدف با استفاده از ضایعات ارزان قیمت لیگنوسولوزی جواد جاپور محمد قاسمی- فاطمه قلی‌زاده- حمیدرضا پوریانفر- شاره رضائیان
- ۷۸۹..... ارزیابی ترکیبات فیتوشیمیایی میوه برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و موجه زهرا فتالی- محمد رضا فتاحی مقدم- علی عبادی

ادامه فهرست داخل جلد

Contents

- Growth Response of Aboveground and Belowground of *Eastoma grandiflorum* to Elevated Co in Hydroponic Culture..... 642
M. Nikoo- M. Shoor- A. Tehranifar- E. Saeedi Pooya
- Evaluation of the Effect of Storage Temperature, Atmosphere and Packaging Materials on some Properties of *Carum copticum* Fruits during Nine Months Storage..... 657
G. Baghdadi- M. Azizi- N. Sedaghat- V. Rowshan- H. Aroiee
- Effects of Various Substrates and Foliar Application of Humic Acid on Growth and some Qualitative and Quantitative Characteristics of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Seedling..... 670
N. Pourghasemian - M. Naghizadeh- R. Moradi- M. Salari
- Effect of Superabsorbent Polymers on some Morphological Characteristics of Olive Cultivars 'Baghmalek' and 'Dezphol' under Water Deficit..... 682
L. Khaleghi - N. Moallemi
- Effect of Different Light Sources on Morphology and Growth of Potato Plantlets under *in-vitro* Conditions and their Effect on Miniruber Production in Greenhouse 693
J. Nabati - A. Boroumand Rezzazadeh- M. Zare Mehrjerdi- M. Kafi
- Effect of Different Culture Media on Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) Yield Components and Mineral Elements Concentration in Soilless Culture 704
K. Ghasemi - S. M. Imadi- Y. Ghasemi
- Effects of Vegetative and Seedling Pear Rootstocks on Growth Characteristics and Water Potential of Pear Cultivar..... 721
P. Alizade Zarmehri - GH. Davary Nejad- R. Khorasani- S.H. Nemati- P. Keshavarz
- Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Yield and Yield Components of Garlic Medicinal Plant (*Allium sativum* L.) under the Conditions of Different Organic and Chemical Fertilizers Application 738
Y. Tismaeelian - M.B. Amiri- S. Askari Naeeni- J. Moradi Sadr- F. Heidari Amale
- The Effect of Low Temperature on some Physiological and Biochemical Trait of some Semi-orange Genotype in the North Iran 750
S. Mohammadi - H. R. Khazaie- A. Nezami- Y. Tajvar
- Evaluation of Physico-biochemical Characteristics of Fruits in New Varieties of Noushin and Shahin Mandarins During Storage 764
J. Fatahi Moghadam - S. E. Seyed Ghasemi- K. Najafi
- Postharvest Application of Spermidine Polyamine on the Storage Quality and Vase Life of Mango (*Mangifera indica* L.) in Dipped Conditions..... 777
M. S. Hosseini - S. M. Zahedi - M. Karimi - A. Ebrahimzadeh
- Optimization of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*) Substrate Using Lignocellulosic Affordable Wastes 788
J. Janpoor - M. Parsi- F. Gholizadeh- IL R. Pourianfar- Sh. Rezaian
- Continue Content in cover

نشریه علوم باغبانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

۲۶۵۲۴

۲۱/۲۰۱۵

با شماره پروانه _____ و درجه علمی - پژوهشی شماره _____ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۶۸/۴/۱۱ ۷۳/۱۰/۱۹

زمستان ۱۳۹۶

شماره ۴

جلد ۳۱

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول: رضا ولی زاده
سرمدیر: علی تهرانی فر

استاد - تغذیه نشخوارکنندگان (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیات تحریریه:

استاد - علوم باغبانی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - میوه کاری (دانشگاه تهران)
استاد - گیاهان دارویی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه تهران)
استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - گلکاری و مهندسی فضای سبز (دانشگاه تهران)
استاد - زیست شناسی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه صنعتی اصفهان)

تهرانی فر، علی
داوری نژاد، غلامحسین
طلایی، علیرضا
عزیزی، مجید
عبادی، علی
فارسی، محمد
کافی، محسن
لاهوئی، مهرداد
مبلی، مصطفی

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد - کد پستی ۹۱۷۷۵ صندوق پستی ۱۱۶۳ دانشکده کشاورزی - دبیرخانه نشریات علمی -
نشریه علوم باغبانی نمابر: ۸۷۸۷۴۳۰

این نشریه در پایگاههای زیر نمایه شده است:

پایگاه استنادی علوم ایران (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

پست الکترونیکی: Jhorts4@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت <http://jm.um.ac.ir> به صورت مقاله کامل نمایه شده است .

این نشریه به تعداد ۴ شماره در سال چاپ و منتشر می شود.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۶۳۴ بررسی پاسخ‌های رشدی بخش هوایی و زیرزمینی گل لیزیانتوس تحت افزایش گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن در کشت هیدروپونیک
مهرین نیکو - محمود شور - علی تهرانی‌فر - الهام سعیدی پویا
- ۶۴۳ بررسی اثرات دمای انبار، اتمسفر و نوع پوشش بسته‌بندی بر برخی ویژگی‌های کیفی بذور زنبان در طی نه ماه انبارداری
گون آی بغدادی - مجید عزیزی - ناصر صداقت - وحید روشن سروسنایی - حسین آرویی
- ۶۵۸ بررسی تأثیر بسترهای مختلف کاشت و محلولپاشی اسید هیومیک بر رشد و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی نشاء گوجه‌فرنگی
نسبیه پورقاسمیان - مهدی نقی زاده - روح اله مرادی - محمد سالاری
- ۶۷۱ تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی ارقام باغملک و دزفول زیتون تحت شرایط کم آبی
اسماعیل خالقی - نوراله معلمی
- ۶۸۳ بررسی اثر منابع مختلف نوری بر ریخت‌شناسی و رشد گیاهچه‌های سیب‌زمینی در شرایط درون شیشه و تأثیر آن بر تولید ریزغده در گلخانه
جعفر نباتی - الهه برومند رضازاده - محمد زارع مهرجردی - محمد کافی
- ۶۹۴ تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر اجزای عملکرد و عناصر معدنی کلم بروکلی (*Brassica oleracea* var. *italica*) در شرایط کشت بدون خاک
کامران قاسمی - سید مصطفی عمادی - یوسف قاسمی
- ۷۰۵ اثر پایه‌های رویشی و بذری گلایی بر خصوصیات رویشی و پتانسیل آب ارقام گلایی
فریرز علی زاده زرمهری - غلامحسین داوری نژاد - رضا خراسانی - سید حسین نعمتی - پیمان کشاورز
- ۷۲۲ اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیر (*Allium sativum* L.) در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی مختلف
یاسر اسماعیلیان - محمد بهزاد امیری - صادق عسکری نائینی - جلیل مرادی صدر - فرهاد حیدری عمله
- ۷۳۹ اثر دمای پایین بر خصوصیات فیزیولوژی و بیوشیمیایی برخی ژنوتیپ‌های شبه پرتقال در شمال کشور
صالح محمدی - حمیدرضا خزاعی - احمد نظامی - یحیی تاجور
- ۷۵۱ ارزیابی ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی میوه‌ی ارقام جدید نارنگی نوشین و شاهین طی دوره انبارداری
جواد فتاحی مقدم - سیده الهام سیدقاسمی - کاظم نجفی
- ۷۶۵ کاربرد پس از برداشت پلی آمین اسپرمیدین در شرایط غوطه‌وری بر کیفیت انبارمانی و عمر قفسه‌ای میوه انبه (*Mangifera indica* L.)
مرجان السادات حسینی - سید مرتضی زاهدی - مهدیه کریمی - اصغر ابراهیم زاده
- ۷۷۸ بهینه‌سازی بستر کشت قارچ خوراکی شاه صدف با استفاده از ضایعات ارزان قیمت لیگنوسلولزی
جواد جانپور - محمد فارسی - فاطمه قلی زاده - حمیدرضا پوریانفر - شراره رضائیان
- ۷۸۹ ارزیابی ترکیبات فیتوشیمیایی میوه برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه
زهرا فلاتی - محمدرضا فتاحی مقدم - علی عبادی

- ۸۰۳ توسعه روش مؤثر بازرایی و ترانسفورماسیون توتون از طریق بهینه‌سازی غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد و ساکارز
ماریا بیبهقی - عبدالرضا باقری - سید حسن مرعشی - مجتبی سنکیان - افسانه فرساد
- ۸۱۵ بررسی اثر فواصل آبیاری و مالچ بر ویژگی‌های پومولوژیکی و عملکردی زیتون رقم سویلانا در شرایط مزرعه
رحمت اله غلامی - محمد گردکانه - حجت اله غلامی
- ۸۲۵ ارزیابی کمی و کیفی اسانس دو اکوتایپ نناع دشتی (*Mentha spicata* L.) در زمان‌های مختلف برداشت
محمد محمودی سورستانی



بررسی پاسخ‌های رشدی بخش هوایی و زیرزمینی گل لیزیانتوس تحت افزایش گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن در کشت هیدروپونیک

مهین نیکو^۱ - محمود شور^{۲*} - علی تهرانی‌فر^۳ - الهام سعیدی پویا^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۱

چکیده

افزایش دی‌اکسیدکربن اتمسفر به عنوان یکی از مشخصه‌های تغییر اقلیم به میزان زیادی بر بهره‌دهی جهانی، بخش کشاورزی اثر می‌گذارد. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات افزایش گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن بر پاسخ رشدی اندام‌های هوایی و زیرزمینی دو رقم گل لیزیانتوس در شرایط کشت هیدروپونیک است. این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه غلظت دی‌اکسیدکربن ۳۸۰ به عنوان شاهد، ۷۵۰ و ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام و دو رقم گل شاخه بریده لیزیانتوس Yolde White و GCREC-Blu بود. با توجه به نتایج می‌توان این‌گونه بیان داشت که اثر تیمار دی‌اکسیدکربن بر ارتفاع، طول میانگره، وزن خشک ساقه و ریشه، سطح و حجم ریشه و نسبت ریشه به ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و در بین دو رقم تنها از نظر وزن خشک ساقه، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد. اثر متقابل دی‌اکسیدکربن و رقم بر روی هیچ یک از صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری نداشت. در یک نگاه کلی، افزایش دی‌اکسیدکربن موجب افزایش تمامی پارامترهای رشدی بخش هوایی و زیرزمینی گیاه لیزیانتوس شد و بیشترین و کمترین تأثیر در تمامی صفات به ترتیب مربوط به غلظت ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام و شاهد بود. در نتیجه تغییرات گاز دی‌اکسیدکربن در اتمسفر می‌تواند تأثیرات بسیار چشمگیری بر روی گیاه بگذارد که بدین ترتیب می‌توان برخی اثرات تغییر اقلیم در آینده را بر روی کیفیت تولید تجاری گل‌های شاخه بریده پیش‌بینی و بررسی نمود.

واژه‌های کلیدی: گاز گلخانه‌ای، میانگره، وزن، هیدروپونیک

مقدمه

تحقیقات در بخش کشاورزی به بررسی و پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر تولیدات زراعی اختصاص یافته است (۹). آنچه مسلم است، واکنش متفاوت گیاهان در شرایط تغییر غلظت دی‌اکسیدکربن است. این واکنش‌ها شامل تغییرات عملکرد و ویژگی‌های رشدی و تغییر در نسبت بخش هوایی به ریشه و به عبارت دیگر، اختصاص مواد، خواهد بود (۲۱). رشد بیشتر گیاهان با دو برابر شدن سطح دی‌اکسیدکربن ۳۰ تا ۶۰ درصد افزایش می‌یابد (۷). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث افزایش طول و تراکم ریشه به ویژه در قسمت سطحی خاک می‌شود (۱). بوکر و همکاران (۲) نشان دادند که دی‌اکسیدکربن بر تخصیص ماده خشک به اندام هوایی مؤثر است، به طوری که در گیاه سویا، ازدیاد غلظت دی‌اکسیدکربن تخصیص ماده خشک را به ترتیب در ریشه، ساقه و برگ افزایش داد. زواره (۲۱) نشان داد که غلظت دی‌اکسیدکربن اثر مثبت و معنی‌داری بر بهبود میزان تجمع ماده خشک در ژنوتیپ‌های کنبج داشت، به طوری که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن میانگین تولید ماده را ۱۸ درصد افزایش داد. همچنین

با رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های صنعتی در دو قرن اخیر هر روزه مقادیر قابل توجهی گازهای دی‌اکسیدکربن، متان، کلروفلوروکربن، اکسیدهای نیترو و ازن تروپوسفری به موجودی گازهای طبیعی در جو اضافه می‌شود و تغییر کلی گازهای گلخانه‌ای در جو، موجب افزایش یا کاهش تشعشعات ورودی کره زمین خواهد شد (۱۴). یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای که توسط انسان به جو رها می‌شود، دی‌اکسیدکربن است (۱۴). افزایش دی‌اکسیدکربن اتمسفر و دیگر مشخصه‌های تغییر اقلیم به میزان زیادی بر بهره‌دهی جهانی بخش کشاورزی اثر می‌گذارد. به همین دلیل بخش بزرگی از

۱، ۲، ۳ و ۴ - به ترتیب کارشناس ارشد گیاهان زینتی، دانشیار، استاد و دانشجوی دکتری تخصصی گیاهان زینتی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) نویسنده مسئول: Email: shoor@ferdowsi.um.ac.ir

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه غلظت دی‌اکسیدکربن ۳۸۰ به عنوان شاهد، ۷۵۰ و ۱۰۵۰ میلی‌گرم در لیتر (به عنوان کرت اصلی) و دو رقم گل شاخه بریده لیزیانتوس Yalde White و GCREC-Blu (به عنوان کرت فرعی) بود. برای تنظیم دی‌اکسیدکربن با غلظت‌های مورد نظر، از یک سیستم کاملاً خودکار استفاده گردید. یک فتوسل دستور روشن و خاموش شدن را به ترتیب در روز و شب انجام می‌داد و با استفاده از کپسول‌های ۵۰ کیلویی دی‌اکسیدکربن و شیرهای برقی و تایمرهایی که در مسیر قرار داده شده بودند تزریق گاز صورت گرفت. با دی‌اکسیدکربن متر پرتابل (مدل AZ77535)، غلظت دی‌اکسیدکربن در طول دوره اندازه‌گیری شد. بدین منظور نشاها در مرحله شش برگی از شرکت توسعه و تجهیز کشت‌های گلخانه‌ای ایران خریداری شده و سپس در بستر حاوی کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱:۱ کشت و در اتاقک‌های تزریق دی‌اکسیدکربن قرار گرفتند. طول دوره تزریق گاز ۲ ماه بود. دما، رطوبت نسبی و شدت نور در گلخانه توسط سنسورهایی که به سیستم مرکزی گلخانه متصل بود کنترل گردید. به گونه‌ای که دمای شب و روز به ترتیب در حد ۱۹ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی در محدوده ۷۰ - ۶۰٪ حفظ شد.

به منظور اندازه‌گیری ارتفاع ساقه و فاصله میانگره از خط‌کش و جهت اندازه‌گیری قطر ساقه از کولیس دیجیتالی استفاده گردید. قطر ساقه و طول میانگره از سه قسمت پایین، میانی و بالایی گیاه اندازه‌گیری شد. حجم ریشه توسط استوانه و بر اساس میزان حجم آب نسبت به حالت اولیه محاسبه شد. در مرحله بعد به وسیله دستگاه اسکنر ریشه (Win DIAS Image Analysis) سطح ریشه اندازه‌گیری شد. در نهایت بخش زیرزمینی و اندام هوایی گیاهان جهت اندازه‌گیری وزن خشک به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به آون منتقل و وزن خشک ریشه و اندام هوایی با ترازوی دیجیتالی مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. در نهایت آنالیز آماری داده‌ها بوسیله نرم‌افزار Jmp8 و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار ($p < 0.01$) تیمار دی‌اکسیدکربن بر تمامی صفات به جز قطر ساقه است. در رابطه با تیمار رقم، تنها در مورد صفت وزن خشک ساقه تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) بین دو رقم لیزیانتوس دیده شد. اثر متقابل دی‌اکسیدکربن

افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن منجر به افزایش ۱۳ درصدی نسبت ریشه به اندام هوایی شد. نتایج یک آزمایش روی گل‌های جعفری (*Tagets spp*)، ابری (*Ageratum spp*) و رعنا زیبا (*Gaillaria spp*) نشان داد که با افزایش غلظت CO_2 صرف‌نظر از نوع گونه‌های مورد بررسی، وزن خشک افزایش معنی‌داری داشت (۱۸). پریچارد و همکاران (۱۵)، با بررسی اثر افزایش دی‌اکسیدکربن روی رشد ریشه در گیاه سورگوم دریافتند که افزایش دی‌اکسیدکربن باعث افزایش رشد، طول و ضخامت ریشه گردید.

از سوی دیگر پرورش گیاهان در بسترهای کشت به دلیل مزایای متعدد نظیر کنترل تغذیه گیاه، کاهش بروز بیماری‌ها و آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشت خاکی در حال گسترش است. خصوصیات مواد مختلف مورد استفاده به عنوان بستر کشت، به طور مستقیم و غیرمستقیم، بر رشد گیاه و تولید محصول اثر دارد (۱۹). همچنین در کشورهایی که با محدودیت آب کشاورزی مواجه‌اند روش هیدروپونیک می‌تواند به عنوان یکی از مؤثرترین راه‌ها برای مصرف بهینه آب کشاورزی باشد. می‌سن (۱۱)، بیان کرد مقدار مصرف روزانه آب در اغلب سیستم‌های بدون خاک بین ۰/۲۵ تا ۱/۲۵ لیتر در متر مربع است. از بسترهای غیرخاکی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: پرلیت، باعث افزایش زهکشی بستر کشت و بهبود تهویه آن می‌شود (۱۰). کوکوپیت از نسبت‌های مساوی لیگنین و سلولز تشکیل شده و غنی از پتاسیم و عناصر کم مصرف به ویژه آهن، منگنز، روی و مس می‌باشد (۱۷). صابری (۱۶) نشان داد که استفاده از کوکوپیت و زئولیت باعث افزایش غلظت پتاسیم و منیزیم در شاخساره و میوه گوجه فرنگی چری شد.

در بین گل‌های شاخه بریده یکی از زیباترین گل‌ها با گلبرگ‌های چین خورده در رنگ‌های سفید، آبی و بنفش لیزیانتوس است. لیزیانتوس با نام علمی *Eustoma grandiflorum* از خانواده Gentianaceae بومی آمریکای شمالی، دارای انواع یک ساله، دو ساله یا چند ساله‌های کوتاه عمر است. دارای برگ‌های متقابل، تخم مرغی شکل و بدون دمبرگ و گاهی ساقه آغوش و به رنگ سبز مایل به خاکستری است. گل لیزیانتوس به صورت کم پر و پرپر در اندازه‌های کوچک، متوسط و بزرگ در اشکال پهن، لوله‌ای و زنگوله‌ای دیده می‌شود (۳).

بنابراین برای پیش‌بینی شرایط تغییر اقلیم در آینده کشاورزی از جمله تولید تجاری گل‌های شاخه بریده، لازم است واکنش رشد و عملکرد گیاهان مختلف به این تغییرات مورد بررسی قرار گیرد. بدین ترتیب این پژوهش جهت بررسی واکنش‌های رشدی بخش هوایی و زیرزمینی دو رقم گل لیزیانتوس در شرایط کشت هیدروپونیک انجام شد.

جدول ۱ - تجزیه واریانس صفات مختلف اندام هوایی و زیرزمینی گل لیزینتوس تحت غنی سازی با دی اکسیدکربن

Table 1- Analyze of variance for different traits of *Eustoma grandiflorum* under CO₂ enrichment

تیمار	درجه آزادی	ارتفاع	قطر ساقه	قطر میانگره	طول میانگره	SDW	وزن خشک ساقه	سطح ریشه	حجم ریشه	وزن خشک ریشه	RDW	نسبت ریشه به ساقه	root/shoot ratio
Treatment	Df	Height plant	Shoot diameter	Internode length	Internode length	SDW	Root area	Root volum	Root area	Root volum	RDW	root/shoot ratio	root/shoot ratio
دی اکسیدکربن	2	417.48**	0.0008 ^{ns}	9.04**	222.19**	47122103**	68.95**	7.42**	0.03**	0.044	0.0001 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.002
اشباه a	6	9.47	0.0002	0.07	0.83	7663630	0.061 ^{ns}	1.02	0.004 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.002
Cultivar	1	72 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	0.03 ^{ns}	4.42*	8336 ^{ns}	1.28 ^{ns}	0.96 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.002
co2Cultivar × Co2	2	23.18 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.58	931642	0.52	0.47	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Error b	6	16.07	0.0005	0.31	0.58	931642	0.52	0.47	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002

ns, **, * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد و ns بیانگر عدم اختلاف معنی دار می باشد
ns, **, * Non significant and significant of 1 and 5 percent of probability, respectively

و رقم بر روی هیچ یک از صفات مورد مطالعه تأثیر معنی داری نداشت (جدول ۱).

ارتفاع ساقه

با افزایش غلظت دی اکسیدکربن، ارتفاع گیاه افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار (۱۳۴/۹۹ سانتی متر)، مربوط به غلظت ۱۰۵۰ پی پی ام و کمترین مقدار (۱۱۹/۴۴ سانتی متر)، مربوط به ۳۸۰ (شاهد) پی پی ام بود (شکل 1a).

قطر ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای صفت قطر ساقه نشان داد که، قطر ساقه تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای دی اکسیدکربن و رقم و اثر متقابل این دو تیمار قرار نگرفت (جدول ۱).

طول میانگره

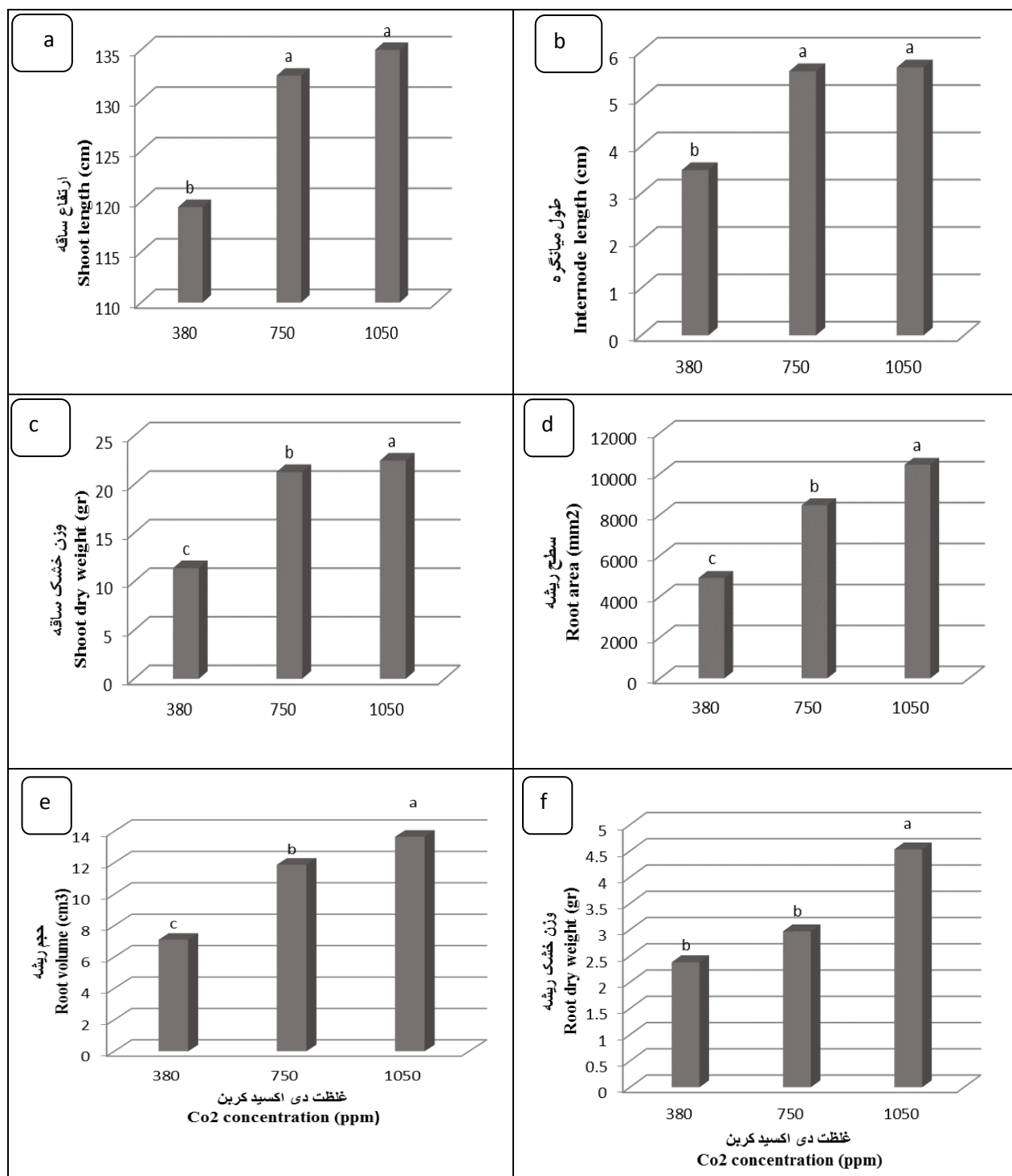
طول میانگره تحت تأثیر دی اکسیدکربن روند افزایشی نشان داد، گرچه بین دو غلظت ۷۵۰ و ۱۰۵۰ پی پی ام اختلاف معنی داری مشاهده نشد اما تفاوت این دو غلظت با شاهد چشمگیر بود (شکل 1b).

وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه بین دو رقم گیاهی اختلاف معنی داری نشان داد. بر این اساس، گونه GCREC-Blue از وزن خشک ساقه بیشتری نسبت به گونه Yolde White برخوردار بود (شکل ۲). همچنین با افزایش غلظت دی اکسیدکربن، وزن خشک ساقه به طور معنی داری روند افزایشی یافت. بیشترین وزن خشک در غلظت ۱۰۵۰ پی پی ام با مقدار (۲۲/۴۶ گرم) سپس (۲۱/۲۷ گرم) مربوط به ۷۵۰ پی پی ام و کمترین مقدار با (۱۱/۳۸ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل 1c).

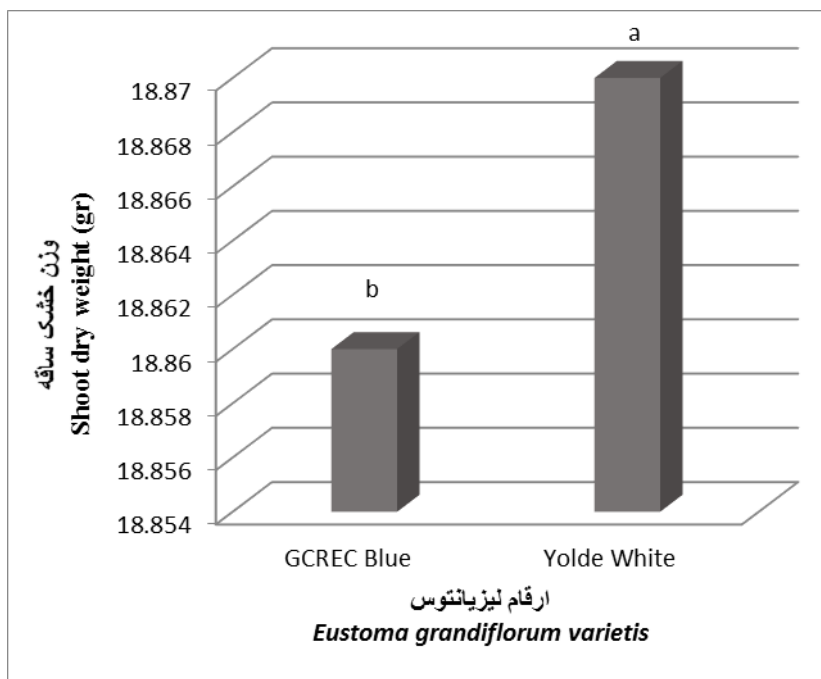
سطح و حجم ریشه: با توجه به نتایج مقایسه میانگین سطح و حجم ریشه با افزایش غلظت دی اکسیدکربن افزایش یافت به طوری که در مورد هر دو صفت به ترتیب بیشترین و کمترین سطح و حجم ریشه در غلظت ۱۰۵۰ پی پی ام و تیمار شاهد مشاهده شد (شکل 1d,e).

وزن خشک ریشه: افزایش غلظت دی اکسیدکربن تا سطح ۷۵۰ پی پی ام تفاوت معنی داری با تیمار شاهد نداشت اما سطح ۱۰۵۰ پی پی ام از این نظر تفاوت معناداری با دو سطح شاهد و ۷۵۰ پی پی ام نشان داد (شکل 1f).



شکل ۱- نشان دهنده اثر دی‌اکسیدکربن بر صفات ارتفاع ساقه (a)، طول میانگره (b)، وزن خشک ساقه (c)، سطح ریشه (d)، حجم ریشه (e) و وزن خشک ریشه (f) می‌باشد. ستون‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری مطابق آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Figure 1- The effect of Co₂ on plant height (a), internode length (b), shoot dry weight (c), root area (d), root volume (e) and root dry weight (f). Means in the same column followed by the same letter were not significantly different at the 5% level

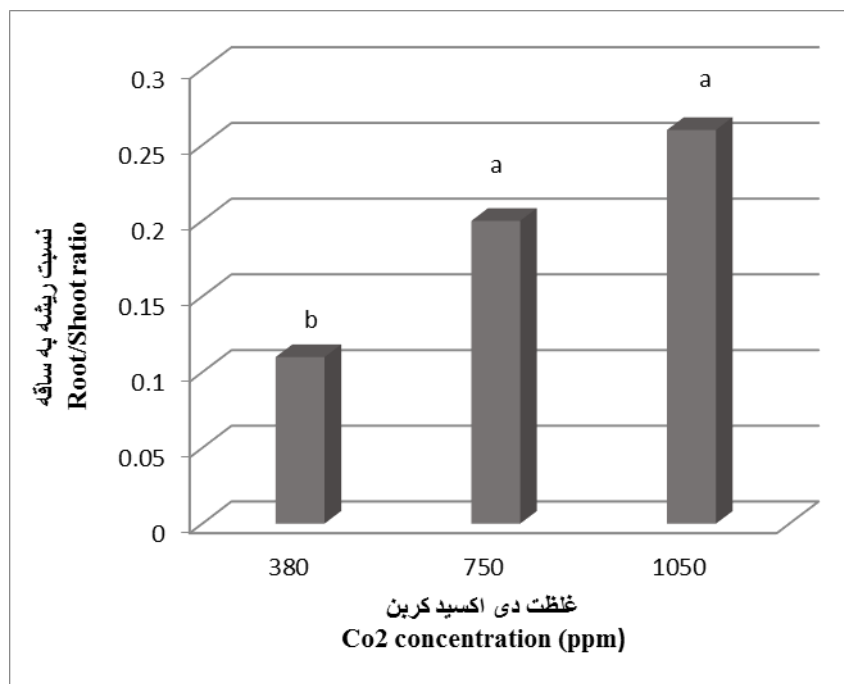


شکل ۲- اثر رقم بر میزان وزن خشک ساقه در لیزیانتوس

ستون‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری مطابق آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Figure 2- The effect of variety on shoot dry weight of *Eustoma grandiflorum*

Means in the same column followed by the same letter were not significantly different at the 5% level



شکل ۳- اثر تیمار دی اکسید کربن بر نسبت ریشه به ساقه در لیزیانتوس

ستون‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، از نظر آماری مطابق آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Figure 3- The effect of Co2 on root/shoot ratio in *Eustoma grandiflorum*

Means in the same column followed by the same letter were not significantly different at the 5% level

خروس و کنجد معنی‌دار بود به طوری که حداکثر آن، برای تاج خروس در غلظت ۳۶۰ پی‌پی‌ام (۶۸۰۳ میلی‌متر مربع) و کمترین سطح ریشه در غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام (۳۸۲۰ میلی‌متر مربع) مشاهده شد. اما در کنجد حداکثر و حداقل سطح ریشه به ترتیب برای غلظت‌های ۷۵۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن و ۳۶۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن برابر با ۳۲۰۹ و ۱۳۱۸ میلی‌متر مربع بدست آمد. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، باعث تولید بیشتر و افزایش سرعت توسعه ریشه در گیاه سه کربنه می‌شود (گریفین و همکاران (۵)، آندالو و همکاران (۱)، گلدانی و همکاران (۴)). مطابق مطالعه گلدانی و همکاران (۴) با ازدیاد غلظت دی‌اکسیدکربن، حجم ریشه گیاه کنجد افزایش یافت. حداکثر آن در غلظت ۷۵۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن (۰/۷۶ سانتی‌متر مکعب) و حداقل آن در غلظت ۳۶۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن (۰/۵۸ سانتی‌متر مکعب) مشاهده شد. وانگ و همکاران (۲۰)، گزارش کردند طول، قطر و حجم ریشه گیاهچه‌های گوجه فرنگی به طور معنی‌داری با افزایش دی‌اکسیدکربن افزایش یافت.

افزایش دی‌اکسیدکربن میزان تثبیت کربن در گیاهان سه کربنه را افزایش داده و تخصیص کربن بیشتر به ریشه‌ها منجر به افزایش زیست‌توده ریشه می‌شود (۵). به نظر می‌رسد طویل شدن ریشه و افزایش عمق نفوذ ریشه حاکی از نیاز گیاه جهت جذب مواد غذایی خاک و تأمین رشد اندام هوایی می‌باشد. بنابراین افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث توسعه و نفوذپذیری بیشتر ریشه گیاه در خاک می‌گردد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از این آزمایش گلخانه‌ای، افزایش گاز دی‌اکسیدکربن موجب تقویت بیشتر رشد اندام‌های هوایی و بخش زیرزمینی گیاه لیزیان‌توس شد به طوری که افزایش غلظت تا سطح ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه اندام هوایی و زیرزمینی نشان داد. در نتیجه مطابق با ماحصل نتایج، تغییرات گاز دی‌اکسیدکربن در اتمسفر می‌تواند تأثیرات بسیار چشمگیری بر روی گیاهان بگذارد که بدین ترتیب می‌توان برخی اثرات تغییر اقلیم در آینده را بر روی کیفیت تولید تجاری گل‌های شاخه بریده پیش‌بینی و بررسی نمود.

نسبت ریشه به ساقه: تیمار دی‌اکسیدکربن باعث افزایش نسبت ریشه به ساقه گیاه لیزیان‌توس گردید. به طوری که این نسبت در غلظت‌های ۷۵۰ و ۱۰۵۰ پی‌پی‌ام نسبت به یکدیگر فاقد اختلاف معنادار اما نسبت به شاهد دارای اختلاف معناداری بودند (شکل ۳).

بحث

اثر غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاه کنجد، بر صفات ارتفاع بوته، تعداد و طول میان گره معنی‌دار بود. بطوری که ارتفاع بوته، تعداد گره و طول میان گره کنجد با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش یافت، در گیاه کنجد بیشترین ارتفاع و تعداد گره در غلظت ۷۵۰ ppm دی‌اکسیدکربن و کمترین آن در غلظت ۳۶۰ ppm دی‌اکسیدکربن حاصل شد (۴). کمالی و همکاران (۸) در بررسی اثر دی‌اکسیدکربن بر گل تکمه، نشان دادند که افزایش سطوح دی‌اکسیدکربن موجب افزایش ارتفاع گیاه و قطر ساقه گردید که با نتایج فوق مطابقت دارد. در مطالعه مورتنس (۱۳) بر روی سه رقم از گیاه بنفشه آفریقایی و داوودی تحت دی‌اکسیدکربن به غلظت‌های ۳۳۵ (شاهد) و ۹۰۰ میکرولیتر در لیتر چنین بیان داشت که با افزایش دی‌اکسیدکربن، افزایش وزن خشک همراه با برگ‌های بیشتر و بزرگتر در بنفشه آفریقایی و ایجاد ساقه ضخیم تر و طویل تر در شاخه‌های جانبی داوودی مشاهده گردید. واکنش مختلف گیاهان نسبت به افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن شامل: نمو برگ‌های ضخیم تر و بزرگتر، افزایش شاخه‌دهی، افزایش تعداد گره‌ها، تغییر نسبت ریشه به ساقه، افزایش رشد و عملکرد در گیاهان چهار کربنه سورگوم *Sorghum bicolor moench* می‌باشد (۶).

مورتنس (۱۲)، در مطالعه‌ای نشان داد که غلظت ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن باعث طویل شدن ریشه گیاهانی مانند بگونیا، کامپانولا، ماگنولیا و پپرومیا می‌گردد، ضمن اینکه درصد ریشه‌زایی را در میخک، داوودی، عشقه و پلارگونیم افزایش داد. آندالو و همکاران (۱)، گزارش کردند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن باعث افزایش طول و تراکم ریشه به ویژه در قسمت سطحی خاک می‌شود. پریچارد و همکاران (۱۵)، نشان دادند که رشد ریشه در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاهان چهارکربنه کاهش می‌یابد، به طوری که در گیاهی نظیر سورگوم طول و حجم ریشه به علت حفظ بقاء کاهش یافت. در گزارشی اثر غلظت دی‌اکسیدکربن بر سطح ریشه در تاج

منابع

- 1- Andalo C.H., Rraquin C.H., Machon N., Godelle B., and Mousseau M. 1998. Direct and maternal of elevated CO2 on early root growth of germination. *Arabidopsis thaliana* seedling. *Annals of Botany*, 81: 405- 411.
- 2- Booker F., Miller J.E., Fiscus E.L., Pursley W.A., and Stefanski L.A. 2005. Comparativ responses of container ground-grown soybean to elevated carbon dioxide and Ozone. *Crop Science*, 45: 883- 895.

- 3- Gasemi Gahsare M., and Kafi M. 2007. Scientific and practical floriculture. Golban publication. Iran.
- 4- Goldani M., Nasiri mahalati M., and Shoor M. 2011. The effect of Co₂ enrichment on growth index in *Sesamum indicum* and *Amaranthus retroflexus* L and their Competition. Agronomy journal, 3(3): 362-374. (in Persian)
- 5- Griffin K.L., Bashkin M.A., Thomas R.B., and Strain B.R. 1997. Interactive effects of soil nitrogen and atmospheric carbon dioxide on root/rhizosphere carbon dioxide efflux from loblolly and ponderosa pine seedlings. Plant and Soil, 190: 11-18.
- 6- Cosins A.B., Adam N.R., Wall G.W., Kimball B.A., Pinterjr P.J., Leavit S.W., Lamorte R.L., Matthias A.D., Ottman M.J., Thompson T.L., and Webber A.N. 2001. Reduced photorespiration and increased energy-use efficiency in young CO₂ enriched sorghum leaves. New Phytologist, 150: 275-284.
- 7- Jablonski L.M., Xianzhong W., and Curtis P.S. 2002. Plant reproduction under elevated CO₂ conditions: a metaanalysis of reports on 79 crop and wild species. New Phytologist, 156:9-26.
- 8- Kamali M., Shoor M., Goldani M., Selahvarzi Y., and Tehranifar A. 2011. The effect of Carbone dioxide enrichment on some morphological traits of *Gomphrena globosa* under salt stress. 7th congress of horticultural science. Isfahan. Iran.
- 9- Kimball B.A., Kobayashi K., and Bindi M. 2002. Responses of agricultural crops to free air CO₂ enrichment. Advances in Agronomy, 77, 293-368.
- 10- Maloupa E., Mitsios I., Martinez P. F., and Bladenopoulou S. 1992. Study of substrate use in gerbera soilless culture grown in plastic greenhouse. Acta Horticulturae, 323: 139-144.
- 11- Mason J. 2000. Commercial Hyroponic. Thorsons Publishers Limited.
- 12- Mortensen L.M. 1986. Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. Scientia Horticulturae, 29: 301-307.
- 13- Mortensen L.M. 1987. Co₂ enrichment in greenhouses.crop responses. Scientia Horticulturae, 33:1-25.
- 14- Norian M.A. 2004. Climate change crisis is National or global. Bolton Water Commission, 13: 9-13.
- 15- Pritchard S.G., Stephen A., Prior B., Rogers H.H., Micheal B., Davis A., Runion B., Thomas G., and Popham W. 2006. Effects of elevated atmospheric CO₂ on root dynamics and productivity of sorghum grown under conventional and conservation agricultural management practices. Agriculture, Ecosystems and Environment, 113: 175– 183.
- 16- Saberi Z. 2006. The application of Zeolite, Mica and some natural material as growth bed for *Solanum lycopersicum* in hydroponic culture. Soil Science Master's Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology.(in Persian)
- 17- Savithri P., and Khan H. H. 1993. Characteristics of coconut coir peat and its utilization in agriculture. Journal of Plant Crop, 22: 1-18.
- 18- Shoor M., Goldani M., and Mandani F. 2009. The effect of increasing of Co₂ on morphological and physiological of *Tagets* spp, *Ageratum* spp and *Gaillaria* spp leaves in greenhouse condition. Agronomy journal, 1(2): 101-108.(in Persian)
- 19- Verdonck O., De Vleeschauwer D., and De Boodt M. 1982. The influence of the substrates to plant growth. Acta Horticulturae, 126: 251-258.
- 20- Wang Y., Du S.T., Li L.L., Huang L.D., Fang P., Lin X.Y., Zhang Y.S., and Wang H.L. 2009. Effect of CO₂ Elevation on Root Growth and Its Relationship with Indole Acetic Acid and Ethylene in Tomato Seedlings. Pedosphere, 19: 570- 576.
- 21- Zavare M., Rahimian Mashadi H., Hugnbun G., Tavakol Afshari R., Nasiri mahalati M., and Sharif zade F. 2006. The effect of temperature and increasing of Co₂ On dry matter partitioning to root in iranian genotype of *Sesamum indicum* L. Iranian Agricultural Science Journal, 37: 145-156.(in Persian)



Growth Response of Aboveground and Belowground of *Eustoma grandiflorum* to Elevated CO₂ in Hydroponic Culture

M. Nikoo¹ - M. Shoor^{2*} - A. Tehranifar³ - E. Saeedi Pooya⁴

Received: 31-08-2015

Accepted: 03-10-2017

Introduction: One of the climate change sign is variation in greenhouse gases in the Earth's atmosphere. Carbon dioxide is the most important greenhouse gas that is released into the atmosphere by humans. It is expected that addition of carbon dioxide could effect the energy balance and global climate. Climate change is effective on agricultural productions. It is clear that different plants have different responses to CO₂ variation. These responses are consisting of yield, growth characteristic and variation in root/shoot ratio of plants. On the other hand, using growing media are expanding for plants because of their advantages such as plants nutrient control, reducing the incidence of diseases and pests and increasing the quantity and quality rather than soil cultivation. Properties of various materials as substrates influence directly or indirectly on plant growth and crop production. Hydroponic method can be considered as one of the important methods to optimize water use in agriculture, especially in many countries are located in arid and semi-arid regions that have water crisis. *Lisianthus* is one of the most beautiful flowers with folded petals in white, blue and purple. I-ts scientific name is *Eustoma grandiflorum* from the family of Gentianaceae and native to North America. It has variety of annual, biennial or short-lived perennial. The aim of this study was to explore the effect of CO₂ enrichment on growth response of aboveground and belowground of *Eustoma grandiflorum* under increasing of CO₂ greenhouse gases in hydroponic culture.

Materials and Methods: The experiment was done as a split-plot based on completely randomized experimental design with three replications at greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. The treatments were consists of three concentrations of carbon dioxide (380 as controls, 750 and 1050 ppm) as main plots and two cultivars Yodel white and GCREC-blue as subplots. Some characteristic such as plant height, internode length, root volume, root area, root and shoot dry weight were measured. Data were analyzed by JMP software Version 8 using analysis of variance (ANOVA) and significant differences between means were determined by using LSD test at $P < 0.05$.

Results and Discussion: The results of analysis of variance indicated that the effect of CO₂ treatment was significant ($p < 0.01$) for all measured traits except shoot diameter. The effect of cultivars was significant only on shoot dry weight ($P < 0.05$). In other words between two cultivars, *Eustoma grandiflorum* was significantly different only in shoot dry weight. The interaction effect of carbon dioxide and cultivars was not significant on studied traits. According to our results with increasing of carbon dioxide the amount of plant height, internodes length, shoot dry weight, root area, root volume, root dry weight and root/ shoot ratio were increased. The highest and lowest of each traits was observed in 1050 ppm of carbon dioxide and control (380 ppm), respectively. The effect of cultivars on shoot dry weight was significant and Yolde white has more shoot dry weight than Gcree Blue variety. Other studies showed that increasing of carbon dioxide concentration in *Sesamum indicum* increased plant height, number of nodes and node length. Kamali et al. (2004) reported that carbon dioxide on *Gomphrena globosa* had significant effect on plant height and shoot diameter. Increasing of CO₂ could increase carbon fixation in C3 plants and transition of carbon to roots lead to increased root biomass. It seems that the root elongation and increasing penetration of plant roots into the soil is due to absorb nutrients to supply shoot growth. Thus, carbon dioxide

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student, Associate Professor, Professor and Ph.D. Student of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Respectively

(* - Corresponding Author Email: shoor@ferdowsi.um.ac.ir)

concentration increased development of plant roots in the soil.

Conclusion: Increasing of carbon dioxide could improve growth of aboveground and belowground of *Eustoma grandiflorum*. Application of 1050 ppm carbon dioxide had most effect on all traits. So, variation of carbon dioxide in the atmosphere could have significant effects on the plants. From these results, it can be predicted some future effects of climate change on the quality of commercial production in cut flowers.

Keywords: Greenhouse gases, Hydroponic, Internode, Weight



بررسی اثرات دمای انبار، اتمسفر و نوع پوشش بسته‌بندی بر برخی ویژگی‌های کیفی بذور زنیان در طی نه ماه انبارداری

گون آی بغدادی^۱ - مجید عزیزی^{۲*} - ناصر صداقت^۳ - وحید روشن سروستانی^۴ - حسین آروبی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۷

چکیده

مهمترین هدف از انبارداری گیاهان دارویی حفظ مواد مؤثره آن می‌باشد. مدیریت انبار و ایجاد شرایط مناسب کمیت و کیفیت ماده مؤثره، قوه نامیه و بنیه بذر را از طریق کاهش سرعت زوال بذر، بمدت طولانی‌تر حفظ می‌کند. به منظور بررسی اثرات شرایط انبار (بسته‌بندی و دما) و زمان انبارداری بر کیفیت بذور انبار شده زنیان آزمایش اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در آزمایشگاه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲-۹۳، به اجرا درآمد. دما (در دو سطح: $3 \pm 30^\circ\text{C}$)، نوع بسته‌بندی (در شش سطح: کاغذی، پلی اتیلنی، فویل آلومینیومی در شرایط خلأ، پلی اتیلن/پلی آمید یا ترکیب گازی 90N_2 درصد 10O_2 درصد) و دوره انبار (در 4°C سطح: صفر، سه، شش و نه ماه) بعنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تغییرات درصد اسانس، وزن و تغییرات گاز در درون بسته‌های با اتمسفر تغییر یافته و فاکتورهای مربوط به جوانه‌زنی بذرها (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی) در طی ۹ ماه انبارداری بررسی شدند. بر اساس نتایج بدست آمده، درصد اسانس و درصد جوانه‌زنی با گذشت زمان انبارداری بطور معنی‌داری کاهش یافت. در مجموع بسته‌های پلی اتیلن/پلی آمید با ترکیب گازی 90N_2 درصد 10O_2 درصد و 90N_2 درصد 10O_2 درصد در طی ۳۰ درجه طی نه ماه ویژگی‌های کیفی را بهتر از سایر شرایط حفظ نمود، درحالی‌که، برای ۶ ماه انبارداری، دمای نگهداری ۲۰ درجه و بسته آلومینیوم تحت خلأ بهترین نتیجه را داشت.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بسته‌بندی، دمای انبار، زنیان، قوه نامیه

مقدمه

های تولید کننده اسانس و عرقیات در بسته‌های نامناسب و در شرایط انبارداری نامناسبی انبار می‌گردد تا بسته به نیاز بازار در طی سال استخراج اسانس صورت گیرد. در این میان شرایط نگهداری این بذرها شامل نوع بسته‌بندی و دما نقش به‌سزایی در کمیت و کیفیت اسانس استخراج شده از آنها و همچنین حفظ قوه‌نامیه بذور دارد. اثرات متفاوت دوره انبار و شرایط بسته‌بندی بر جوانه‌زنی چهل گونه گیاه دارویی (۳) و بر خصوصیات عطر و طعم نمونه‌های ریحان، مرزنجوش و مرزنجوش بستانی (۳۰) گزارش شده است. این محققین بیان داشتند که بذور گونه‌ها واکنش متفاوتی به انبار در شرایط دمایی نشان داده‌اند.

بسته‌بندی از جمله آخرین مراحل پس از برداشت گیاهان دارویی می‌باشد که نقش بسیار مهمی در کمیت و کیفیت مواد مؤثره دارد. پس از خشک کردن گیاهان دارویی، آنها را بسته‌بندی و برای مدت نسبتاً طولانی نگهداری می‌کنند، یا در صورت نیاز به کارخانه‌ها و مؤسسه‌های مورد نظر حمل می‌کنند (۵). بسته‌بندی نامناسب گیاهان دارویی می‌تواند سبب تغییراتی در مواد مؤثره آنها شود که در نهایت

زنیان (*Carum copticum* L.) یکی از گیاهان دارویی خانواده چتریان است که بواسطه داشتن اسانس فراوان در دانه در صنایع داروسازی، بهداشتی و یا بصورت ادویه‌ای کاربرد دارد (۲۴). در این گیاه بخش قابل مصرف، دانه‌ها و به بیان دقیق‌تر میوه‌های رسیده هستند که به آنها شیزوکارپ^۲ گویند. از این دانه‌ها هم در صنعت فرآوری، به منظور استخراج مواد مؤثره استفاده می‌شود و هم به منظور تکثیر و تولید گیاهان جدید و توسعه کشت بهره‌برداری می‌گردد. این محصول پس از برداشت و خشک کردن در اغلب شرکت-

۱، ۲ و ۵- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) - نویسنده مسئول: (Email: azizi@um.ac.ir)

۳- دانشیار، گروه علوم صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشیار، گروه کشاورزی و منابع طبیعی شیراز، مرکز تحقیقات فارس

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.51654

6- Schizocarp

باعث افت کیفیت فرآورده‌های دارویی و نارضایتی مصرف کنندگان خواهد شد. همچنین بسته‌بندی به عنوان عامل مهمی در جذب مشتری در بازارهای رقابتی داخلی و خارجی مطرح می‌باشد. عدم وجود سیستم صحیح و سالم عرضه گیاهان دارویی در عطاری‌ها یکی از مشکلات جدی می‌باشد. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) سیستمی نوین در صنعت بسته‌بندی است که امروزه در کشورهای پیشرفته جهان جایگاهی ویژه دارد. در این سیستم، بسته با ترکیبی از گازهای اکسیژن، دی اکسید کربن و نیتروژن با درصد معین پر می‌گردد. نسبت هر یک از گازهای سازنده وقتی مخلوط ارائه می‌شود تعیین می‌گردد اما کنترل بیشتری در طول ذخیره انجام نمی‌گیرد و ترکیب مخلوط ممکن است به آرامی تغییر کند. عمر انباری این محصولات به طور چشمگیر می‌تواند با انتخاب صحیح نسبت گازها در بسته‌بندی با اتمسفر کنترل شده طولانی گردد. از طرف دیگر حمل و نقل و بازاریابی محصول بطور ویژه‌ای بستگی به نوع بسته‌بندی دارد (۳۴). با توجه به بازارهای هدف خاص و حساسیت پروسه تولید این گیاهان به جهت کاربرد در صنعت داروسازی، استاندارد کردن تمامی مراحل تولید تا مصرف آنها یکی از اساسی‌ترین نیازهای این بخش می‌باشد. فرایند بسته‌بندی و انبار ضمن کاهش ضایعات مرحله پس از برداشت گیاهان دارویی و ادویه‌ای، نقش بسزایی در ایجاد اطمینان مصرف کننده از کیفیت و سلامت محصول دارد و همچنین می‌تواند تضمینی برای کیفیت قابل قبول بذور در هنگام کاشت باشد، ولی متأسفانه تاکنون تحقیقات مدون و جامعی در این راستا صورت نگرفته است.

از مهمترین دلایل جوانه‌زنی پایین بذور بلافاصله پس از برداشت خواب فیزیولوژیکی است که گاهی با انبارداری مناسب برطرف می‌شود. در پژوهشی خواص کیفی بذور دو گونه گیاه دارویی منداب (*Eruca sativa* L.) و گونه‌ای بابونه (*Anthemis altissima* L.) که به مدت شش ماه در دو شرایط متفاوت سردخانه (دمای 4°C) و انبار خشک (دمای اتاق $20 \pm 4^{\circ}\text{C}$) نگهداری شده بودند تحت آزمون جوانه‌زنی استاندارد، مورد ارزیابی قرار گرفت. خواص کیفی (درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنيه) بذور گیاه منداب در دو شرایط فوق از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. در حالی که بیشترین درصد جوانه‌زنی از بذرهای نگهداری شده گیاه بابونه در شرایط انبار خشک بدست آمد. این موضوع نشان دهنده وجود خواب فیزیولوژیکی در بذور این گیاه و برطرف شدن آن به وسیله انبارداری خشک است (۴). در پژوهشی بر روی انبارداری زیره سیاه (*Bunium persicum* Boiss) مشاهده شد که قوه نامیه بذرها بعد از ۱۲ ماه شروع به کاهش کرد و بعد از ۴۲ ماه ۳۰٪ کاهش در مقایسه با بذرهای تازه برداشت شده مشاهده شد (۳۵). کیفیت و طول عمر بذور اگرچه تحت کنترل عوامل ژنتیکی است اما عموماً در طی شرایط

انباری نامناسب از بین می‌رود (۷). کیفیت بذور در طی انبار نیز علاوه بر اینکه توسط عواملی از جمله شرایط محیطی و صدمات مکانیکی در طی تولید بذور تعیین می‌شود بلکه تحت تأثیر مواد بسته‌بندی و شرایط انبار، بویژه دمای هوای انبار و رطوبت نسبی که سبب تسریع زوال بذور در انبار می‌شوند، می‌باشد (۱۳). بعنوان مثال اثر این عوامل بر خصوصیات کیفی اندام هوایی شوید (۲۸)، خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای کاهو و هویج (۱)، بذرهای پیاز، کلم، تربچه، کلم گل، بامیه و نخود (۳۲)، بذور سویا (۳۷) و بذور سورگوم (۲۷) توسط محققین مورد بررسی قرار گرفته است.

براساس گزارش بانک جهانی (۱۹۹۶)، حجم تجارت گیاهان دارویی تا سال ۲۰۵۰ بالغ بر ۵ تریلیون دلار خواهد بود (۱۴). چنین روند رو به افزایش مصرف گیاهان دارویی بدون توسعه روش‌های مناسب بسته‌بندی و نگهداری آنها منجر به بروز ضایعات و کاهش کیفیت محصولات تولید شده گردیده و فرآوری و صادرات آنها را با مشکل مواجه می‌نماید. همواره یکی از دغدغه‌های مدیران در صنعت تولید و فرآوری گیاهان دارویی، ایجاد توازن بین ورود مواد خام گیاهی به کارخانه و توان دستگاه‌های فرآوری می‌باشد زیرا ورود کمتر یا بیشتر مواد خام به خط استحصال مواد مؤثره سبب کاهش راندمان تولید و ایجاد مشکلات متعدد کیفی در فرآورده نهایی کارخانه می‌گردد. به همین دلیل معمولاً در هر کارخانه فرآوری گیاهان دارویی، بخش انبار وجود دارد که این توازن و تعادل را با تأمین یکنواخت مواد گیاهی ایجاد می‌نماید. با توجه به موارد فوق و از آنجایی که در کشور ما گیاهان دارویی معمولاً پس از برداشت در کارخانه‌ها تا زمان استخراج مواد مؤثره، بمدت ۶-۹ ماه انبار می‌گردند و اغلب این انبارها، انبارهای معمولی با دمای ۲۰ و ۳۰ درجه (در شمال و جنوب کشور) می‌باشند لذا این پژوهش بمنظور بررسی اثرات شرایط نگهداری و طول دوره نگهداری بر میزان ماده مؤثره و نیز برخی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور گیاه زنیان صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش بر روی میوه‌های زنیان با سه تکرار در آزمایشگاه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بشرح ذیل به اجرا درآمد.

الف) تیمارهای بسته‌بندی در شش سطح شامل:

- ۱- بسته‌های کاغذی با هوای معمولی (از جنس گلاس ۱۱۵ گرمی)
- ۲- بسته‌های پلی اتیلنی با هوای معمولی (ضخامت ۰/۰۷ میلی‌متر)
- ۳- بسته‌های سه لایه حاوی فویل آلومینیومی (Metalized Al/PA/PE 80μ) (معروف به نوع آلومینیومی) در شرایط وکیوم یا خلأ ۴- بسته‌هایی از جنس PA/PE 80μ (معروف به نوع شفاف) در شرایط وکیوم یا خلأ ۵- بسته‌های مخصوص MAP و

ب) دمای نگهداری در دو سطح: دمای $3 \pm 20^\circ\text{C}$ و $3 \pm 30^\circ\text{C}$ درجه سلسیوس.

ج) چهار دوره انبار: قبل از انبار، سه، شش و نه ماه پس از انبار.

از جنس PA/PE 80μ (معروف به نوع شفاف) با ترکیب گازی ۲ درصد اکسیژن و ۹۸ درصد ازت ۶- بسته‌های مخصوص MAP و از جنس PA/PE 80μ (معروف به نوع شفاف) با ترکیب گازی ۱۰ درصد اکسیژن و ۹۰ درصد ازت (شکل ۱).



شکل ۱- بسته‌های مورد استفاده در این پژوهش: ۱- بسته کاغذی، ۲- پلی اتیلن، ۳- فویل آلومینیومی (معروف به نوع آلومینیومی)، ۴- بسته‌های مخصوص MAP: پلی اتیلن پلی آمید (معروف به نوع شفاف)

Figure 1- Packaging materials used in this study: 1- paper, 2- polyethylene, 3-aluminum foil (known as aluminum type), 4- packages for MAP: polyethylene polyamide packages (known as transparent type)

گیاه به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر^۱ به مدت سه ساعت پس از جوشیدن از 10°C گرم بذر استخراج گردید. میزان اسانس بر اساس درصد حجمی به ازای وزن خشک نمونه (%v/w) محاسبه گردید. به منظور تعیین وضعیت جوانه‌زنی بذرها از روش استاندارد استفاده شد (۱۲). بدین منظور ابتدا بذرها، توسط ماده هیپوکلریت سدیم به نسبت اختلاط ۱ به ۳ در آب مقطر به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی شدند. پس از سه بار آبکشی با آب مقطر بر روی کاغذ صافی و در درون پتری دیش‌های ۹ میلی‌متری قرار داده شدند و به ژرمیناتور با دمای $20 \pm 3^\circ\text{C}$ منتقل شدند. شمارش بذره‌های جوانه زده به صورت روزانه در ساعات معین و به مدت ۱۵ روز انجام گرفت. بذره‌های جوانه زده (خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر) بعد از شمارش از پتری دیش حذف می‌شدند. درصد جوانه‌زنی از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

تعداد کل بذرها/ تعداد بذور جوانه زده تا روز آخر = درصد جوانه زنی

بنیه بذر: به منظور اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی (GR) از روش ماگویر (۱۹) استفاده گردید:

$$GR = \sum_{i=1}^n Si/Di$$

در این فرمول: Si = تعداد بذر جوانه زده در هر شمارش و Di = تعداد روز در هر شمارش تا شمارش n ام می‌باشد.

همچنین با شمارش روزانه تعداد بذره‌های جوانه زده، متوسط زمان جوانه‌زنی که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌گردد

بدین منظور بذور یکدست و یکنواخت زنیان (*Carum copticum* L.) از بازارهای محلی استان خراسان تهیه شد. قبل از بسته‌بندی و انبارداری از هر گیاه مقداری نمونه جهت بررسی میزان اسانس، قوه نامیه، درصد و سرعت جوانه‌زنی به آزمایشگاه منتقل گردید (مرحله قبل از انبار). سپس درون هر بسته ۶۰ گرم بذر قرار داده و هر بسته بعنوان یک واحد آزمایش در نظر گرفته شد. برای بسته‌بندی با ترکیب گازی متفاوت و خلأ از دستگاه بسته‌بندی (مدل ۲۰۰A، هنکلن آلمان) استفاده شد. پس از بسته‌بندی، بسته‌ها به دو دسته تقسیم شدند و به انبار با دماهای مورد نظر انتقال یافتند. جهت بررسی صفات در دو دمای نگهداری، در دوره‌های زمانی ذکر شده نمونه‌گیری بطور تصادفی بعمل آمد. صفات مورد بررسی و روش اندازه‌گیری آنها به شرح ذیل بودند:

تغییرات وزن: نمونه‌ها قبل از قرارگیری در انبار و نیز بصورت ماهیانه توزین شدند و از نظر تغییرات وزن و درصد تغییرات وزن نسبت به وزن اولیه بررسی گردیدند.

غلظت گازهای موجود در بسته: غلظت گازهای اکسیژن و دی اکسیدکربن درون بسته‌ها به فواصل زمانی سه ماهه (به مدت ۹ ماه) با استفاده از دستگاه آنالیز گاز (WITT-GASE، OXYBABY) آلمان تعیین گردید.

میزان اسانس و قوه نامیه بذور: پس از اندازه‌گیری غلظت گازهای موجود در بسته، نمونه‌ها از بسته خارج شده و آزمایشات تعیین میزان اسانس و نیز آزمایشات مربوط به قوه نامیه بذور انجام گردید. اسانس

با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۸):

$$MTG = \frac{\sum nd}{\sum n}$$

که در آن: n: تعداد بذور جوانه زده در مدت دوره آزمایشی و d: تعداد روزهایی که دوره جوانه زنی به طول انجامید است.

شاخص جوانه زنی (GI) نیز طبق رابطه زیر محاسبه شد (۳۸):

$$GI = \frac{\sum TiNi}{S}$$

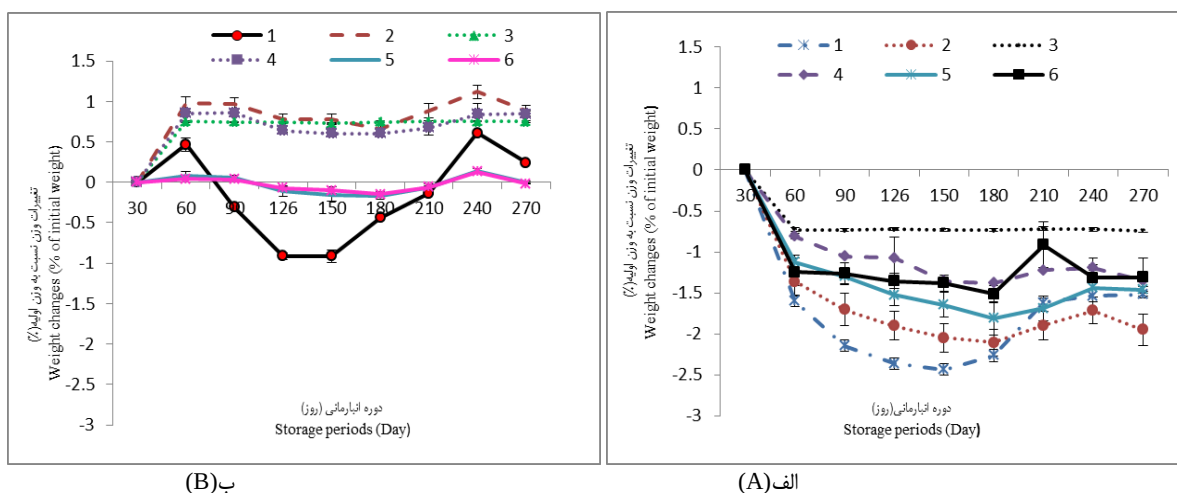
که در آن: Ti = تعداد روز پس از کشت، Ni = تعداد بذر جوانه زده در آن روز و S = تعداد کل بذر موجود در پتری دیش است.

روش تحلیل داده‌ها:

این آزمایش بصورت اسپلیت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد که دما بعنوان کورت اصلی در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار JMP8 و رسم نمودارها بوسیله نرم افزار Excel انجام گرفت. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

تغییرات وزن: نتایج حاصل از بررسی تغییرات وزن نمونه‌های زنیان در بسته‌بندی‌های مختلف در دمای ۳۰ و ۲۰ درجه سلسیوس حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین تمام تیمارها و نیز برهمکنش آنها



شکل ۲- نمودار اثرات متقابل دما، نوع بسته و زمان انبارداری بر درصد تغییرات وزن بذر در انبار ۳۰ درجه سلسیوس (الف) و ۲۰ درجه سلسیوس (ب) طی ۹ ماه انبارداری. ۱- بسته کاغذی، ۲= بسته پلی اتیلن، ۳- بسته آلومینیوم تحت خلأ، ۴- بسته شفاف تحت خلأ، ۵- بسته شفاف ۹۸ درصد (N₂) و ۲ درصد (O₂)، ۶- بسته شفاف ۹۰ درصد (N₂) و ۱۰ درصد (O₂)

Figure 2- Interaction effects of temperature, types of packaging and storage time on changes percentages of seed weight in 30°C (A) and 20°C (B) storage. 1- Paper, 2- polyethylene, 3- aluminum foil under Vacuum condition, 4- Polyethylene- polyamide packages under Vacuum condition, 5- Polyethylene-polyamide packages with a gas composition of [98%N₂ + 2%O₂] and 6- [90%N₂ + 10%O₂]

انبار نداشت (جدول ۲) که تاحدودی با نتایج الادیان و اگونبیاد (۲۵) مطابقت دارد که کاهش ناچیز سرعت جوانه‌زنی بذور فلفل در لفاف فویل آلومینیومی را نسبت به پلی تن^۱ و کاغذی گزارش کردند. با توجه به این که دماهای بالا سبب افزایش سرعت وقوع برخی از واکنش‌های آبکافتی می‌شود و زوال بذر را تسریع می‌کند (۲۶)، لذا در بسته‌های با ترکیب گازی متفاوت، که با وجود نگهداری در دمای بالا در طی سه ماه آخر افزایش سرعت جوانه‌زنی را نشان دادند (۶/۴ و ۱۰/۴ درصد نسبت به زمان شروع دوره انبارمانی و ۶ و ۱۶ درصد نسبت به دمای نگهداری ۲۰ درجه، به ترتیب در بسته‌های با ترکیب ۲٪ و ۱۰٪ اکسیژن)، ممکن است شرایط بسته به گونه‌ای تغییر یافته باشد که از افزایش سرعت این واکنش‌های هیدرولیتیکی ممانعت کرده است. بسته‌های کاغذی و پلی اتیلن در دمای ۳۰ درجه و بسته کاغذی در دمای ۲۰ به ترتیب کمترین درصد جوانه‌زنی را پس از ۹ ماه انبارمانی نشان دادند. بسته‌های مذکور بسته‌هایی بودند که بویژه در ماه‌های آخر با تغییرات وزنی قابل توجهی روبرو شدند که می‌توان آن را به تغییر میزان رطوبت داخل بسته‌ها نسبت داد که سبب زوال سریعتر بذور شده است. آقا و همکاران (۲) نیز بیان داشتند هر چه اثرات گرمایی و رطوبتی انبار بر بذورهای بسته‌بندی شده بیشتر باشد احتمال زوال بذر بیشتر خواهد بود. پس از ۹ ماه انبار درصد جوانه‌زنی بذورهای بسته کاغذی در دمای ۳۰ درجه، نسبت به دمای ۲۰ درجه مقدار ۱۸ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). از نظر سرعت جوانه‌زنی نیز پس از پایان ۹ ماه انبارمانی، بسته‌های با ترکیب گازی متفاوت دارای مقدار سرعت جوانه‌زنی بیشتری نسبت به زمان شروع انبارداری بودند. کمترین مقدار در بسته‌های کاغذی در هر دو دمای نگهداری مشاهده شد (جدول ۲). ولیکن در سه ماهه دوم اندازه‌گیری (۱۸۰ روز) سرعت جوانه‌زنی در تمام بسته‌ها بجز بسته‌های دارای ترکیب گازی در هر دو دما افزایش قابل توجهی داشته است. بیشترین مقدار افزایش در بسته‌های آلومینیوم تحت خلأ و در هر دو دما مشاهده شد (۷/۵ درصد). بذورهای با بنیه بالا سرعت جوانه‌زنی بالایی دارند که سبب استقرار بهتر بذر در شرایط مزرعه و در نتیجه تولید محصول بهتر می‌گردد (۲۱). از آنجایی که سرعت جوانه‌زنی با بنیه بذر مرتبط است (۲۱ و ۲۲) و بذور زنیان در این مرحله بیشترین افزایش سرعت جوانه‌زنی را نشان دادند بنابراین این مرحله از انبار را می‌توان برای کشت بذور زنیان در مزرعه مناسب دانست. از نظر مقدار شاخص جوانه‌زنی بیشترین میزان شاخص جوانه‌زنی در بسته‌های حاوی ترکیب گازی و تا ۱۸۰ روز پس از انبارداری مشاهده می‌شود که پس از آن کاهش داشته است (جدول ۲). پس از پایان انبارداری بسته‌هایی که در دمای ۲۰ نگهداری شده بودند، بجز بسته‌های حاوی ترکیبات گازدار کنترل

بالا بودن دما در انبار ۳۰ درجه سلسیوس ممکن است سبب افزایش تبخیر و از دست دادن بیشتر رطوبت و در نتیجه کاهش وزن بسته‌ها شده باشد. سیلوا و همکاران (۳۶) نشان دادند بهترین مواد بسته‌بندی برای حفظ قوه نامیه و بنیه بذورهای فلفل چیلی در فویل آلومینیوم سه لایه است که باعث تغییرات کمتر در مقدار رطوبت بذر می‌شود. در دمای نگهداری ۳۰ درجه سلسیوس نیز بهترین بسته از نظر کاهش وزن بسته‌های آلومینیومی در شرایط خلأ بودند که کمترین کاهش وزن و کمترین تغییرات در وزن را در طی این ۹ ماه انبارمانی نشان دادند. در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نیز این نوع بسته‌ها پس از افزایش وزن در ماه دوم، تا پایان دوره تقریباً بدون تغییر وزن بودند. کاهش وزن مشاهده شده در بسته‌های کاغذی احتمالاً به دلیل از دست رفتن رطوبت بذور بواسطه نفوذپذیرتر بودن این نوع بسته نسبت به بسته‌های نوع دیگر می‌باشد. از نتایج حاصل می‌توان استنباط کرد که بسته‌های شفاف تحت شرایط خلأ و بویژه بسته آلومینیومی تحت شرایط خلأ به هوا و رطوبت تقریباً غیرقابل نفوذ هستند و افزایش وزن حاصل در دمای ۲۰ درجه در این بسته‌ها ممکن است به دلیل تجمع بخارات آب حاصل از تنفس در طی اوایل دوره انبارمانی باشد.

تغییرات درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر: نتایج حاصل از بررسی تغییرات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی نمونه‌های زنیان در بسته‌بندی‌های مختلف در دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس حاکی از وجود اختلاف بین تیمارها و برهمکنش آنها در سطح احتمال ۱ درصد بود (جدول ۱). بر طبق نتایج، درصد جوانه‌زنی اولیه بذور قبل از انبار ۸۱/۶۶٪ بود (جدول ۲). در دمای ۲۰ درجه سلسیوس بسته‌های شفاف با ترکیب گازی $[98\%N_2 + 2\%O_2]$ در طی سه ماهه اول اندازه‌گیری بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۶٪) را در طی این دوره انبارداری بخود اختصاص دادند که پس از آن با گذشت زمان درصد جوانه‌زنی کاهش یافت ولی در سه ماهه آخر به همراه بسته آلومینیومی تحت خلأ، درصد جوانه زنی را کمی بیشتر از زمان قبل از انبار حفظ نمودند (جدول ۲). در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، در سه ماهه آخر انبارمانی بسته‌های با ترکیب گازی تنها بسته‌هایی بودند که نسبت به سایر بسته‌ها درصد جوانه‌زنی خود را بیش از زمان قبل از انبار حفظ نمودند. در سه ماهه اول و دوم تعداد بیشتری از بسته‌های نگهداری شده در دمای ۲۰ درجه سلسیوس، نسبت به ۳۰ درجه، افزایش جوانه‌زنی را نشان دادند. این نتایج نشان می‌دهد که دما بر روی تغییرات این صفت تأثیر داشته است. بنظر می‌رسد تا ۶ ماه انبارداری دمای نگهداری ۲۰ درجه جهت بهبود درصد جوانه‌زنی بذور زنیان بهتر عمل کرده است (جدول ۲). پس از طی ۹ ماه انبارداری بسته‌های آلومینیوم تنها بسته‌هایی بودند که در آنها درصد جوانه‌زنی در هر دو دما تغییر چندانی با زمان قبل از

جوانه‌زنی اولیه شده است و در برخی دیگر ممکن است سبب از بین رفتن خواب بذر (پس‌رسی) شده باشد و برعکس در بذور با کاهش درصد جوانه‌زنی، شرایط بسته احتمالاً به گونه‌ای تغییر یافته است که سبب کاهش بنیه بذر و تسریع پیری شده است و یا شرایطی برای ایجاد خواب فراهم کرده است و پیشنهاد می‌گردد تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

تغییرات گاز درون بسته‌ها

نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل دما، نوع اتمسفر بسته و مرحله نمونه‌برداری بر تغییرات گاز اکسیژن در شکل (۳-الف) آورده شده است. نتایج حاکی از افزایش میزان اکسیژن درون بسته‌ها در هر دو دما است با این تفاوت که بسته شفاف با ترکیب گازی $90\%N_2$ [10%O₂] + از این روند پیروی نکرده است. در هر دو دمای نگهداری میزان دی اکسیدکربن نیز در هر دو بسته نسبت به زمان شروع دوره افزایش معنی‌داری داشته است که می‌توان آن را به انجام عمل تنفس در بذور نسبت داد (شکل ۳-ب). در دمای ۳۰ درجه سلسیوس دو نوع بسته مورد نظر از نظر تغییرات میزان دی اکسیدکربن باهم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و میزان افزایش دی اکسیدکربن از سه ماهه اول اندازه‌گیری به بعد نیز معنی‌دار نبود (شکل ۳-ب). در انبار با دمای ۲۰ درجه سلسیوس در طی سه ماهه آخر میزان افزایش دی اکسیدکربن در بسته‌هایی با ترکیب گازی $90\%N_2$ + 10%O₂ بیشتر از بسته شفاف با ترکیب گازی $98\%N_2$ + 2%O₂ است و در مراحل سه ماهه اول و دوم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. بطورکلی همانطور که در شکل مشاهده می‌شود میزان افزایش گاز دی اکسیدکربن در بسته‌های انبار شده در دمای ۲۰ درجه سلسیوس (۵/۲۵ درصد)، بیشتر از دمای ۳۰ درجه سلسیوس (۳/۱۵ درصد) است. عدم افزایش معنی‌دار غلظت گاز دی اکسیدکربن از مرحله دوم اندازه‌گیری به بعد احتمالاً به دلیل تغییر در نفوذپذیری بسته‌ها می‌باشد که با وجود تنفس محصول میزان دی اکسیدکربن دیگر افزایش نیافته است. این امر ممکن است به این علت باشد که نفوذپذیری فیلم به دی اکسیدکربن نسبت به اکسیژن بیشتر است، میزان نفوذپذیری ۲ تا ۴ برابر بیشتر از اکسیژن است (۱۱)، لذا دی اکسیدکربن نسبت به اکسیژن ورودی سریع‌تر خارج می‌شود. با مصرف اکسیژن و معادل آن تولید دی اکسیدکربن، شیب غلظت گاز در داخل بسته به وجود می‌آید (۲۹). این شیب غلظت، دی اکسیدکربن را خارج کرده، باعث ورود اکسیژن می‌شود تا در نهایت تعادل ایجاد شود. همانطور که در شکل (۳) نیز مشاهده می‌شود میزان اکسیژن نیز افزایش یافته است. لوپز و همکاران (۱۸) اظهار داشتند دو عامل تنفس محصول و نفوذپذیری فیلم بسته‌بندی، اتمسفر داخل بسته حاوی محصولات زنده را تغییر می‌دهند و سبب خروج دی اکسیدکربن و ورود اکسیژن می‌شوند. هر

شده، شاخص جوانه‌زنی بیشتری نسبت به دمای ۳۰ درجه داشتند. افزایش طول دوره انبارداری منجر به افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی بذور زنیان شد و این افزایش در بسته‌هایی که در دمای ۲۰ نگهداری شده بودند بخصوص بسته‌های کاغذی و شفاف تحت خلأ بارزتر بود. متوسط زمان جوانه‌زنی بذور در بسته‌های حاوی اتمسفر متفاوت تا ۱۸۰ روز پس از شروع انباردای روندی کاملاً افزایشی داشت و پس از آن کاهش یافت و حتی به کمتر از زمان شروع رسید. این نتایج با نتایج حاصل از بررسی اثر اتمسفرهای اصلاح شده (هوا (شاهد)، N_2/O_2 (۵۰/۵۰)، هوا/ CO_2 (۴۰/۶۰)، CO_2 (۱۰۰٪)) بر روی جوانه‌زنی بذور گندم در دو دمای ۳۰°C و ۱۵°C در طی بیش از ۲۰ ماه انبارداری در تضاد می‌باشد، این تحقیق پیر شدن سریع و معنی‌دار بذرها در دمای ۳۰°C را با توجه به معیارهای فیزیولوژیکی و قدرت جوانه‌زنی نشان می‌داد و حاکی از این بود که هیچ یک از سطوح بالای CO_2 و N_2 قادر به جلوگیری از زوال شیمیایی بذرها نبودند (۱۰). از مقایسه دو نمودار سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی (جدول ۲) می‌توان دریافت که بذرها با قابلیت جوانه‌زنی بالاتر، معمولاً متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی پائین‌تری دارند که با نتایج الیس و روبرت (۸) مطابقت دارد. متوسط زمان جوانه‌زنی بالاتر بیانگر سرعت کمتر جوانه‌زنی است و هر چه متوسط زمان جوانه‌زنی بیشتر باشد، بنیه بذر کمتر است. هر چه سرعت سبز شدن گیاهان زراعی در مزرعه بیشتر باشد، استقرار گیاهچه‌ها نیز مطلوب‌تر خواهد بود (۲۱ و ۲۲) در واقع با انجام تست جوانه‌زنی و تخمین بنیه بذر می‌توان نحوه استقرار گیاهچه در شرایط واقعی مزرعه را برآورد کرد (۲۳). در یک نگاه اجمالی به جداول درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌توان استنباط کرد که جوانه‌زنی بذور پس از گذشت نه ماه کاهش یافته است که این نتایج همسو با نتایج برخی محققین دیگر می‌باشد (۱۷ و ۲۵). کاملاً آشکار است که قابلیت جوانه‌زنی و بنیه بذر هیچ یک بطور آنی از بین نمی‌روند بلکه هر دوی آنها با گذشت زمان کاهش پیدا می‌کنند استفاده از روش‌های نامناسب نگهداری و انبار کردن اثر زیادی بر قابلیت جوانه‌زنی بذر داشته و سبب کاهش تدریجی آنها با گذشت زمان می‌شود. با این حال وقوع پیری را می‌توان توسط انبارداری مناسب کندتر نمود. دما و مقدار رطوبت دو فاکتور اصلی تعیین کننده سرعت پیری هستند. میزان اکسیژن و نور ممکن است در بعضی موارد مقداری اثر بر روی پیری داشته باشند (۳۳). در پژوهش حاضر با توجه به ثابت بودن دوره انبار برای تمام بسته‌ها (با گذشت ۹ ماه) می‌توان بیان کرد که دما، اتمسفر و پوشش متفاوت بسته‌ها سبب ایجاد شرایط متفاوتی درون بسته‌ها شده است و در نتیجه توانایی بذرها در سنتز هورمون‌های تحریک کننده جوانه‌زنی (مانند جیبرلین) یا دیگر عوامل تغییر یافته است (۳۵). بطوری‌که در برخی بسته‌ها سبب کاهش سرعت پیری و در نتیجه حفظ مقدار

دو عامل نیز به درجه حرارت بستگی دارند. اما تأثیر درجه حرارت بر شدت تنفس بیشتر می‌باشد. اما در پژوهش حاضر مشاهده می‌شود که در دمای بالاتر میزان افزایش دی اکسیدکربن کمتر و میزان اکسیژن بیشتر از دمای پایین است. و جالب اینکه بر طبق نتایج این پژوهش دمای ۳۰ از نظر حفظ قوه نامیه و میزان اسانس نسبت به دمای ۲۰، پس از نه ماه انبار بهتر عمل کرده است (جدول ۲ و شکل ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات دمای نگهداری و نوع بسته‌بندی بر برخی خصوصیات بذور زنیان طی نه ماه انبارمانی
 Table 1- Analysis of variance for effect of storage temperature and packaging materials on some properties of *Carum copticum* seeds during nine months storage

(Mean of Squares) میانگین مربعات					
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	درصد جوانه‌زنی Germination percent	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	متوسط زمان جوانه-زنی Mean germination time	شاخص جوانه-زنی Germination Index
بلوک Block	2	61.583**	4.936**	0.002 ^{ns}	0.035 ^{ns}
دما Temperature	1	552.25**	98.840**	1.397**	0.114**
خطای اصلی Main plot error	2	2.583 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.000	0.001 ^{ns}
نوع بسته Package	5	119.362**	22.220**	1.055**	0.988**
نوع بسته × دما Temperature × Package	5	95.012**	7.859**	0.027 ^{ns}	0.048**
زمان انبارداری (مرحله نمونه برداری) Storage time	3	214.791**	158.354**	6.649**	2.903**
نوع بسته × زمان انبارمانی Package × Storage time	15	148/354**	50.543**	2.699**	1.295**
دما × زمان انبارمانی Temperature × Storage time	3	103.458**	52.749**	1.893**	0.704**
دما × نوع بسته × زمان انبارمانی Temperature × Package × Storage time	15	114.470**	3.618**	0.305**	0.410**
خطای فرعی Subplot error	92	11.855	0.912	0.017	0.012

**، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار
 **, significant at 1 percent level of probability and ns, not-significant

تغییر تفوذپذیری بسته‌ها در طی زمان را تأیید می‌کند. باید در نظر داشت که تنفس محصولات تازه با محصولات خشک شده خصوصاً بذر تفاوت فاحشی داشته و تنفس بذور بسیار پایین تر از تنفس محصولات تازه می‌باشد. از طرف دیگر واکنش تنفسی محصولات مختلف به دما متفاوت بوده و دامنه دمایی اپتیمم که در آن با افزایش دما بر میزان تنفس افزوده می‌شود نیز بستگی کامل به نوع محصول و اندام دارد. در دامنه دمایی بالاتر از تحمل با افزایش دما نه تنها تنفس افزایش نمی‌یابد بلکه کاهش خواهد یافت و علت آن تخریب آنزیم‌های تنفسی می‌باشد (۶ و ۳۹) با توجه به مطالب فوق دمای ۳۰

این نتایج با نتایج جکسنز و همکاران (۱۵) و سندیا (۳۱) که اظهار داشتند با افزایش درجه حرارت انبار، اثر بسته‌بندی با روش اتمسفر تغییر یافته کاهش پیدا می‌کند در تناقض می‌باشد. آنها دلیل این امر را حلالیت کم CO₂ و افزایش میزان تنفس محصول با افزایش درجه حرارت انبار عنوان کردند و اظهار داشتند با افزایش دما، مصرف اکسیژن محصول تازه بیشتر شده در نتیجه زمان ماندگاری محصول کاهش می‌یابد. در این پژوهش عدم افزایش میزان تولید دی اکسید کربن یا مصرف اکسیژن در دمای بالا (۳۰ درجه) حاکی از این است که تغییرات گاز درون این بسته‌ها فقط بدلیل عمل تنفس نیست و

درجه در بذور زنیان، در دامنه دمایی بالاتر از تحمل قرار داشته و با افزایش دما با تأثیر نامطلوب بر آنزیمهای تنفسی، تنفس کاهش یافته است. چنانچه مشاهده شد درصد اکسیژن در هر دو نوع بسته روندی افزایشی داشت شیب این افزایش در بسته شفاف با ترکیب گازی $[98\%N_2 + 2\%O_2]$ که دارای اکسیژن بسیار کمتری در زمان شروع انبار است، بیشتر بود. دلیل احتمالی افزایش درصد اکسیژن بویژه در بسته‌های با درصد اکسیژن کمتر که دارای شیب افزایشی بیشتری نیز بودند، گرادیان غلظت بیشتر اکسیژن داخل بسته و محیط است، که این درصد کمتر اکسیژن در بسته‌ها سبب شدت نفوذ بیشتر اکسیژن از محیط اطراف به درون این بسته‌ها گردیده است (۹). میزان افزایش گاز اکسیژن درون بسته‌هایی که در دمای ۳۰ درجه نگهداری شده بودند در مقایسه با بسته‌هایی که در ۲۰ درجه نگهداری شده بودند، بسیار بیشتر بود. این امر ممکن است بدلیل بالا بودن سرعت نفوذ اکسیژن به درون بسته‌ها در دماهای بالاتر باشد و احتمالاً دمای بالا سبب افزایش نفوذپذیری بسته‌ها و خروج بیشتر دی اکسیدکربن یا ورود بیشتر اکسیژن را سبب می‌شود.

تغییرات میزان اسانس: طبق جدول تجزیه واریانس میزان اسانس با گذشت دوره انبارمانی در سطح احتمال یک درصد تغییر معنی‌دار داشت. اثر متقابل دمای نگهداری، نوع بسته و زمان انبارمانی نیز در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. بطوری که بیشترین میزان اسانس در دمای نگهداری ۳۰ درجه و در بذور موجود در بسته‌های با پوشش آلومینیوم تحت خلأ (۲/۳٪) و در سه ماهه اول اندازه‌گیری و در بذور موجود در بسته‌های با ترکیب گازی $[90\%N_2 + 10\%O_2]$ ، (۲/۳٪) در طی سه ماهه دوم اندازه‌گیری و کمترین میزان اسانس در بذور موجود در بسته‌های با پوشش پلی اتیلن (۱/۶٪) در سه ماهه سوم اندازه‌گیری بدست آمد. با توجه به شکل (۴) و نتایج حاصل از مقایسه میانگین می‌توان استنباط نمود که در طی این دوره انبارمانی، در سه ماهه اول و دوم اندازه‌گیری بیشترین میزان اسانس استخراج شده است. به عبارت دیگر طی این دوره مقدار اسانس تا ماه ششم در بیشتر بسته‌ها افزایش و از آن به بعد روند رو به کاهش در پیش گرفته

است. کازاز و همکاران (۱۶) در بررسی اثر دماهای متفاوت انبار (۰°C و ۳°C) و طول دوره (۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز) بر عملکرد اسانس و اجزای اسانس گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) نتیجه گرفتند که دمای انبار بر مقدار اسانس اثر معنی‌داری نداشت در حالی که اثر طول دوره انبار معنی‌دار بود. و این نتایج تا حدودی با نتایج ما نیز منطبق می‌باشد و بیشتر تغییرات مشاهده شده در مقدار اسانس مربوط به طول دوره انبارمانی است. مارتینازو و همکاران (۲۰) نیز گزارش کردند که نوع پوشش بسته‌بندی (کاغذ، پلاستیک و مجموع هر دو) بر حفظ میزان اسانس و دو ترکیب سیترال و میرسن در گیاه دارویی علف لیمو تأثیر معنی‌داری نداشت ولی با افزایش زمان انبارداری، از درصد مواد مؤثره این گیاه کاسته شد. در مورد تغییرات میزان اسانس گیاهان دارویی طی دوره‌های متفاوت انبارداری و نیز با بسته‌بندی‌های متفاوت تحقیقات اندکی صورت گرفته است و تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز می‌باشد. بطور کلی هدف از انبارداری گیاهان دارویی حفظ ویژگی‌های محصول و نگهداری کمیت و کیفیت ترکیبات قابل استخراج می‌باشد. مدیریت و ایجاد شرایط مناسب انبار سرعت زوال بذر را کاهش داده و قوه نامیه و بنیه بذر را برای دوره‌های طولانی‌تری حفظ خواهد کرد. انبار مطلوب بذر را می‌توان با تعدیل محیط اطراف بذر بدست آورد. بر طبق نتایج این پژوهش جهت نه ماه انبارمانی بسته‌های شفاف با ترکیب گازی ۲٪ و ۱۰٪ اکسیژن در دمای نگهداری ۳۰ درجه سلسیوس را می‌توان بعنوان بسته‌های مطلوب توصیه کرد. و برای ۶ ماه انبارداری، دمای نگهداری ۲۰ درجه و بسته آلومینیوم تحت خلأ عملکرد بهتری داشتند.

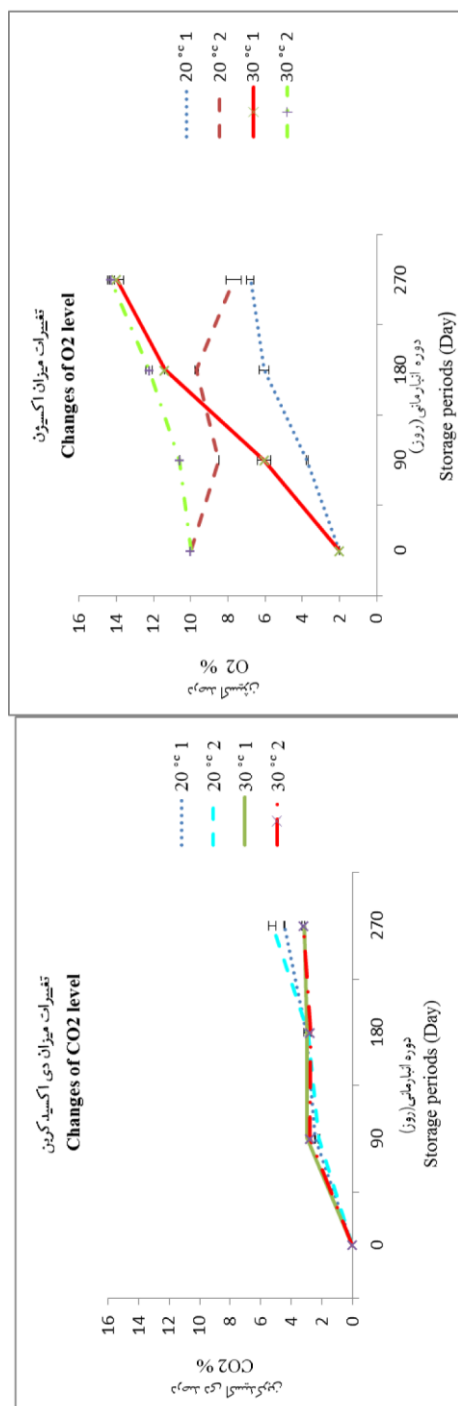
سپاسگزاری

این طرح با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران ریاست جمهوری انجام گردید که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثرات متقابل دما، نوع بسته و زمان انبارداری بر برخی صفات مورد اندازه‌گیری در دمای ۳۰ و ۲۰ درجه

Table 2- Interaction effects of temperature, types of packaging and storage time on some measured properties in 20 °C and 30 °C									
نوع بسته‌بندی Type of packaging	زمان انبارداری Storage time (months)	درصد جواندزی Germination percentage (%)		سرعت جواندزی Germination rate (plant/day)		شاخص جواندزی Germination index		متوسط زمان جواندزی Mean germination time (day)	
		20	30	20	30	20	30	20	30
بسته‌های کاغذی Paper packages	0	81.66 b...g	81.66 b...g	9.58 e...j	9.58 e...j	2.31efgh	2.31efgh	3.15bcd	3.15bcd
	3	84 bcdef	83 b...g	12.9cd	6.75 i...m	1.58 klm	2.46c...g	1.88 hijk	3.20bcd
	6	84.5 a...f	78 defgh	16.41 ab	13.90 bc	1.28 mn	1.44 lm	kl 1.48	1.84 hijk
	9	72 ghi	54 i	5.45 lm	5.03 m	2.66 a...e	1.67 klm	3.72 a	2.95 cde
بسته پلی اتیلن Polyethylene packages	0	81.66 b...g	81.66 b...g	9.58 e...j	9.58 e...j	2.31efgh	2.31efgh	3.15bcd	3.15bcd
	3	80 c...h	76 efghi	12.74 cde	6.86 i...m	1.5 lm	2.3efgh	1.87 hijk	3.02 cde
	6	88 abcd	70 hi	17.04 ab	12.74 cde	1.38 lm	0.96 no	1.56 kl	1.36 l
	9	78 defgh	66 hi	6.07 klm	5.31 lm	2.76 abcd	2.18fgh	3.53 ab	3.29 abc
بسته آلومینیوم تحت خلأ Aluminum foil under Vacuum condition	0	81.66b...g	81.66 b...g	9.58 e...j	9.58 e...j	2.31efgh	2.31efgh	3.15bcd	3.15bcd
	3	82 b...g	80 c...h	14.18 bc	5.87 lm	1.46 lm	2.44 defg	1.77 ijkl	3.05 cde
	6	88 abcd	82 b...g	17.41 a	17.08 ab	1.28 mn	0.74 o	1.45 kl	0.89 m
	9	84 bcdef	78 defgh	6.5 i...m	6.60 i...m	2.84 abc	2.48 b...g	3.37 abc	3.18bcd
بسته شفاف تحت خلأ Polyethylene-polyamide packages under Vacuum condition	0	81.66 b...g	81.66 b...g	9.58 e...j	9.58 e...j	2.31efgh	2.31efgh	3.15bcd	3.15bcd
	3	86 abcde	78 defgh	11.97 cdef	6.55 i...m	1.74 ijkl	2.04 hij	2.02 ghij	2.61 ef
	6	90 abc	74efghi	16.24ab	11.59 cdef	1.48 lm	1.68 jkl	1.64 jkl	2.26 fgh
	9	77.5 d...i	78 defgh	5.44 lm	6.38 jklm	2.82 abcd	2.5 b...f	3.71 a	3.20 bcd
بسته شفاف (N ₂)/۹۸٪ (O ₂)/۲٪ Package with a gas combined of [98%N ₂ + 2%O ₂]	0	81.66 b...g	81.66 b...g	9.58 e...j	9.58 e...j	2.31efgh	2.31efgh	3.15bcd	3.15bcd
	3	96 a	78 defgh	9.40 f...j	7.16 h...m	3a	2.71 abcd	3.12 bcd	3.39 abc
	6	74 fghi	78 defgh	7.18 h...m	4.84m	2.1 ghi	2.86 ab	2.82 de	3.67 a
	9	82 b...g	88 abcd	9.62 e...i	10/37 d...h	1.68 jkl	1.94 hijk	2.05 ghij	2.21 fgh
بسته شفاف (N ₂)/۹۰٪ (O ₂)/۱۰٪ Package with a gas combined of [90%N ₂ + 10%O ₂]	0	81.66 b...g	81.66 b...g	9.58 e...j	9.58 e...j	2.31efgh	2.31efgh	3.15bcd	3.15bcd
	3	90 abc	79 c...h	8.48 g...l	6.87 i...m	2.58 abcd	2.64 a...e	3.10 bcd	3.51 ab
	6	72 ghi	78 defgh	5.58l	7.17h...m	2.52 b...f	2.76 abcd	3.50ab	3.53 ab
	9	76 efghi	92 ab	9.16 f...k	10.55 defg	1.66 jklm	2.16fgh	2.18fghi	2.35 fg

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون توکی (HSD) و در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند
Means followed by similar letters in the same column don't have significant difference based HSD test at 5 percent level probability

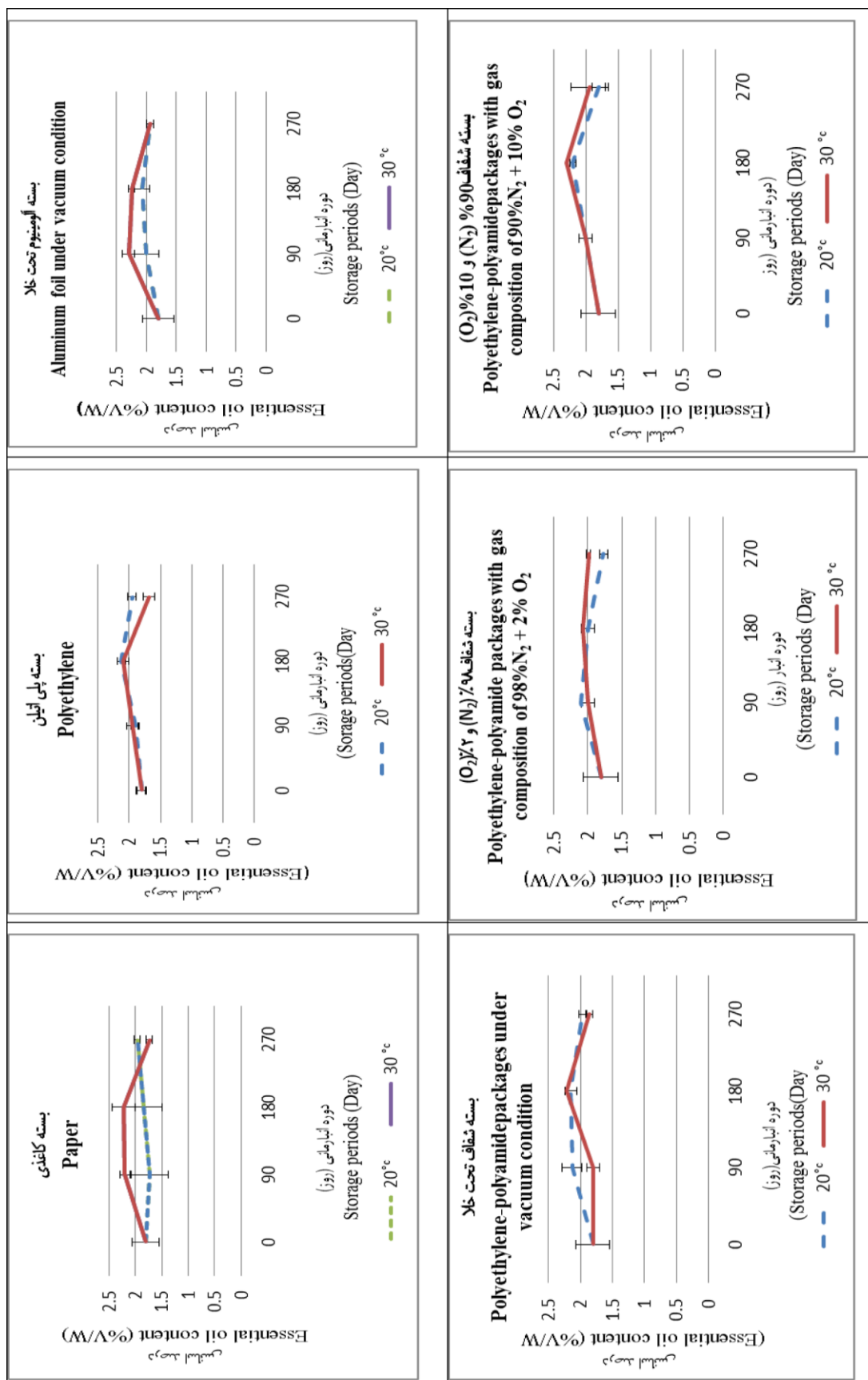


ب (B)

الف (A)

شکل ۳- تغییرات درصد گاز اکسیژن (الف) و دی اکسیدکربن (ب) درون بسته‌های شفاف با ترکیب گازی متفاوت طی نه ماه انبارداری بذور زنیان در دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس. ۱- بسته شفاف (N₂)/۹۸ (O₂)/۲ و ۲- بسته شفاف (N₂)/۹۰ (O₂)/۱۰

Figure 3- Changes of O₂ percentage (A) and CO₂ percentage (B) in Polyethylene-polyamide packages with different gas combination during nine months storage of *Carum copicum* seeds. 1- [98%N₂ + 2%O₂] and 2- [90%N₂ + 10%O₂]



شکل ۴- تغییرات درصد اسانس بذر زنیان در انبار ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس طی ۹ ماه انبار
Figure 4- Changes of seed *Carum copiticum* essential oil percentage during nine months storage

منابع

- 1- Ader F. 1978. Moisture content and storage conditions for pelleted vegetable and seed and their influence on germination and plant growth. *Seed Science and Technology*, 6(4):1033-1051.
- 2- Agha S. K., Malik Z. H., Hatam M., and Jamro G. H. 2004. Emergence of healthy seedlings of soybean as influenced by seed storage containers. *Pakistan Journal of Biological Science*, 7(1): 42-44.
- 3- Aghilian Sh., Khajeh-Hosseini M., and Anvarkhah S. 2014. Evaluation of seed storage potential in forty medicinal plant species. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7 (10): 749-759.
- 4- Alizadeh M., and Isavand H. R. 2004. Evaluation and the study of germination potential, speed of germination and vigor index of the seeds of two species of medicinal plants (*Eruca sativa* Lam., *Anthemis altissima* L.) under cold room and dry storage condition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 20(3):301-307.
- 5- Abdullah T.L., Ahmed S.H., and Rejab N.A. 1993. Determination of floral stage and packaging method for prolonged storage of *Jasminum multiflorum*. *Acta Horticulturae*, 331: 325-329.
- 6- Atkin O.K., and Tjoelker M.G. 2003. Thermal acclimation and the dynamic response of plant respiration to temperature. *Trends in Plant Science*, 8(7):343-351.
- 7- Barua H., Rahman M.M., and Masud M.M. 2009. Effect of storage containers environment at different storage period on the quality of chilli seeds. *International Journal Sustain Crop Production*, 4(4):28-32.
- 8- Ellis R. H., and Roberts E. H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 377-409.
- 9- Exama A., Arul J., Lencki R., and Li Z. 1993. Suitability of various plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: gas transfer properties and effect of temperature fluctuation. *Acta Horticulturae*, 343: 175-180.
- 10- Fleurat-Lessard F., Just D., Barrieu T.P., LeTorch J.M., Raymond P., and Saglio P. 1994. Effect of modified atmosphere storage on wheat seed germination vigour and on physiological criteria of the ageing process. *Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored- Product Protection*, 2:695-700.
- 11- Ghoreyshi Gh.R., and Nakhchyan H. 2003. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables (Translation). *Teyhu*, 284 p.
- 12- Hartman H. T., Kester D.E., and Davis F. 1990. *Plant Propagation, Principle and Practices*. Prentice Hall International Editions, 647pp.
- 13- Hartmann H.T., and Kester D.E. 1993. *Principle and practices of plant propagation and storage*. 4th Ed. New Jersey, Prentice Hall Press, 928 p.
- 14- Husnu K. 1997. Industrial Utilization of Medicinal and Aromatic Plants. *Acta Horticulturae*, 503:177-192.
- 15- Jacxsens L., Devlieghere F., Rudder T.D., and Debevere J. 2000. Designing equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut vegetables subjected to changes in temperature. *LWT- Food Science and Technology*, 33(3): 178-187.
- 16- Kazaz S., Erbas S., and Baydar H. 2009. The effects of storage temperature and duration on Essential oil content and composition oil Rose (*Rosa damascena* Mill.). *Turkish Journal of Field Crops*, 14(2): 89-96.
- 17- Khalequzzaman K.M., Rashid M.M., Hasan M.A., and Reza M.A. 2012. Effect of Storage Containers and Storage Periods on The Seed Quality of French Bean (*Phaseolus vulgaris*). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 37(2):195-205.
- 18- Lopez-Briones G., Varoquaux P., Bureau G., and Pascat B. 1993. Modified atmosphere packaging of common mushroom. *Food Science and Technology*, 28(1): 57-68.
- 19- Maguire J. D. 1962. Speed of germination in selection and evaluation for seedling vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- 20- Martinazzo A.P., Melo E. C., Barbosa L. C. de A., Soares N. de F. F., Rocha R. P., Randuz L. L., and Randuz R. P. 2009. Quality parameters of *Cymbopogon citratus* leaves during ambient storage. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 25(4): 543 - 547.
- 21- Matthews S., and Khajeh-Hosseini M. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed science and technology*, 34: 339-347.
- 22- Matthews S., and Khajeh-Hosseini M. 2007. Length of lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed science and technology*, 35: 200-212.
- 23- Monira U.S., Amin M. H. A., Aktar M. M., and Mamun M.A.A. 2012. Effect of Containers on Seed Quality of Storage Soybean Seed. *Bangladesh Research Publications Journal*, 7(4): 421-427.
- 24- Nagalakshmi S., Shankaracharya N.B., Naik J.P., and Rao L.J.M. 2000. Studies on chemical and technological aspects of ajowan (*Trachyspermum ammi*) seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 37(3): 277-281.
- 25- Oladiran J.A., and Agunbiade S. A. 2000. Germination and seedling development from pepper (*Capsicum annum* L.) seeds following storage in different packaging materials. *Seed Science Technology*, 28(2):413-419.
- 26- Oskoue B., Divsalar M., Yari L., and Zare'ian AS. 2013. Effects of different kinds of packaging on seed vigor stored canola varieties in Qom province. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 2(1): 65-72.
- 27- Owolade O. F., Olosoji J. O., and Afolabi C. G. 2011. Effect of storage temperature and packaging materialson seed

- germination and seed-borne fungi of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) in South West Nigeria. African Journal of Plant Science 5(15): 873-877.
- 28- Paakkonen K., Malmsten T., and Hyvonen L. 1989. Effects of Drying Method, Packaging, and Storage Temperature and Time on the Quality of Dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Food Science, 54(6): 1485- 1787.
- 29- Paine A.F., and Paine Y.H. 1992. Modified atmosphere packaging. Hand book of Food Packaging, Chapman & Hall, 242-246.
- 30- Raghavan B., Rao L., Singh M., and Abraham K. 1997. Effect of drying methods on the flavor quality of marjoram (*Origanum majorana* L.).Molecular Nutrition & Food Research, 41(3): 159-161.
- 31- Sandhya. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce. LWT- Food Science and Technology, 43(3):381–392.
- 32- Saxena O.P., Singh G., Pakeeraiah H., and Pandey N. 1987. Seed deterioration studies in some vegetable seeds. Acta Horticulture, 215: 39-44.
- 33- Schmidt R. 2000. Chapter 8, In Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Danida Forest Seed Centre. Taylorson RB. 1987. Environmental and chemical manipulation of weed seed dormancy. Weed Science, 3: 135-154.
- 34- Sedaghat N. 2006. Principles of Food Packaging Technology. Barsava, 135 p.
- 35- Sharma P.K., and Sharma S. 2010. Effect of storage and cold-stratification on seed physiological aspects of *Bunium persicum*: A Threatened Medicinal Herb of Trans-Himalaya. International Journal of Botany, 6(2):151-156.
- 36-Silva S.G.R., Peiris D., and B.C.N. 1997. Effect of packing material on the storability of chilli seeds in Sri Lanka. Tropical Agricultural Research, 6: 23-30.
- 37- Tatipata A. 2010. The Effect of Initial Moisture Content, Packaging and Storage Period on Succinate Dehydrogenase and Cytochrome Oxidase Activity of Soybean Seed. The Southeast Asian Journal of Tropical Biology, 17(1):31-41.
- 38- Tekrony D.M., and Egli D.B. 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. Crop Science, 31:816-822.
- 39- Wahid A., Gelani S., Ashraf M., and Foolad M. R. 2007.Heat tolerance in plants: An overview. Environmental and Experimental Botany, 61: 199–223.



Evaluation of the Effect of Storage Temperature, Atmosphere and Packaging Materials on some Properties of *Carum copticum* Fruits during Nine Months Storage

G. Baghdadi¹- M. Azizi^{2*} - N. Sedaghat³- V. Rowshan⁴- H. Aroiee⁵

Received: 24-11-2015

Accepted: 16-02-2016

Introduction: The aim of medicinal plant storage is to preserve qualitative and quantitative properties of active substance. *Carum copticum* fruits (Zenyān in Persian) were used for its therapeutic effects. Seed storage condition after harvest till to extraction time is not suitable in our country and the major part of seed quality deteriorates during the storage period. So, the loss of seed qualitative and quantitative characteristics will increase during unsuitable storage condition. Appropriate storage conditions and management preserve seed active substance, seed viability and vigor for long periods by reducing the rate of seed deterioration. Optimal seed storage can be achieved by modifying the environment around the seeds. Numerous storage systems have evolved over the years for post harvest preservation of crop seeds. The aim of this study is to evaluate the effect of various storage conditions and storage time on essential oil percentage and germination factors in *C. copticum* seeds during the storage period. The results of this research will be used for optimum storage of these seeds to better preserve their quality.

Materials and Methods: In order to investigate the effects of storage conditions (packaging materials and temperature) and storage time on quality of *C. copticum* stored seeds, a split-plot factorial arranged in a randomized complete block design with three replications is performed in Faculty of Agriculture at Ferdowsi University of Mashhad during 2013 and 2014. Tukey's range test was performed to determine the significant difference between treatments. The calculations were conducted by JMP 8 software. Temperature (at two levels : $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ and $30\pm 3^{\circ}\text{C}$) as main plots and packaging materials (at six levels : paper, polyethylene, aluminum foil under vacuum condition, Polyethylene-polyamide packages under vacuum condition, Polyethylene-polyamide packages with a gas composition of $[98\%\text{N}_2 + 2\%\text{O}_2]$ and $[90\%\text{N}_2 + 10\%\text{O}_2]$) and storage periods (at four levels: 0, 3, 6 and 9 months) as sub plots were considered. Seed samples were taken randomly from each package at four times period. Essential oil percentage, seed weight, gas composition in packages with modified atmosphere and seed germination factors (seed germination percentage (SGP), germination rate (GR), mean germination time (MGT), and germination Index (GI)) were evaluated during this nine months Storage.

Results and Discussion: The highest weight loss was 2/43% in the paper bags stored at 30°C at the fourth to sixth months especially in the fifth month. Aluminum foil package under vacuum condition stored at 30°C had the lowest weight and minimum weight changes during nine months of storage, so it was the best packages compared to others. The results show that Polyethylene-polyamide packages and Aluminum foil packages under vacuum condition are almost impermeable to air and moisture. Increasing weight at 20°C may be due to accumulation of water vapor from the respiration during early period of storage. Seed germination test provides an indication about seedling vigor as well as performance of seed in the field. In most cases, performance relates to the ability of seeds to germinate and produce a seedling that will emerge from the soil and development into a healthy vigorous plant. Packages with different combinations of gas (2% and 10% oxygen) at 30°C , aluminum foil under vacuum condition and Polyethylene-polyamide packages with a gas composition of $[98\%\text{N}_2 + 2\%\text{O}_2]$ at 20°C were packages with higher germination percentage after nine months storage. Based on this results, it appears that packaging materials and storage temperature did not show any significant difference on essential oil percentage and further changes in the amount of oil related to duration of storage. Kumar *et al.* (2013) showed

1, 2 and 5- Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: azizi@um.ac.ir)

3- Associate Professor, Food Science and Technology Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

4- Associate Professor, Natural Resources Department, Fars Research Center for Agriculture and Natural Resources, Shiraz, Iran

that the essential oil content and composition were affected by harvest time and storage conditions. Kazaz *et al.* (2009) investigated the effect of different storage temperatures (0°C and 3°C) and durations (7, 14, 21 and 28 days) on oil yield and essential oil components of oil rose (*Rosa damascena* Mill.). Their results showed that the effect of storage temperatures on oil content were not significant whereas the effect of storage duration was significant and it was similar to our results.

Conclusion: Essential oil percentage as the most important property of *Carum copticum* and germination percentage decreased significantly with increasing of storage period. Finally, results show that Polyethylene-polyamide packages with a gas composition of [98%N₂ + 2%O₂] and [90%N₂ +10%O₂] in 9 months storage time and 30±3°C storage temperature preserve qualitative properties better than other conditions. Whereas, aluminum foil package under vacuum condition and 20±3°C storage temperature are recommended for 6 month storage time.

Keywords: *Carum copticum*, Essential oil, Packaging, Storage temperature, Viability



بررسی تأثیر بسترهای مختلف کاشت و محلولپاشی اسید هیومیک بر رشد و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی نشاء گوجه‌فرنگی

نسبیه پورقاسمیان^{۱*} - مهدی نقی زاده^۲ - روح اله مرادی^۳ - محمد سالاری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۸

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر بستر کاشت و اسید هیومیک بر برخی شاخص‌های رشد و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاهچه گوجه‌فرنگی، آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل در پایه طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار صورت گرفت. فاکتورهای مورد بررسی شامل بستر کاشت (پیت، کوکوپیت، خاکبرگ، کمپوست، ورمی‌کمپوست، کود گاوی و خاک رس) و اسید هیومیک (به دو صورت محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی) بودند. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین و کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب به بستر کاشت پیت و کود دامی تعلق داشت. همچنین، بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۱/۱۷ گرم)، سطح برگ (۱۲۵/۹) تعداد میانگرمه (۶/۱۹)، ارتفاع گیاه (۱۳/۵۱ سانتی‌متر) و میزان کلروفیل a (۲/۵۵) در بستر کشت پیت مشاهده شد. بستر کود دامی در صفات نامبرده کمترین میزان را نشان داد. بعنوان مثال کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۰/۴۴ گرم) و ارتفاع بوته (۱۶/۶۷ سانتی‌متر) مربوط به تیمار کود دامی بود. میزان کاروتنوئید در بسترهای کود دامی و رس بیش از بقیه بسترها بود. همچنین محلول‌پاشی نسبت به عدم محلول‌پاشی، ارتفاع گیاهچه، سطح برگ، تعداد میانگرمه، کلروفیل a و کاروتنوئید را افزایش معنی‌داری داد. نتایج نشان داد که وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع گیاهچه و تعداد میانگرمه تحت اثر متقابل بستر کاشت و اسید هیومیک قرار گرفتند. در کلیه صفات فوق بسترهای ضعیف مانند خاک رس و کود دامی نسبت به بقیه بسترها به مصرف اسید هیومیک پاسخ بهتری دادند. بعنوان مثال، کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش حدود ۶۲ و ۳ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به عدم استفاده از اسید هیومیک به ترتیب در تیمارهای کود دامی و پیت شد. بطور کلی، به نظر می‌رسد استفاده از بستر پیت به همراه محلول‌پاشی با اسید هیومیک می‌تواند منجر به بهبود رشد نشاء گوجه‌فرنگی شود.

واژه‌های کلیدی: سبز شدن، سطح برگ، کلروفیل، میانگرمه، وزن خشک

مقدمه

نشاء، بهبود وضعیت جوانه‌زنی آن می‌باشد. به طور کلی، بستر بذر از طریق مطلوب کردن شرایط فیزیکی خاک موجب افزایش جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه و بازدهی تولید نشاء می‌گردند (۲۲)، بنابراین بستر کاشت مناسب یکی از عوامل مؤثر در پیشرفت مراحل رشد گیاه از جمله مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای می‌باشد (۱).

مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه معمولاً حساسترین مرحله رشد گیاه می‌باشد. بطوری‌که، جوانه‌زنی ضعیف و کاهش رشد گیاهچه می‌تواند منجر به استقرار ضعیف و نابودی محصول شود. بدون شک میزان موفقیت این مرحله بر پیشرفت سایر مراحل رشد گیاه و در نهایت میزان تولید تأثیر بسزایی دارد (۱). لذا به منظور کاهش دوره کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا انتقال به زمین اصلی می‌بایست تحقیقات و تمهیدات خاصی را مورد توجه و بررسی قرار داد. در این راستا تحقیقات مختلفی نیز انجام گرفته است. هیدالگو و همکاران (۱۳) تأثیر ورمی‌کمپوست را بر میزان جوانه‌زنی بذر خیار بررسی نمودند و نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که درصد جوانه‌زنی و

تولید نشای خوب، سالم و قوی توسط تولید کننده و یا شرکت‌های تجاری مهم‌ترین دغدغه‌ای است که می‌تواند تضمین مناسبی برای عملکرد کمی و کیفی بالا باشد (۱۰). از آنجا که کشت گوجه‌فرنگی بصورت نشایی انجام می‌گیرد و دوره پرورش طولانی نیز دارد، توجه به این نکته می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. چراکه هر چه طول این دوره کاهش یابد می‌تواند هزینه‌های تولید را نیز کاهش دهد. یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود وضعیت کمی و کیفی

۱، ۲ و ۳- استادیاران، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(*) نویسنده مسئول: (Email: n.pourghasemian@uk.ac.ir)

۴- دانش آموخته، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان (عضو پژوهشگران جوان دانشگاه باهنر کرمان)

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.56542

اختلاط می‌باشد، در آب به خوبی حل شده و با کودهای دیگر مایع، قابل اختلاط می‌باشد و می‌توان آن را از طریق محلول‌پاشی، مصرف خاکی، سیستم‌های آبیاری تحت فشار و تیمار بذری (بذر مال) مورد استفاده قرار داد (۱۷). کاربرد اسید هیومیک به عنوان ماده‌ای با منبع طبیعی در جهت پایداری و افزایش تولید محصولات زراعی امید بخش می‌باشد (۲۹). از مزایای مهم آن می‌توان به کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی، افزایش طول و وزن ریشه، آغازش ریشه‌های جانبی اشاره کرد.

با توجه به اینکه گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین گیاهانی است که کشت آن در بستر نهایی بصورت نشاء صورت می‌گیرد و استان کرمان نیز یکی از مهمترین تولید کنندگان گوجه‌فرنگی در کشور می‌باشد و همچنین تا کنون تحقیقی در استان در رابطه با تأثیر نوع بستر کاشت بر خصوصیات رشد نشاء این گیاه صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی امکان تولید یک نشاء سالم و قوی و همچنین کاهش دوره کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا انتقال به زمین اصلی توسط بسترهای آلی و محلولپاشی مواد آلی اسید هیومیک با استفاده از اندازه‌گیری و مقایسه صفات مختلف کمی و کیفی در نشاء گوجه‌فرنگی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر بسترهای مختلف کشت و محلولپاشی اسید هیومیک بر خصوصیات رشد و کمیت و کیفیت نشاء گوجه‌فرنگی آزمایشی بصورت فاکتوریل در پایه طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه باهنر کرمان در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. متوسط دمای گلخانه ۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۴۰ تا ۶۰ درصد بود. منبع نوری مورد استفاده نیز نور طبیعی خورشید بود. تیمارهای آزمایش شامل بستر کاشت در هفت سطح (۱- خاک، ۲- کمپوست، ۳- ورمی کمپوست، ۴- کود دامی (گاوی)، ۵- خاکبرگ، ۶- کوکوپیت و ۷- پیت) و محلولپاشی اسید هیومیک در دو سطح (محلولپاشی و عدم محلولپاشی) بود. خصوصیات تیمارهای مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است.

پس از تهیه بسترها، اقدام به آماده کردن گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۲ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر شد. بعد از خروج آب ثقلی، بذرهای گوجه‌فرنگی رقم اصلاح شده کانپون^۱ ایتالیایی داخل گلدان کاشته شد. به طوری که، داخل هر گلدان سه بذر کاشته شد. آبیاری بوسیله آب پاش و بصورت بارانی و روزانه به مدت ده دقیقه با آب لوله کشی شهری انجام شد. محلولپاشی اسید هیومیک با غلظت یک هزارم لیتر

رشد نشاء خیار در اثر مصرف ورمی کمپوست افزایش یافت. به منظور بررسی تأثیر ورمی کمپوست بر روی شاخص‌های رشد گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای، سماوات و همکاران (۲۸) آزمایشی با سه سطح کود شیمیایی و پنج سطح مختلف کود آلی ورمی کمپوست انجام دادند. نتایج نشان داد که تأثیر تیمار کود شیمیایی و ورمی کمپوست بر تعداد و وزن میوه در بوته و وزن ریشه و اندام هوایی معنی‌دار بود. در تیمار ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست تعداد و وزن میوه، وزن اندام هوایی و رشد به ترتیب در حدود ۳، ۴، ۵، ۹ برابر نسبت به تیمار بدون ورمی کمپوست افزایش یافت. اثر ورمی کمپوست بر وزن ریشه به مراتب بیشتر از وزن اندام هوایی بود.

یان و مورفی (۳۳) آزمایشی را برای افزایش کیفیت کوکوپیت به عنوان بستر کاشت انجام دادند. نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که بعد از ۳ ماه نسبت C:N کاهش یافته بود و CEC و اسیدهیومیک افزایش یافته بود. کاهش نسبت C:N به علت افزایش نیتروژن و کاهش کربن خصوصاً سلولز و همی سلولز و لیگنین بود. این بستر در گلخانه امتحان شد، گیاهان گوجه‌فرنگی رشد خوبی در این بستر داشتند اگرچه این گیاهان تفاوت قابل توجهی از نظر ارتفاع و قطر ساقه با گیاهانی که در کوکوپیت تیمار نشده کاشته شده بودند، نداشتند. اما وزن خشک ریشه ۲۲ درصد، تعداد میوه ۴۳ درصد، و عملکرد کل ۴۶ درصد افزایش یافته بود. تردید (۳۱) تأثیر کوکوپیت و کوددهی بر روی رشد و گلدهی لیلیوم بررسی کرد. نتایج به دست آمده نشان داد که لیلیوم‌هایی که در بستر کوکوپیت رشد کرده بودند زودتر گل دادند و کیفیت آنها بهتر بود. همچنین وزن تر و خشک گل‌ها و برگ‌ها بیشتر بود و جوانه گل و سیستم ریشه‌ای بهتری داشت.

آلباهو و همکاران (۳) اثر سه بستر کاشت بر رشد و عملکرد دو رقم فلفل شیرین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که این ارقام پاسخ‌های متفاوتی را به بسترهای کاشت مختلف دادند. بطوری- که بسترها تأثیر قابل توجهی در ارتفاع رقم، تعداد برگ، شاخص کلروفیل و عملکرد کل گیاه داشتند.

اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (۱۱). ترکیبات هوموسی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از باقیمانده گیاهان و حیوانات حاصل می‌شوند (۱۸). این مواد در تمام محیط‌های خاکی و آبی یافت می‌شوند و یکی از فراوانترین شکل‌های مواد آلی را در سطح زمین تشکیل می‌دهند. بیشترین قسمت ترکیبات هوموسی خاک را اسید هیومیک و اسید فلوویک تشکیل می‌دهند. اسید هیومیک و اسید فلوویک به ترتیب سبب تشکیل کمپلکس‌های پایدار و نامحلول و کمپلکس‌های محلول با عناصر میکرو می‌گردند (۱۶). اسید هیومیک با اکثر کودهای شیمیایی سازگار بوده و قابل

از زمان سبز شدن نشاء تا انتقال نشاء هر دو روز یکبار در تیمارهای مربوطه صورت گرفت. به دلیل کوتاه بودن دوره آزمایش، فاصله

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد استفاده شده در تهیه بسترهای کشت

Table 1- Physical and chemical properties of various used matters

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	مواد Matters
7.9	2.18	488	29	0.07	خاک Soil
8.1	3.11	4899	2458	0.97	کمپوست Compost
7.1	2.88	5900	3500	1.23	ورمی کمپوست Vermicompost
9.8	3.66	4158	2356	0.81	کود گاوی Cow manure
7.2	2.87	1855	1258	0.77	خاکبرگ Leaf soil
7.1	1.08	9834	522	0.63	کوکوپیت Cocopeat
6.18	1.14	524	111	0.48	پیت Peat

محللول شاهد، استون ۸۰ درصد استفاده کرده و پس از کالیبره کردن دستگاه عصاره حاصل را درون دستگاه قرار داده و اعداد به دست آمده قرائت شدند. در نهایت اعداد به دست آمده جهت محاسبه غلظت کلروفیل (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ) به ترتیب در روابط ۱، ۲ و ۳ به کار رفت.

$$C_{chl a} (\text{mg/g leaf}) = ((0.0122 \times \text{Abs}663) - (0.00269 \times \text{Abs}646)) \times \text{ml acetone} / \text{mg leaf} \quad (1)$$

$$C_{chl b} (\text{mg/g leaf}) = ((0.0229 \times \text{Abs}646) - (0.00460 \times \text{Abs}663)) \times \text{ml acetone} / \text{mg leaf} \quad (2)$$

$$C_{car} (\text{mg/g leaf}) = ((1000 \times \text{Abs}470 - 1.82 \times C_{chl a} - 85.02 \times C_{chl b}) / 198) \times \text{ml acetone} / \text{mg leaf} \quad (3)$$

در این معادلات C نشان دهنده غلظت و $chl a$ و $chl b$ و Car به ترتیب کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها شامل کاروتن و گزانثوفیل می باشد. همچنین $\text{Abs}663$ ، $\text{Abs}646$ و $\text{Abs}470$ عبارت از جذب در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر می باشد.

داده‌های حاصل از آزمایش بر اساس طرح آماری مورد استفاده، توسط نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد جهت مقایسه میانگین استفاده شد. رسم نمودارها نیز توسط نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

درصد سبز شدن و سرعت ظهور گیاهچه: نتایج حاصل از

جهت تعیین شاخص‌های رشد گیاهچه ای گوجه فرنگی، شمارش روزانه گیاهچه‌های سبز شده به مدت ۱۲ روز انجام و در انتها تعداد نهایی گیاهچه‌های سبز شده در هر تیمار ثبت و جهت محاسبه درصد و سرعت ظهور گیاهچه ها از معادلات آگراوال (۲) و ماگویر (۱۹) استفاده شد. در زمان آماده سازی نشاء جهت انتقال فاکتورهای مختلفی از قبیل ارتفاع گیاهچه، قطر ساقه، تعداد میانگره‌ها، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، میزان کلروفیل a و b و کارتنوئید ثبت و اندازه گیری شد.

محتوای رنگیزه‌های کلروفیل a و b و کارتنوئید برگ با روش لیچنتال (۱۵) انجام شد. ابتدا یک گرم از برگ تازه که برداشت شده بود را به قطعات کوچکی خرد نموده و در داخل هاون چینی به همراه ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد به مدت چند دقیقه به خوبی له کرده، ماده حاصله را درون قیف بوختر متصل به پمپ خلاء ریخته و پس از جداسازی محللول، مواد را به هاون منتقل کرده و ۱۰ میلی لیتر استون اضافه کرده و این عمل تا زمانی که مواد باقیمانده در قیف بوختر به طور کامل فاقد کلروفیل و سفید شد، ادامه یافت. محللول به دست آمده با استون ۸۰ درصد به حجم ۳۰ میلی لیتر رسانده و درون لوله آزمایش دربار ریخته، سپس عصاره حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. میزان جذب نوری عصاره توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل PD-303S APEL) در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶ نانومتر برای کلروفیل و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها قرائت شد. به منظور حذف استون از

تجزیه واریانس نشان داد که تیمار بستر کاشت تأثیر معنی‌داری بر درصد سبز شدن و سرعت ظهور گیاهچه گوجه‌فرنگی در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۲). بستر پیت (۱۰۰ درصد) و کوکوپیت (۸۷ درصد) بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بیشترین درصد سبز شدن و کود دامی (۱۷ درصد) کمترین میزان درصد سبز شدن را نشان دادند (جدول ۳). بیشترین (۶/۴۵) بذر در روز) و کمترین (۰/۹۵) بذر در روز) سرعت ظهور گیاهچه به ترتیب مربوط به بسترهای پیت و کود دامی بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی و رشد گوجه‌فرنگی

Table 2- Analysis of variance of germination and growth traits of tomato as affected by substrate and humic acid

میانگین مربعات Mean of Squires									
تیمار Treatment	درجه آزادی df	درصد سبز شدن Emergence percent	سرعت ظهور گیاهچه Emergence rate	ارتفاع گیاهچه Plant height	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter	وزن خشک ریشه Root dry matter	قطر ساقه Stem diameter	سطح برگ Leaf area	تعداد میانگره Internode s diameter
بستر کاشت (A)	6	4543.7**	22.34**	39.59**	0.396**	0.004ns	0.070ns	9784.8**	10.79**
Substrate									
اسیدهیومیک (B)	1	14.88ns	0.036ns	23.28**	0.303**	0.0018ns	0.046ns	1205.5**	1.56**
Humic acid									
A × B	6	49.60ns	0.074ns	0.732**	0.095*	0.002ns	0.097ns	41.35ns	0.37*
Error خطا	56	357.1	0.109	0.154	0.007	0.003	0.430	32.22	0.085

*, **, ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری
*, **, and ns: Significantly at 5% and 1% and non-significant

جدول ۳- تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر برخی صفات رشدی گوجه‌فرنگی

Table 3- Effect of various substrate on some growth traits of tomato

تیمار Treatment	درصد سبز شدن Emergence percent	سرعت ظهور گیاهچه Emergence rate	ارتفاع گیاهچه Plant height (cm)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter (g)	سطح برگ Leaf area (cm ² /plant)	تعداد میانگره Internodes diameter
کمپوست Compost	58.33bc	4.05c	9.71d	0.788c	94.99c	5.63b
ورمی کمپوست Vermicompost	50.00c	4.20c	12.32c	1.02b	114.0b	6.17a
پیت Peat	100.00a	6.45a	13.51a	1.17a	125.9a	6.19a
کوکوپیت Cocopeat	87.50ab	5.51b	9.25d	0.745c	94.49c	4.94c
خاکبرگ Leaf soil	79.17b	2.62d	12.80b	1.07b	117.0b	5.93ab
کود دامی Manure	16.67d	0.95f	6.86f	0.445e	27.13d	2.85e
خاک رس Clay soil	62.50bc	2.14e	7.89e	0.645d	33.01d	3.52d

در هر ستون اعداد دارای حداقل حرف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند
Column means with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

شیرزاد و همکاران (۳۰) با بررسی اثر عصاره های کود دامی بر جوانه‌زنی مریم گلی، به افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی با مصرف کودهای دامی اشاره کردند. ایشان افزایش در سرعت جوانه‌زنی را به عنصرهای موجود در کود دامی نسبت دادند که نقش کاتالیزوری

مهمی در سیستم‌های آبیاری می‌کند. با این حال مطالعه حاضر به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی اشاره دارد. بنظر می‌رسد وجود مواد بازدارنده در کود دامی موجود در مطالعه حاضر این دو صفت را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. بهتر بودن بستر پیت نسبت به بقیه بسترها در مرحله جوانه‌زنی را شاید بتوان به وجود محیط فیزیکی مناسب تر در این بستر نسبت به بقیه بسترها نسبت داد. زالر (۳۴) در مقایسه‌ای بین بسترهای پیت و ورمی‌کمپوست بر جوانه‌زنی گوجه‌فرنگی به بهتر بودن بستر پیت اشاره کرد. ایشان دلیل این برتری را به قدرت تهویه و نفوذ اکسیژن و همچنین ظرفیت نگهداری آب بیشتر در بستر پیت نسبت داد. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به اینکه اکسیژن یکی از فاکتورهای مهم در وقوع جوانه‌زنی است بستر پیت توانسته بهتر از بقیه بسترها گیاه را در این مرحله حمایت نماید.

وزن خشک اندام هوایی و ریشه: تأثیر بستر کاشت، محلولپاشی و اثر متقابل این دو بر وزن خشک اندام هوایی گیاه گوجه‌فرنگی معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین (۱/۱۷ گرم) و کمترین (۰/۴۴ گرم) میزان وزن خشک اندام هوایی به ترتیب در بستر پیت و کود دامی مشاهده شد (جدول ۳). پیت به دلیل داشتن تخلخل و در نتیجه قدرت تهویه و زهکشی مناسب و همچنین خصوصیات مطلوب فیزیکی و دارا بودن ظرفیت بالای تبادل عناصر غذایی عملکرد بیشتری تولید کرده است (۲۶ و ۳۴). در مطالعه حاضر همچنین درصد و سرعت بالای جوانه‌زنی نیز توانسته است در استقرار بهتر گیاه و حصول عملکرد بالاتر در این بستر کاشت مؤثر واقع شود (جدول ۳). در تحقیقات مختلف به مناسب بودن بستر کاشت پیت در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی (۱، ۲۵ و ۳۴) و گیاه برگ بیدی (۱۲) نیز اشاره شده است.

ورمی‌کمپوست و خاکبرگ نسبت به خاک رس به ترتیب ۵۸ و ۶۵ درصد وزن خشک بیشتری را نشان دادند. این دو بستر

(ورمی‌کمپوست و خاکبرگ) بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بعد از پیت در مقام دوم قرار داشتند (جدول ۲). تیسوی و همکاران (۳۲) بیان کردند در بسترهای کاشتی که میکروارگانیسم‌ها به طور مستقیم در آنها فعالیت دارند مانند بستر ورمی‌کمپوست معمولاً از طریق تأثیر روی ساخت هورمون‌هایی مثل اکسین سبب افزایش رشد و تولید بیشتر ماده خشک می‌شوند.

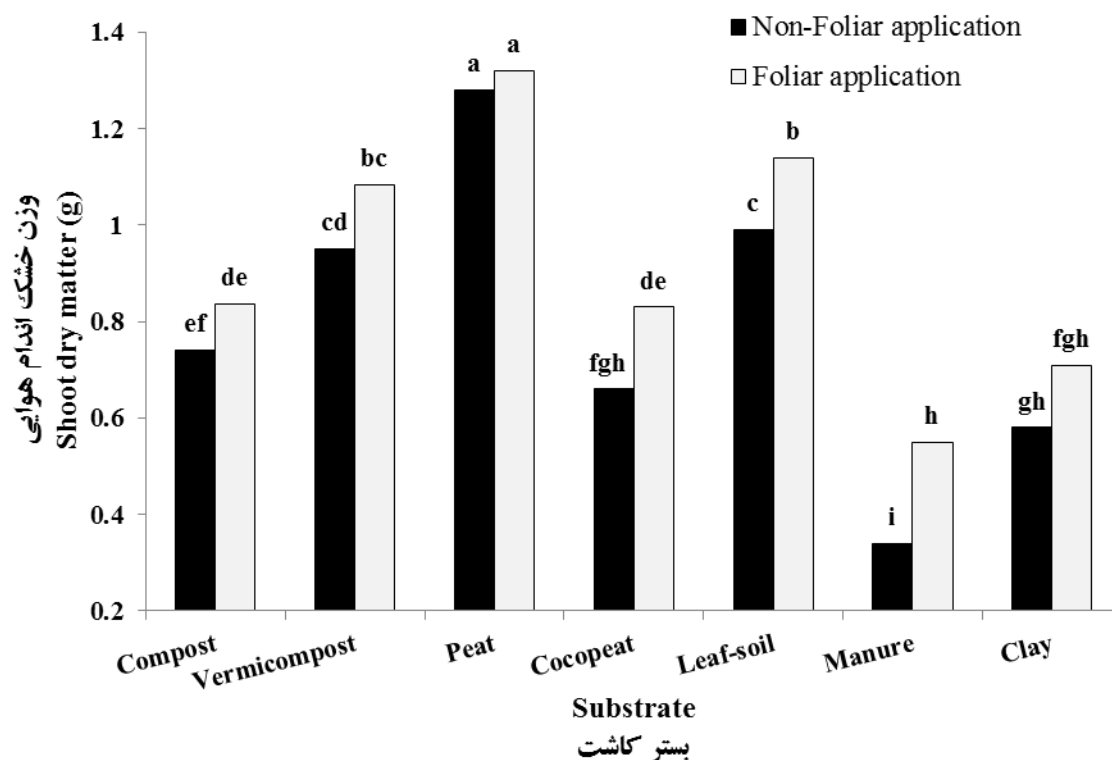
ملافیلایی (۲۱) مصرف کود دامی را نسبت به سایر بسترهای کشت توصیه نمود. با این حال در ارتباط با کود دامی باید به پوسیده بودن این بستر توجه کافی شود، زیرا کود دامی تازه به دلیل بهبود در رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکری و در نتیجه غیرمتحرک کردن نیتروژن خاک در بدن موجودات خاکری نمی‌تواند تأثیر مثبتی بر خصوصیات رشدی و عملکرد محصول داشته باشد. به نظر می‌رسد کود مورد استفاده در مطالعه حاضر نیز بطور کامل پوسیده نبوده است. مصرف اسید هیومیک نسبت به عدم مصرف آن سبب افزایش حدود ۲۳ درصدی وزن خشک اندام هوایی گیاه شد (جدول ۴). محققان زیادی به نقش مثبت مصرف اسید هیومیک در افزایش وزن خشک گیاهان مانند گوجه و بادمجان (۸)، ذرت و یولاف (۲۹) و گندم (۲۴ و ۲۷) اشاره کردند. پادم و همکاران (۲۳) اظهار داشتند که محلولپاشی مواد هیومیکی باعث افزایش غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها و همچنین افزایش فتوسنتز، تنفس و سنتز نوکلئیک اسیدها و جذب یون‌ها شده و به تبع آن سبب افزایش رشد و ماده خشک در گیاهان می‌گردد ایشان همچنین به وجود ترکیبات هورمونی در اسیدهای آلی مانند اسید هیومیک اشاره کردند و بیان داشتند که این ترکیبات هورمونی می‌توانند در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات باغی مؤثر واقع شوند.

جدول ۴- تأثیر محلولپاشی بر برخی صفات رشدی و بیوشیمیایی نشاء گوجه‌فرنگی

Table 4- Effect of foliar application of humic acid on some growth traits of tomato

تیمار Treatment	ارتفاع گیاهچه Plant height (cm)	سطح برگ Leaf area (cm ² /plant)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter (g)	تعداد میانگره Internodes diameter	کلروفیل a Chlorophyll a content	کارتنوئید Carotenoid content
عدم محلولپاشی Non-foliar application	9.58b	81.29b	0.75b	4.84b	1.91b	0.473b
محلولپاشی Foliar application	11.07a	92.21a	0.92a	5.22a	2.45a	0.557a

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند
Column means with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)



شکل ۱- اثر متقابل بستر کاشت و محلولپاشی اسید هیومیک بر وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی
Figure 1- Interaction effect of substrate × humic acid on dry matter of tomato

مطالعه حاضر عدم تأثیرگذاری تیمارهای مورد بررسی را شاید بتوان به طول دوره کوتاه آزمایش نسبت داد.

قطر ساقه و سطح برگ: قطر ساقه تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفت (جدول ۲). غلام نژاد و همکاران (۱۰) به عدم تأثیر نقش بستر کاشت بر قطر ساقه فلفل شیرین اشاره داشت.

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس بستر کاشت و محلولپاشی با اسید هیومیک سطح برگ را در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). بیشترین میزان سطح برگ مربوط به پیت (۱۲۵/۹ سانتی‌متر در بوته) و کمترین میزان آن در کود دامی (۲۷/۱۳ سانتی‌متر در بوته) بدون تفاوت معنی‌دار با خاک رس (۳۳/۱) مشاهده شد. روند پاسخ گیاه به محیط‌های کشت مختلف در صفت سطح برگ نیز شبیه وزن خشک اندام هوایی بود. پیت با داشتن مواد غذایی کافی و قابلیت جذب مواد غذایی بیشتر و قدرت تهویه و زهکشی بالاتر توانسته است سبب افزایش میزان سطح برگ شود. همچنین در بستر فوق سرعت و درصد سبز شدن بالا نیز عاملی بر بهبود رشد و افزایش سطح برگ بیشتر در مراحل بعدی می‌باشد.

ورمی‌کمپوست و خاکبرگ نسب به کمپوست و کوکوپیت سطح برگ را بیشتر تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۳). آرانکون و همکاران

بیشترین میزان افزایش ماده خشک در هنگام مصرف اسید هیومیک در بستر کود دامی مشاهده شد، این افزایش حدود ۶۰ درصد گزارش شده است (شکل ۱). بنظر می‌رسد بسترهای قویتر که خود مواد هیومیکی بیشتری دارند به مصرف خارجی اسید هیومیک پاسخ کمتری می‌دهند. فرناندز-اسکوبار و همکاران (۹) بامحلولپاشی اسید هیومیک روی گیاهچه‌های زیتون موجود در گلخانه دریافتند که وقتی مواد هیومیکی در گیاهان آبیاری شده با آب فاقد هر گونه عنصر معدنی مصرف شدند عملکرد به میزان قابل توجهی افزایش یافت در حالی که وقتی اسید هیومیک را در گیاهانی که بامحلول غذایی تغذیه می‌شدند مصرف کردند، افزایش در رشد مشاهده نشد. در مطالعه حاضر نیز اسید هیومیک تا حدودی توانسته اثر کمبود عناصر غذایی ناشی از آلی شدن در محیط کشت کود دامی را جبران کند. با این حال این جبران، نقصان موجود را بطور کامل برطرف نکرده و همچنان کود دامی به عنوان یک بستر ضعیف عمل کرده است.

وزن خشک ریشه تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفت (جدول ۱). غلام نژاد و همکاران (۱۰) به تأثیر بستر کاشت بر رشد ریشه گیاهچه‌های فلفل شیرین اشاره کردند. ایشان به نقل از یان و مورفی (۳۳) وجود تخلخل بیشتر در بسترهایی مانند پیت و کوکوپیت را عامل رشد بهتر ریشه گیاهان دانستند، با این حال در

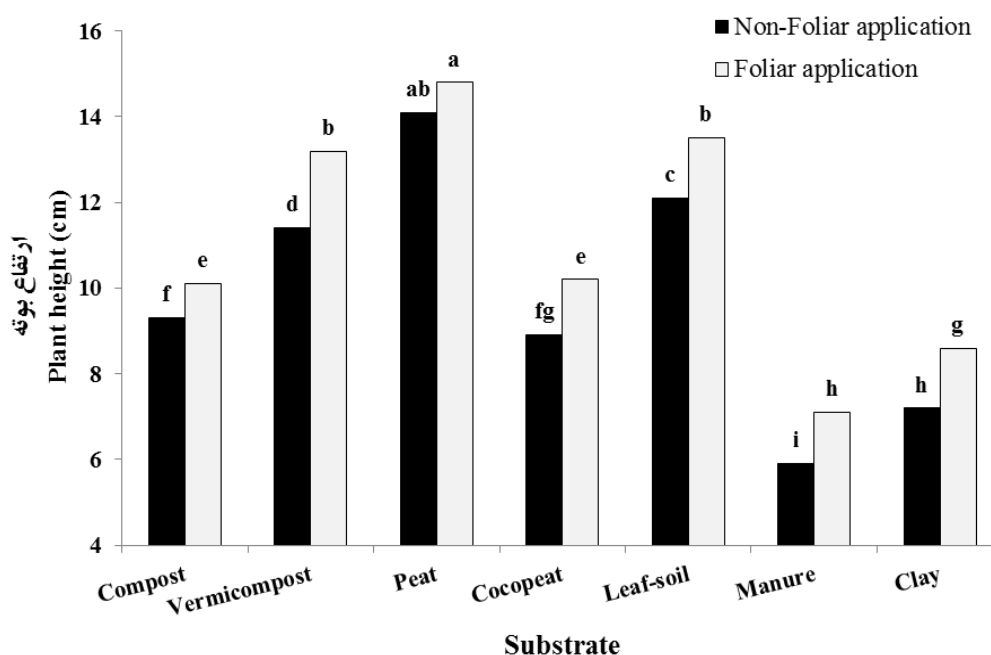
گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی شدند (جدول ۳). هوموسی شدن مواد آلی موجود در بسترهای کشت فوق سبب افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها و افزایش حضور بیشتر اسید هیومیک در خاک شده و به دنبال آن تولید اکسین، جیبرلین و سیتوکنین افزایش یافته و اسید هیومیک موجود در این بسترها بطور غیرمستقیم سبب افزایش ارتفاع می‌شود (۷). زالر (۳۴) به تأثیر بیشتر پیت روی گلدهی گیاهچه گوجه‌فرنگی نسبت به ورمی کمپوست اشاره داشت. اقحوانی شجری و همکاران (۱) به تأثیر بیشتر پیت بر ارتفاع گیاهچه نسبت به کوکوپیت و خاک باغچه در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی اشاره کردند. اثر بستر کاشت بر ارتفاع گیاهچه‌های گل کلم (۱۴)، برخی ارقام گوجه‌فرنگی (۳۴)، فلفل شیرین و عروسک پشت پرده (۲۰) نیز به اثبات رسید. با این حال، یان و مورفی (۳۵) به عدم تأثیر بستر کشت کوکوپیت بر ارتفاع گوجه‌فرنگی و غلام نژاد و همکاران (۱۰) به عدم تأثیر بسترهای کشت کوکوپیت و ورمی کمپوست در فلفل شیرین اشاره کردند. محلولپاشی با اسید هیومیک سبب افزایش ۱۵ درصدی در ارتفاع گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی نسبت به عدم پاشش این ماده گردید (جدول ۴). افزایش ارتفاع گیاه با مصرف اسید هیومیک در ذرت (۱۰)، گندم (۲۴ و ۲۷) منداب (۴) و گوجه و بادمجان (۸) گزارش شده است. بسترهای کود دامی و رس در هنگام مصرف اسید هیومیک نسبت به عدم مصرف آن به ترتیب ۲۰ و ۱۹ درصد افزایش در ارتفاع گیاهچه نشان دادند (شکل ۲). کمترین میزان افزایش (۰/۰۴ درصد) در بستر پیت مشاهده شد.

(۵) علت افزایش سطح برگ گیاه در بسترهای خاک برگ و ورمی کمپوست را به قابلیت بیشتر جذب عناصر غذایی نسبت نمی‌دهند بلکه عامل این افزایش از دیدگاه آنان افزایش در فعالیت میکروارگانیسم‌های بستر مورد نظر می‌باشد. به عبارتی آنها معتقدند که میکروارگانیسم‌ها می‌توانند به طور غیرمستقیم هورمون‌های گیاهی مانند ایندول استیک اسید را تحت تأثیر قرار داده و به دنبال آن سبب افزایش سطح برگ و افزایش در وزن خشک گیاه شوند.

محلولپاشی با اسید هیومیک سبب افزایش حدود ۱۴ درصد در سطح برگ گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی نسبت به عدم محلولپاشی شد (جدول ۴). محلولپاشی اسید هیومیک در هنگام گسترش برگ سبب افزایش سریع تر سطح برگ شده و به دنبال آن عملکرد ماده خشک را نیز افزایش می‌دهد. قربانی و همکاران (۱۱) به نقل از آلبیارک و کاماس (۴) یکی از دلایل افزایش سطح برگ در هنگام محلولپاشی اسید هیومیک را افزایش محتوای نیتروژن گیاه گزارش کردند. افزایش شاخص سطح برگ با حذف اسید هیومیک در مطالعات زیادی گزارش شده است (۱۱، ۲۴ و ۲۷).

برهمکنش بستر کاشت و محلولپاشی اسید هیومیک تأثیر معنی داری بر میزان سطح برگ نداشت (جدول ۲).

ارتفاع گیاهچه و تعداد میانگین بستر کاشت: بستر کاشت، محلولپاشی و اثر متقابل بستر در محلولپاشی بر ارتفاع گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). پیت، خاکبرگ و ورمی کمپوست نسبت به خاک رس به ترتیب سبب افزایش ۷۱، ۶۲ و ۵۱ درصدی در ارتفاع

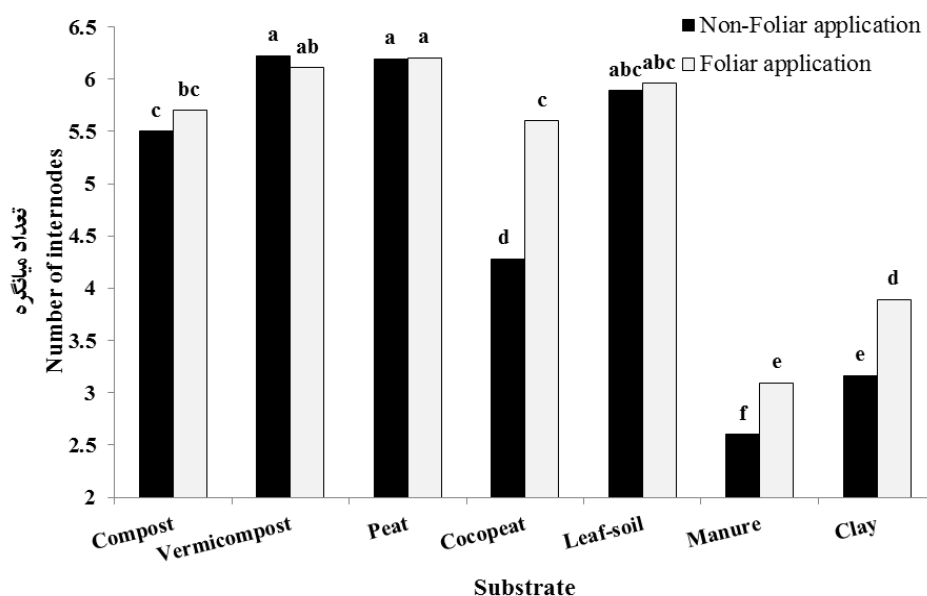


شکل ۲- اثر متقابل بستر کاشت × محلولپاشی اسید هیومیک بر ارتفاع بوته گوجه‌فرنگی
Figure 2- Interaction effect of substrate × humic acid on plant height of tomato

همکاران (۱) نیز به تعداد میانگرمه بیشتر در بستر کشت پیت نسبت به کوکوپیت در گیاه گوجه‌فرنگی اشاره کردند.

محلولپاشی اسید هیومیک باعث افزایش حدود ۱۰ درصدی تعداد میانگرمه نسبت به عدم محلولپاشی این ماده در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی شد (جدول ۴). بیشترین میزان افزایش تعداد میانگرمه با مصرف اسید هیومیک در محیط‌های رس و کود دامی و کمترین آن در محیط پیت مشاهده شد (شکل ۳). در این صفت نیز مانند صفات دیگر بسترهای ضعیف‌تر نسبت به بسترهای قوی‌تر واکنش بیشتری به مصرف ماده کمکی اسید هیومیک داده‌اند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تعداد میانگرمه تحت تأثیر بستر کاشت، محلولپاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). بسترهای پیت، ورمی‌کمپوست و خاکبرگ بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر به ترتیب ۶/۱۹، ۶/۱۷ و ۵/۹۳ بیشترین تعداد میانگرمه را نشان دادند. کمترین تعداد میانگرمه در کود دامی (۲/۵۸) و خاک رس (۳/۵۲) مشاهده شد. افزایش طول گیاهچه در محیط‌های کشت ورمی‌کمپوست و خاکبرگ بیشتر از طریق افزایش در تعداد میانگرمه بوده و فاصله بین گره‌ها کمتر افزایش یافته‌اند. اقحوانی شجری و



شکل ۳- اثر متقابل بستر کاشت × محلولپاشی بر تعداد میانگرمه
Figure 3- Interaction effect of substrate × humic acid on internodes of tomato

شد که افزایش جذب آهن و منگنز را دلیل مناسبی برای افزایش غلظت کلروفیل دانستند. افزایش غلظت کلروفیل با مصرف اسید هیومیک در مطالعات مختلف به اثبات رسید (۱۱، ۲۴ و ۲۷). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که کلروفیل b تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفت (جدول ۵). عدم تأثیرگذاری بستر کاشت بر شاخص‌های کلروفیل در برخی مطالعات دیگر فلفل شیرین (۳ و ۱۰) و عروسک پشت پرده (۲۰) نیز گزارش شده است.

کاروتنوئید تحت تأثیر بستر کاشت و محلولپاشی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین میزان کاروتنوئید در بستر کود دامی و رس بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر مشاهده شد (شکل ۵). افزایش میزان کاروتنوئید در بسترهای ضعیف‌تر را می‌توان به

شاخص کلروفیل: تأثیر محلولپاشی و بستر کاشت بر کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر متقابل محلولپاشی در بستر کاشت تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل a نداشت (جدول ۵). بسترهای ورمی‌کمپوست (۲/۵۸)، پیت (۲/۵۵) و خاکبرگ (۲/۵۱) بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بیشترین میزان کلروفیل a را نشان دادند (شکل ۴). شاید بتوان بالاتر بودن کلروفیل a در بسترهای فوق را به بالاتر بودن درصد و سرعت سبز شدن و همچنین سایر شاخص‌های رشد نسبت داد.

محلولپاشی اسید هیومیک نسبت به عدم محلولپاشی در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی باعث افزایش ۲۸ درصدی در میزان کلروفیل a شد (جدول ۵). قربانی و همکاران (۱۱) بیان کردند که اسید هیومیک سبب افزایش جذب آهن، روی، مس و منگنز توسط گیاهچه‌های خیار

نقش آنتی اکسیدانی آن نسبت داد، بالین حال میزان این افزایش
محلولپاشی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی نسبت به عدم محلولپاشی سبب
ضعف بسترهای مذکور را به طور کامل برطرف نکرده است. افزایش حدود ۱۷ درصد در میزان کاروتنوئید شد.

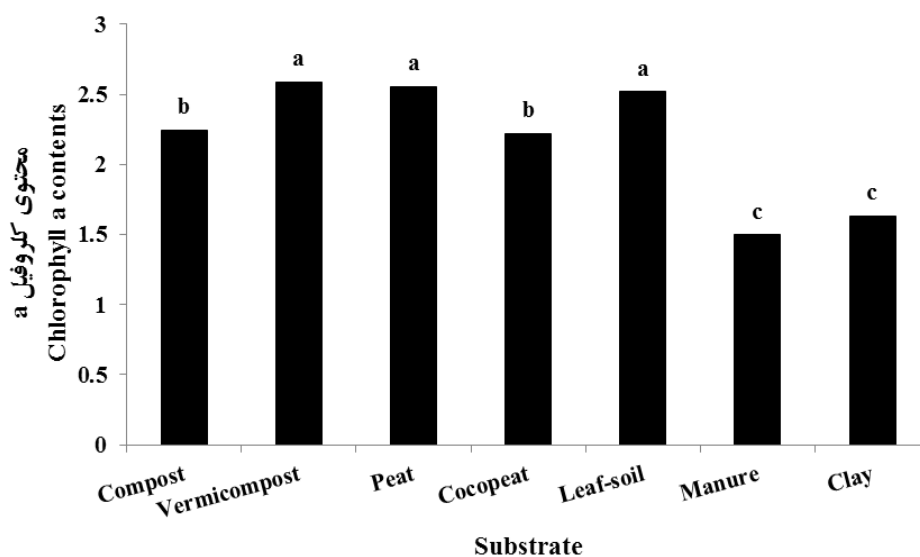
جدول ۵- تجزیه واریانس ویژگی‌های بیوشیمیایی نشاء گوجه‌فرنگی

Table 5- Analysis of variance of biochemical traits of tomato

تیمار Treatment	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares		
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoid
بستر کاشت Substrate (A)	6	1.19**	0.028ns	0.308**
اسیدهیومیک Humic acid (B)	1	3.08**	0.040ns	0.074**
A × B	6	0.049ns	0.013ns	0.006ns
خطا Error	56	0.021	0.022	0.011

*, **, ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری

*, **, and ns: Significantly at 5% and 1% and non-significant



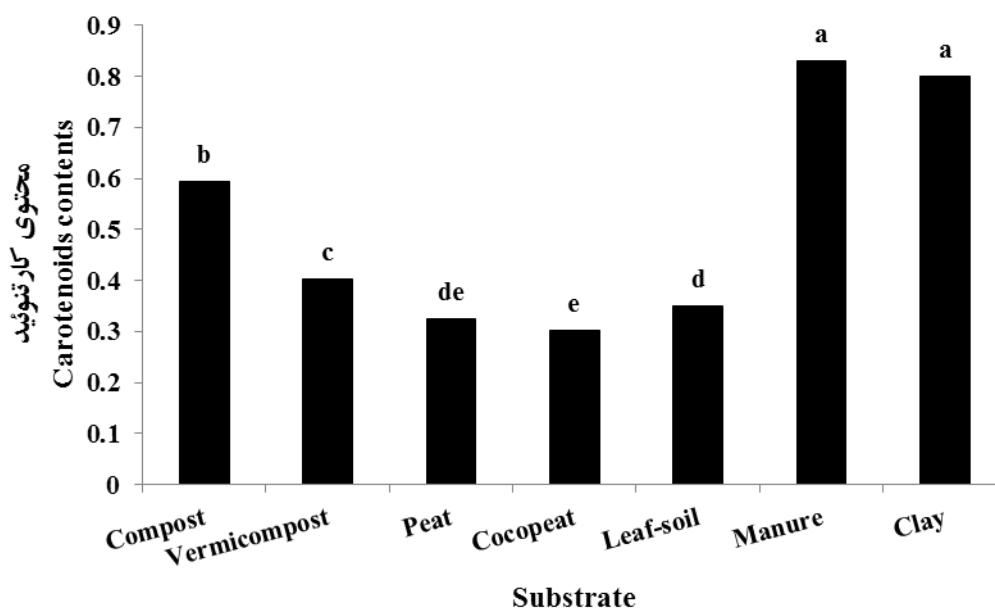
شکل ۴- تأثیر انواع بستر کاشت بر میزان کلروفیل a در نشاء گوجه‌فرنگی

Figure 4- Effect of various substrates on chlorophyll a contents of tomato

نتیجه‌گیری

با توجه به سایر شاخص‌های رشد شاید بتوان خاکبرگ و ورمی‌کمپوست را در گروه بعد از پیت قرار داد. کمپوست و کوکوپیت در بیشتر صفات تقریباً شبیه هم عمل کردند. با توجه به نتایج حاصل کود دامی و خاک رس به عنوان ضعیف‌ترین بسترها معرفی شدند. کود دامی مورد مطالعه در این پژوهش به دلیل عدم پوسیدگی کامل بستر بسیار ضعیفی بوده است. در این بستر بازدارنده‌های جوانه‌زنی در مرحله اول و رقابت موجود برای مواد غذایی در مراحل بعدی رشد به گیاهچه‌ها آسیب جدی وارد کرده است.

با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر بستر کشت پیت نسبت به بقیه بسترها برای کشت گوجه‌فرنگی محیط مناسبی است. بذور گوجه‌فرنگی در بستر پیت با توجه به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی محیط بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را نشان دادند. این بستر در بقیه شاخص‌های رشد نیز بهتر از بقیه شاخص‌ها عمل کرد. کوکوپیت در درصد و سرعت جوانه‌زنی تقریباً شبیه پیت بود ولی در بقیه صفات بسیار ضعیف عمل کرد.



شکل ۵- تأثیر انواع بستر کاشت بر میزان کارتنوئید در نشاء گوجه‌فرنگی
Figure 5- Effect of various substrates on carotenoid contents of tomato

ضعیف مانند خاک رس و کود دامی نسبت به محلولپاشی اسید هیومیک پاسخ بهتری دادند.

همچنین نتایج نشان داد که محلولپاشی نسبت به عدم محلولپاشی سبب بهبود کلیه شاخص‌های رشد شد. البته بسترهای

منابع

- 1- Aghhavan Shajari M., Nemati S.H., Mehrbakhsh M.M., Fallahi J., and Haghighi Tajvar F. 2012. Effects of Different Substrates and Irrigation on Seedling Growth Indices of Different Cultivars of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) in Greenhouse. Journal of Horticultural Science, 26: 87-95. (in Persian with English abstract)
- 2- Agrawal R.L. 1991. Seed Technology. Oxford and IBH publ, 658 p.
- 3- Albaho M., Bhat N., Abo-Rezq H., and Thomas B. 2009. Effect of Three Different Substrates on Growth and Yield of Two Cultivars of *Capsicum annuum*. Scientific Research, 28: 227-233.
- 4- Albayrak S., and Camas N. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield component of forage turpin (*Brassica rapa* L). Journal of Agronomy, 42: 130-133.
- 5- Arancon N.Q., Edwards P., Atiyeh R.M., and Metzger J.D. 2004. Effect of vermicompost produced from food wasters on the growth and yield of greenhouse pepper. Bioresource Technology, 93: 139-143.
- 6- Azizi M., Rezwanee F., Hassanzadeh Khayat M., Lackzian A., and Neamati H. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita*) C.V. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24: 82-93. (in Persian with English abstract)
- 7- Casenva de Sanfilippo E., Arguello J.A., Abdala G., and Orioli G.A. 1990. Content of Auxin, inhibitor and Gibberlin like substances in humic acids. Biological Plantarum, 32: 346-351.
- 8- Dursun A., and Guvenc I. 2000. Effects of different levels of humic acid on seedling growth of tomato and eggplant. ISHS Acta Horticulturae, 491. International Symposium Greenhouse Management for Better Yield & Quality in Mild Winter Climates.
- 9- Fernandez-Escobar R., Benlloch M., Barranco D., Duenas A., and Gutierrez Ganan J.A. 1996. Response of olive trees to foliar application of humic substances extracted from leonardite. Scientia Horticulture, 66, 191-200.
- 10- Gholamnejad S. Arouiee H., and Nemati S.H. 2012. Effect of Different Ratios of Coco peat and Vermi compost as a Cultural Media on Seed Emergence and some Qualitative and Quantitative Characteristics of Sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) Transplants. Journal of Horticultural Science, 25: 369-375. (in Persian with English abstract)

- 11- Ghorbani S., Khazaei H.R., Kafi M., Banayan Aval M., and Sadeghi Shoaie M. 2014. Effect of foliar application of humic acid on yield, yield components and growth indices of maize. *Journal of Crop Production Research*, 5: 325-338. (in Persian with English abstract)
- 12- Gouin F.R. 1985. Growth of hardy chrysanthemums in containers of media amended with composted municipal sewage sludge. *Journal of Environmental Horticulture*, 3:53-55.
- 13- Hidalgo P., Sindoni M., Matta F., and Nagel D.H. 2002. Earthworm Casting Increase Germination Rate and Seedling Development of cucumber. Volume 22, Issue 6 of Research report (Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station). 5p.
- 14- Kahn B.A., Hyde J.K., Cole J.C., Stoffella P.J., and Graetz D.A. 2005. Replacement of a peat-lite medium with compost for cauliflower transplant production. *Compost Science and Utilization*, 13:175-179.
- 15- Lichtenthaler H.K. 1994. Chlorophylls and carotenoid pigments of photosynthetic Biol. Membrane. *Method in Enzymology*, 148: 350-382.
- 16- Liu C., Cooper R.J., and Bowman D.C. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. *Horticultural Science*, 36(6):1023-1025
- 17- Lobartini J.C., Tan K.H., and Pape C. 1998. Dissolution of aluminum and iron phosphate by humic acids. *Soil Science*, 29: 535-544.
- 18- Maccarthy P. 2001. The principles of humic substances. *Soil Science*, 166: 738-751.
- 19- Maguire J.D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- 20- Mohammadi H., Tabrizi L., and Salehi R. 2015. Effect of different ratio of vermicompost in growth media on seedling development of gooseberry (*Physalis peruviana* L.) *Iranian Journal of Horticultural Science*, 5: 383-390. (in Persian with English abstract)
- 21- Mollafilabi A. 2005. Effect of different mulches on Garlic yield. 5th national conference of sustainable development of medicinal plants. Mashhad. (in Persian with English abstract)
- 22- Nambiar E.K.S., and Fife D.N. 2007. Growth and nutrient retranslocation in needles of radiata pine in relation to nitrogen supply. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 147-156.
- 23- Padem H., Ocal A., and Alan R. 1999. Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. *ISHS Acta Hort.* 491. International Symposium Greenhouse Management for Better Yield & Quality in Mild Winter Climates.
- 24- Parvazi Shandi S., Pazoki A.R., Asgharzadeh A., Azadi A., and Paknejad F. 2013. Effect of irrigation interval, humic acid and plant growth promoting rhizobacteria on physiological characteristics of Kavir cultivar wheat in. *Crop Physiology*, 5: 19-33. (in Persian with English abstract)
- 25- Pill W.G., and Goldberger B.C. 2009. Growth of Tomato in Biosolids-Woodchip Co-compost with Varying Proportions of Peat Moss and Perlite Subjected to two fertilization regimes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40: 2440-2459.
- 26- Raviv M., Chen Y., and Inbar Y. 1986. The use of peat and composts as growth media for container-grown plants. In: Chen, Y., Avnimelech, Y. (Eds.), *The Role of Organic Matter in Modern Agriculture*. Martinus Nijhoff Publication., Dordrecht, pp 257-287.
- 27- Sabzevari S., and Khazaei H.R. 2009. The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology*, 1: 53-63. (in Persian with English abstract)
- 28- Samavat S., Lakzian A., and Zamirpoor A. 2007. Effect of vermin-compost on growth characteristics of tomato. *Journal of Horticultural Science*, 15: 83-89.
- 29- Sharif M., Khattak R.A., and Sarir M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Plant Analysis*, 33: 3567-3580.
- 30- Shirzad S., Aruei H., and Daliri Moghaddam R. 2012. Effect of manure extract and salinity stress on germination characteristics on growth of *Salvia officinalis*. *Plant Science Researches*, 7: 25-34. (in Persian with English abstract)
- 31- Treder J. 2008. The effects of cocopeat and fertilization on the growth and flowering of oriental lily "star gazar." *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16: 361-370.
- 32- Tsui C. 1948. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. *American Journal of Botany*, 35:172-179.
- 33- Yan P.Y., and Murphy R.J. 2008. Biodegraded cocopeat as a Horticultural substrate. *Acta Horticulture*, 517p.
- 34- Zaller G.J. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass and allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*, 112: 191-199.



Effects of Various Substrates and Foliar Application of Humic Acid on Growth and some Qualitative and Quantitative Characteristics of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Seedling

N. Pourghasemian^{1*}- M. Naghizadeh²- R. Moradi³- M. Salari⁴

Received: 27-07-2016

Accepted: 29-11-2017

Introduction: Successful greenhouse and nursery production of plants is largely dependent on the chemical and physical properties of the growing substrate. An ideal potting substrate should be free of weeds and diseases, heavy enough to avoid frequent tipping over and yet light enough to facilitate handling and shipping. The substrate should also be well drained and yet retain sufficient water to reduce the frequency of watering. Other parameters to consider include cost, availability, consistency between batches and stability in the media over time. Greenhouse crops in general, have higher nutrient demands than field grown crops. Therefore, in order to optimize production it is essential to focus on the growing substrate and fertilization. The physical properties of the growing medium are important parameters for successful plant growth, as these are related to the ability to adequately store and supply air and water to plants. Humic acid is a principal component of humic substances, which are the major organic constituents of soil (humus), peat and coal. It is also a major organic constituent of many upland streams, dystrophic lakes, and ocean water. It is produced by biodegradation of dead organic matter. It is not a single acid, but it is a complex mixture of many different acids containing carboxyl and phenolate groups so that the mixture behaves functionally as a dibasic acid or occasionally as a tribasic acid. Humic acids can form complexes with ions that are commonly found in the environment creating humic colloids. Humic and fulvic acids (fulvic acids are humic acids with lower molecular weight and higher oxygen content than other humic acids) are commonly used as a soil supplement in agriculture. Humic Plus contains humic acid, fulvic acid, macro micro nutrients and proprietary constituents essential for plant growth. Organic matter soil amendments have been known by farmers to be beneficial to plant growth for longer than recorded history. However, the chemistry and function of the organic matter have been a subject of controversy since humans began their postulating about it in the 18th century. Selection of the proper media components is critical to the successful production of plants. So, the objective of this study was to assess the effect of humic acid foliar application and various substrate on quantitative and qualitative characteristics of tomato seedling.

Material and Methods: The experiment was conducted in a greenhouse at Bardsir Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman in 2015, as a factorial arrangement based on completely randomized design with five replications. The experimental treatments were substrate in 7 levels (peat, coco-peat, leaf-soil, compost, vermi-compost, manure and clay soil), humic acid in two levels (foliar application and non- foliar application). After preparation of substrates, plastic boxes with 12 cm diameter and 10 cm height were chosen. After extracting gravity water, tomato (cv. Canyon) seeds were sown in pots. Rain irrigation was done daily. Foliar application of humic acid with concentration of 0.001 liter was performed from seedling emergence to transplanting every two days. The germinated seeds was daily counted and number and rate of seed emergence was estimated. Plant height, stem diameter, number of internodes, leaf area, shoot and root dry matter and chlorophyll contents were calculated at transplanting time of seedling.

Results and Discussion: The substrate treatment had a significant effect on rate and percent of germination, plant height, shoot dry matter, leaf area, number of internodes and, chlorophyll a and carotenoid contents.

1, 2 and 3- Assistant Professors, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

(*- Corresponding Author Email: n.pourghasemian@uk.ac.ir)

4- Gratuated Student, Department of Plant Production, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran, (Young Researchers Society)

According to the results, the greatest and smallest rate and percent of germination was found in peat and manure treatments, respectively. Also the greatest shoot dry matter (1.17 g), leaf area (125.9 cm plant⁻¹), number of internodes (6.19), plant height (13.51 cm) and chlorophyll a concentration (2.55 µg/ml) were observed for peat substrate. Manure and clay soil substrates showed the smallest of these measurements and carotenoid contents. It seems that physical characteristics of peat was better than other substrates. Plant height, shoot dry matter, leaf area, number of internodes, chlorophyll a and carotenoid contents showed a significant effect by humic acid application. Foliar application of humic acid significantly increased the mentioned traits.

Conclusion: The results illustrated that between substrates in this study, peat was the best for seedling production of tomato. Foliar application of humic acid had a positive effect in improving growth characteristics of tomato seedling.

Keywords: Chlorophyll, Dry matter Leaf area, Emergence, Internodes



تأثیر پلیمرهای سوپرجاذب بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی ارقام باغملک و دزفول زیتون تحت شرایط کم آبی

اسماعیل خالقی^{۱*} - نوراله معلمی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۵

چکیده

پژوهشی به منظور بررسی اثر پنج سطح مختلف پلیمر سوپرجاذب آ-۲۰۰ (۰، ۱، ۲، ۳، ۴ گرم پلیمر به ازاء هر کیلوگرم خاک) و سه سطح آبیاری [۱۰۰ درصد به عنوان شاهد، ۶۵ درصد و ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه (ETcrop)] و دو رقم زیتون (باغملک و دزفول) بر روی شاخص‌های مورفولوژیکی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به اجرا درآمد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر متقابل آبیاری × پلیمر بر شاخص‌های وزن تر بخش هوایی، وزن تر برگ، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک برگ، ارتفاع گیاه و نسبت سطح برگ در سطح ۱ درصد و بر سطح برگ در سطح ۵ درصد مؤثر بود در حالی که اثر متقابل آبیاری × رقم فقط بر تعداد برگ در سطح ۱ درصد مؤثر بود. همچنین اثر پلیمر × رقم بر سطح برگ و نسبت سطح برگ در سطح ۵ درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد مؤثر بود. اثر متقابل بین تیمارهای آبیاری × پلیمر × رقم بر وزن تر ریشه در سطح ۵ درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد مؤثر بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × پلیمر نشان داد که کمترین مقدار وزن تر بخش هوایی (۱۹/۷۲ گرم)، وزن خشک بخش هوایی (۱۲/۹۴ گرم)، وزن تر و خشک برگ (۱۵/۶ و ۱۰/۱۲ گرم)، سطح برگ (۲۱۰/۵۵ سانتی‌متر مربع) و نسبت سطح برگ (۶/۰۲) در گیاهان تیمار نشده با پلیمر و آبیاری شده با ETcrop ۳۰ درصد گزارش شد. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × رقم نشان داد که بیشترین تعداد برگ در رقم باغملک با آبیاری نرمال (۴۶۵) و کمترین تعداد برگ مربوط به رقم دزفول با آبیاری ETcrop ۳۰ درصد (۳۲۸/۱۳) بدست آمد. اثر متقابل آبیاری × پلیمر سوپرجاذب × رقم فقط بر وزن تر و خشک ریشه و ارتفاع گیاه مؤثر بود به طوری که در هر دو رقم با کاهش میزان آب از مقادیر وزن تر و خشک ریشه و ارتفاع گیاه کاسته شده اما این میزان کاهش با اضافه شدن سطح بالاتری از پلیمر به خاک از مقدار کمتری در هر سطح آبیاری برخوردار بود. در رقم باغملک با کاهش ۷۰ درصدی آب و افزایش ۴ برابری پلیمر نسبت به حالت شاهد (آبیاری کامل، عدم پلیمر) مقدار کاهش در وزن تر و خشک ریشه و ارتفاع گیاه به ترتیب ۳۶، ۴۹/۷ و ۲۷ درصد و در رقم دزفول به ترتیب ۲۳/۲۱، ۵۶/۲۱ و ۳۶ درصد گزارش گردید. با توجه به نتایج می‌توان انتظار داشت که در مناطقی که با تنش خشکی و کمبود بارندگی مواجهه هستند از پلیمرهای سوپرجاذب به منظور تعدیل تنش خشکی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، تنش، خصوصیات رشدی

مقدمه

کلی، تحقیقات انجام شده بیانگر نقش تخریبی کاهش آب بر بسیاری از پارامترهای رشد و فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان است. به طوری که پژوهش‌ها نشان داده است که اولین واکنش گیاهان در برابر تنش خشکی کاهش رشد رویشی است (۳۸). تنش خشکی با تأثیرگذاری بر خصوصیات رویشی درختان زیتون منجر به کاهش سطح برگ، ریزش برگ، کاهش ارتفاع، کاهش تعداد برگ، کاهش وزن خشک و تر ریشه و ساقه و برگ در اکثر ارقام زیتون می‌شود (۹، ۱۹، ۳۱ و ۴۴). همچنین مشخص شده است که رشد گیاهان در شرایط تنش خشکی به دلیل محدود شدن فتوسنتز، آن‌هم به واسطه کاهش نفوذ CO₂ به داخل روزنه‌ها و فضای بین سلولی کاهش پیدا می‌کند (۳، ۲۱ و ۲۲).

با توجه به اینکه کشور ایران از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد، محدود بودن نزولات جوی از یک سو و پراکنش نامناسب بارندگی همراه با دوره‌های گرم و خشک طولانی از سوی دیگر، شرایط محیطی سختی را برای استقرار گیاهان به خصوص در مناطق خشک همراه با تنش خشکی ایجاد کرده است (۴ و ۵). به طور

۱ و ۲- استادیار و استاد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

(*)- نویسنده مسئول
(Email: khaleghi@scu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.57244

سوپر جاذب داشت. نتایج بررسی عابدی کوهپایه‌ای و اسد کاظمی (۱) نشان داد که استفاده از ۴ و ۶ گرم سوپر جاذب (سوپر آب A200) باعث کاهش یک سوم تقاضای آبیاری در گیاه سرو نسبت به شاهد شد. دیگر مطالعات نیز بیانگر اثر مثبت استفاده از سوپر جاذب‌ها در افزایش شاخص‌های رشدی در گیاهانی از قبیل گل داوودی، سویا، ذرت علوفه‌ای، اکالیپتوس، کاج، شمعدانی، کروتون، برگ نو و زیتون در شرایط تنش خشکی یا کم آبیاری بود (۵، ۶، ۱۰، ۲۳، ۴۰ و ۴۳). با عنایت به مطالب فوق‌الذکر و به دلیل وجود اطلاعات اندک در خصوص اثر پلیمرهای سوپر جاذب بر خصوصیات رشدی ارقام مختلف زیتون تحت شرایط تنش کم‌آبی لذا پژوهشی با هدف بررسی تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب بر خصوصیات رشدی دو رقم محلی زیتون (باغملک و دزفول) تحت شرایط کم‌آبی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

پژوهشی به منظور بررسی اثر پنج سطح مختلف پلیمر سوپر جاذب آ ۲۰۰ (۰، ۱، ۲، ۳، ۴ گرم پلیمر به اجزاء هر کیلوگرم خاک)، طی سه سطح آبیاری [۱۰۰ به عنوان شاهد، ۶۵ و ۳۰ درصد پتانسیل تبخیر و تعرق (ETcrop)] بر روی خصوصیات مورفولوژیکی دو رقم زیتون مرغوب و شناخته شده منطقه (باغملک و دزفول) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در دی‌ماه سال ۱۳۸۶ به مدت ۱۰ ماه به اجرا درآمد.

در این پژوهش ۹۰ نهال ۱۸ ماهه از ارقام دزفول و باغملک زیتون با قطر و ارتفاع تقریباً یکسان از مرکز تولید و پرورش نهال امام رضا واقع در باغملک (۱۳۵ کیلومتری شرق اهواز) تهیه و به منظور سازگاری با محیط به مدت یک ماه تا شروع آزمایش (بهمن‌ماه ۱۳۸۶) در گلخانه نگهداری گردید. پس از سازگاری، نهال‌های ۱۸ ماهه در ۹۰ گلدان پلاستیکی با ارتفاع ۳۵/۵ سانتی‌متر و با قطر دهانه ۲۳/۵ سانتی‌متر پر شده با مخلوط خاکی از یک سوم ماسه، یک سوم کود حیوانی پوسیده و یک سوم خاک زراعی با بافت لومی شنی و با شوری ۱/۵۶ دسی‌زیمنس بر متر همراه با پلیمر سوپر جاذب قرار داده شدند. در واقع با توجه به وزن خاک گلدان‌ها (تقریباً ۲۴/۵ کیلوگرم) سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب به مخلوط خاکی اضافه گردید. پلیمر سوپر جاذب مورد استفاده از نوع آکريل آمید اکریلات پتاسیم با نام تجاری سوپر آب A200 که از شرکت رهاب رزین (تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران) تهیه شد.

سپس تیمارهای آبیاری (۰، ۱۰۰، ۶۵ و ۳۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه) با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A و با توجه به معادلات (۱) و (۲) محاسبه (۷) و هر سه روز یک‌بار عمل آبیاری صورت گرفت.

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

(۱)

امروزه اقداماتی نظیر استفاده از کودهای سبز و آلی، مالچ‌های گیاهی و مصنوعی، ایجاد پوشش گیاهی و یا استفاده از مواد اصلاح کننده نظیر تورب، پرلایت و پلیمرهای سوپر جاذب، به منظور کاهش تبخیر آب از خاک، افزایش نگهداشت آب در خاک، کاهش رواناب سطحی و بهبود انتقال مواد غذایی مورد توجه و تحقیق بیشتری قرار گرفته است (۴، ۵، ۶ و ۴۲). پلیمرهای سوپر جاذب یا ابر جاذب‌ها، ژل‌های پلیمری آب‌دوست یا هیدروژل‌هایی می‌باشند که می‌توانند تا ۴۰۰ برابر وزن خود آب ثقلی و غیراستفاده برای گیاه را جذب نموده و در مواقع کم‌آبی به راحتی آن را در اختیار ریشه گیاه قرار داده و از تنش‌های وارده و کاهش عملکرد تا حدود زیادی جلوگیری نماید (۲، ۱۳، ۱۸ و ۳۲). این مواد در دنیا تحت نام‌های تجاری از قبیل استوکوزورب، هیدروژل، تراژل تراوت نیز شناخته می‌شوند (۴۵). سوپر جاذب‌ها موادی بی‌بو، بی‌رنگ، بدون خاصیت آلاینده‌گی در خاک، آب و گیاه می‌باشند. پلیمرهای سوپر جاذب از نظر بار الکتریکی دارای انواع آنیونی، کاتیونی و خنثی می‌باشند که نوع آنیونی آن در کشاورزی حائز اهمیت است (۱۲). سوپر جاذب‌های آنیونی با دارا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا قادر به جذب مقادیر زیادی آب و کاتیون‌های مؤثر در رشد گیاه می‌باشند که در موقع نیاز در اختیار گیاه قرار می‌گیرند (۱۴). از پلیمرهای آنیونی می‌توان به گروه پلیمر آکريل آمیدها اشاره کرد مثل آکريل آمید اکریلات پتاسیم (سوپر آب A200).

تحقیقات گسترده‌ای در خصوص استفاده سوپر جاذب‌ها جهت کاهش اثر منفی تنش خشکی بر خصوصیات رویشی و زایشی گیاهان زراعی، گیاهان زینتی و برخی از درختان میوه موجود می‌باشد، به‌طوری‌که دیویس و کاسترو-جیمز (۱۷) در بررسی اثر هیدروژل بر رشد درختچه توری کشت شده در شرایط تنش خشکی مشاهده نمود که وزن خشک شاخساره در شرایط تنش در گلدان‌های تیمار شده با هیدروژل نسبت به شرایط غیرتنش افزایش یافت. نتایج مطالعات جانسون و لیچ (۲۹) نشان داد که استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب سبب افزایش وزن خشک در گیاه گندم شد. همچنین داور پناه (۱۶) در بررسی تأثیر پنج سطح سوپر جاذب (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم) بر رشد رویشی بادام، پسته و انگور در شرایط کم آبیاری به این نتیجه رسید که مصرف ۱۵۰ گرم سوپر جاذب سبب افزایش در قطر یقه، ارتفاع و تاج پوشش هر سه گیاه شد. علاوه بر این نتایج آزمایش طلایی و اسد زاده (۳۹) نشان داد که کاربرد هیدروژل‌های سوپر جاذب می‌تواند از اثر منفی تنش خشکی ناشی از آبیاری کم را در نهال‌های زیتون کاهش دهد، به‌طوری‌که کاربرد ۰/۳ درصد وزنی پلیمر توانست سبب افزایش شاخص‌های رشدی از قبیل رشد طولی، رشد قطری، سطح برگ و تعداد شاخه نسبت به شاهد (بدون پلیمر) در نهال‌های زیتون گردد. همچنین آن‌ها گزارش نمودند که رقم مانزانیلا زیتون نسبت به ارقام زرد و دزفولی سازگاری بالاتری با پلیمرهای

پلیمر × رقم بر وزن تر ریشه در سطح ۵ درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد مؤثر بود.

اثر متقابل آبیاری × پلیمر سوپرجاذب

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر متقابل آبیاری × پلیمر سوپرجاذب فقط بر وزن تر بخش هوایی، وزن خشک بخش هوایی، وزن تر و خشک برگ، سطح برگ و نسبت سطح برگ مؤثر بود. نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد که با کاهش مقدار آبیاری، شاخص‌های فوق‌الذکر کاهش یافت اما مقدار کاهش در گیاهان تیمار شده با پلیمر سوپرجاذب در مقایسه با گیاهان تیمار نشده از شدت کمتری برخوردار بود.

کمترین مقدار وزن تر بخش هوایی (۱۹/۷۲ گرم)، وزن خشک بخش هوایی (۱۲/۹۴ گرم)، وزن تر و خشک برگ (۱۵/۶ و ۱۰/۱۲ گرم)، سطح برگ (۲۱۰/۵۵ سانتی‌متر مربع) و نسبت سطح برگ (۶/۰۲) در گیاهان تیمار نشده با پلیمر و آبیاری شده با ETcrop ۳۰ درصد گزارش شد. نتایج نشان داد که وزن تر بخش هوایی، وزن خشک بخش هوایی، وزن تر و خشک برگ، سطح برگ و نسبت سطح برگ در گیاهان آبیاری شده با ETcrop ۳۰ درصد و مصرف ۴ گرم به ازاء هر کیلوگرم خاک پلیمر به ترتیب ۲۲/۶۷، ۱۸/۶۹، ۲۰/۷۶ و ۱۴/۹۱ گرم، ۲۳۴/۱۱ سانتی‌متر مربع و ۷/۱۵ بود که نسبت گیاهانی که تحت همین رژیم آبیاری و فاقد مصرف پلیمر بودند به ترتیب افزایش ۱/۱۴، ۱/۴۴، ۱/۳۳، ۱/۴۷، ۱/۱۱ و ۱/۱۸ برابری داشت. مطالعه انجام شده بر روی گیاه زیتون نشان داد که استفاده از پلیمر سوپرجاذب به میزان ۰/۳ درصد وزنی سبب افزایش شاخص‌های رشدی از قبیل رشد طولی، رشد قطری، سطح برگ و تعداد شاخه نسبت به شاهد (بدون پلیمر) در نهال‌های زیتون گردد همچنین عابدی‌کوپای و اسد کاظمی (۱) با بررسی سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب و میزان آبیاری ۶۶ درصد، ۳۳ درصد و ۱۰۰ درصد بر روی گیاه سرو نقره‌ای به این نتیجه رسیدند که کاربرد ۴ و ۶ گرم بر کیلوگرم هیدروژل سوپرجاذب، نیاز آبی گیاه را به یک سوم کاهش داد و گیاه می‌تواند با میزان آبیاری ۳۳ درصد و با اختلاط ۴ و ۶ گرم بر کیلوگرم هیدروژل سوپرجاذب شاخص‌های رشدی مناسبی داشته باشد که این نتایج با نتایج حاضر مطابقت داشت. در واقع پلیمر سوپرجاذب به دلیل افزایش ظرفیت نگهداشت آب و در نتیجه افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی، کاهش تبخیر سطحی، افزایش تخلخل خاک، بهبود رشد عمقی ریشه (۱۷ و ۴۳) در خاک سبب کاهش و تعدیل اثرات منفی تنش آبی شده است.

$$ET_0 = K_{pan} \times E_{pan} \quad (2)$$

ET_c = میزان تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)

K_c = ضریب گیاهی

ET_0 = میزان تبخیر - تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر)

K_{pan} = ضریب تشتک تبخیر کلاس A (که در کارهای عملی

۰/۶۶ منظور می‌گردد).

E_{pan} = میزان تبخیر از تشتک تبخیر بر حسب روز

و در پایان آزمایش با جداسازی برگ‌های هر تیمار، تعداد برگ، ارتفاع گیاه و با استفاده از Leaf Area Meter مدل Delta T- Devices ساخت کشور انگلستان مساحت برگ و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن تر برگ، ریشه و بخش هوایی و با استفاده از آون (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) وزن خشک ریشه، برگ و بخش هوایی اندازه‌گیری شد. همچنین با استفاده از فرمول زیر نسبت سطح برگ (LAR) اندازه‌گیری شد (۲۴).

$$LAR = \frac{LA}{W} (Cm^2 g^{-1})$$

W = وزن خشک گیاه

LA = سطح برگ

شایان ذکر است در طی آزمایش، نهال‌های زیتون در گلخانه تحت دمای متوسط روزانه ۲۷-۳۳°C و شبانه ۱۹-۲۵°C، رطوبت نسبی ۵ ± ۲۳٪، قرار داده شده بودند و به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده، از نرم‌افزار MSTATC و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ و ۱ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

با بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشخص گردید که تیمارهای آبیاری بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱ درصد مؤثر بود. بین تیمارهای پلیمر سوپرجاذب از نظر وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه در سطح ۵ درصد و از نظر سطح برگ و نسبت سطح برگ سطح ۱ درصد تفاوت معناداری وجود داشت. همچنین بین ارقام نیز از نظر وزن تر و خشک ریشه و نسبت سطح برگ در سطح ۱ درصد و از نظر سطح برگ و ارتفاع گیاه در سطح ۵ درصد تفاوت معناداری مشاهده شد. اثر متقابل آبیاری × پلیمر بر شاخص‌های وزن تر بخش هوایی، وزن تر برگ، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک برگ، ارتفاع گیاه و نسبت سطح برگ در سطح ۱ درصد و بر سطح برگ در سطح ۵ درصد مؤثر بود در حالی که اثر متقابل آبیاری × رقم فقط بر تعداد برگ در سطح ۱ درصد مؤثر بود. همچنین اثر پلیمر × رقم بر سطح برگ و نسبت سطح برگ در سطح ۵ درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد مؤثر بود. اثر متقابل بین تیمارهای آبیاری ×

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آبیاری و پلیمر بر خصوصیات مورفولوژیکی دو رقم زیتون

Table 1- Analysis of variance of effect of irrigation and species on morphological characteristics in two olive cultivars

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares					
		وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن تر بخش هوایی Shoot fresh weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight
بلوک Block	2	660.12**	55.38	27.146	278.83**	21.94	12.19
آبیاری Irrigation	2	501.43**	182.68**	89.51**	211.82**	72.47**	40.17*
پلیمر Polymer	4	140.42*	58.11	28.47	59.29*	23.06	12.77
رقم Cultivar	1	655.18**	1.32	0.646	276.82**	0.52	0.29
آبیاری × پلیمر I×P	8	81.36	107.84**	52.84**	34.39	42.81**	23.73**
آبیاری × رقم I×C	2	108.65	13.46	6.60	45.92	5.33	2.96
پلیمر × رقم P×C	4	76.76	56.14	27.51	32.42	22.29	12.34
آبیاری × پلیمر × رقم I×P×C	8	104.50*	16.31	7.99	44.16*	6.47	3.58
خطا Error	58	39.32	24.12	11.82	16.61	9.57	5.31
ضریب تغییرات CV		27.48%	17.04%	17.04%	24.22%	14.62%	15.86%

*, **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد
*, **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آبیاری و پلیمر بر خصوصیات مورفولوژیکی دو رقم زیتون

Table 1- Analysis of variance of effect of irrigation and species on morphological characteristics in two olive cultivars

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares			
		ارتفاع Height	تعداد برگ Leaf Number	سطح برگ Leaf area	نسبت سطح برگ Leaf area ratio
بلوک Block	2	37.97	122.18	771.53	15.09*
آبیاری Irrigation	2	4787.71**	93305.41**	113344.61**	30.46**
پلیمر Polymer	4	36.67	425.74	14119.41**	16.67**
رقم Cultivar	1	101.34*	48.40	15583.29*	43.96**
آبیاری × پلیمر I×P	8	71.46**	838.10	6862.44*	13.78**
آبیاری × رقم I×C	2	42.02	5176.03**	531.93	5.63
پلیمر × رقم P×C	4	69.75**	519.93	8555.67*	11.75*
آبیاری × پلیمر × رقم I×P×C	8	54.50**	729.06	4336.40	4.94
خطا Error	58	18.33	706.14	2603.61	4.32
ضریب تغییرات CV		5.06%	6.64%	17.37%	25.96%

*, **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد
*, **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- اثر متقابل بین آبیاری × پلیمر بر خصوصیات مورفولوژیکی زیتون

Table 2- Effect of interaction between irrigation × polymer on olive morphological characteristics

آبیاری Irrigation (mm)	پلیمر Polymer (g/Kg)	وزن تر بخش هوایی Shoot dry weight (g)	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight (g)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	سطح برگ Leaf area (cm ²)	نسبت سطح برگ Leaf area ratio
100%ETcrop	0	34.62ab	24.81a	24.23ab	17.24ab	305.56abc	10.60a
	1	35.60a	25.46a	24.95a	17.72a	309.42a	10.43a
	2	33.17bcd	22.00bc	23.12bcd	16.65abc	300.15de	9.16b
	3	32.49d	22.84b	22.04de	16.76abc	308.13ab	9.37b
	4	33.82bc	21.00cd	23.67bc	17.17ab	301.82bcd	10.21a
65%ETcrop	0	24.66h	18.53ef	17.25i	12.56g	263.5h	7.55de
	1	27.13g	19.72de	23.02cd	16.43bc	292.03f	8.31c
	2	29.16f	19.92d	22.14de	15.83cde	280.73g	7.99cd
	3	31.63e	20.09d	21.44ef	13.72f	301.29cd	7.91cd
	4	32.9cd	21.37c	20.41gh	14.67ef	295.64ef	7.78de
30%ETcrop	0	19.72j	12.94g	15.60j	10.12h	210.55l	6.02g
	1	23.81hi	18.00f	16.67i	12.16g	225.92j	7.01f
	2	24.59hi	19.27de	21.41efg	15.34de	220.31k	7.22ef
	3	23.40hi	17.74f	19.98h	11.97g	225.75j	7.31ef
	4	22.67i	18.69ef	20.76fgh	14.91e	234.11i	7.15f

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند
 Within each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.01$) based on Duncan's multiple range test

اثر متقابل آبیاری × رقم

آبیاری شده، کاهش یافت. نتایج مشابهی نیز در خصوص کاهش تعداد برگ در ارقام زرد، دزفول و مانزانیلا زیتون تحت شرایط تنش خشکی توسط طلایی و اسد زاده (۳۹) گزارش شد. به طوری که آنها اشاره کردند که با کاهش ۷۰ درصدی آب، سطح برگ و تعداد برگ در ارقام زرد، دزفول و مانزانیلا کاهش یافت. همچنین یافته‌های خالقی و همکاران (۳۱) بر روی رقم دزفول، ارجی و ارزانی (۹) بر روی ارقام بلیدی و میشن زیتون نشان داد که کاهش آبیاری موجب کاهش تعداد برگ در ارقام فوق‌الذکر زیتون شد که این نتایج حاکی از کاهش تعداد برگ در شرایط تنش خشکی می‌باشد که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

با بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشخص گردید که اثر متقابل آبیاری × رقم فقط بر تعداد برگ در سطح ۱ درصد مؤثر بود. مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × رقم (جدول ۳) نشان داد که در هر دو رقم با کاهش مقدار آب از تعداد برگ کاسته شد. بیشترین تعداد برگ در رقم باغملک با آبیاری نرمال (۴۶۵) و کمترین تعداد برگ مربوط به رقم دزفول با آبیاری ETcrop ۳۰ درصد (۳۲۸/۱۳) بدست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که با کاهش ۷۰٪ آب (از ۱۰۰ به ۳۰ درصد پتانسیل تبخیر و تعرق)، تعداد برگ در رقم باغملک ۲۳ درصد و در رقم دزفول ۲۵/۵ درصد، در مقایسه با گیاهان کامل

جدول ۳- اثر متقابل بین آبیاری × رقم بر خصوصیات مورفولوژیکی زیتون

Table 3- Effect of interaction between irrigation × cultivar on olive morphological characteristics

رقم Cultivar	آبیاری Irrigation (mm)	تعداد برگ Leaf number
باغملک Baghmalek	100%ETcrop	465.00a
	65%ETcrop	410.33c
	30%ETcrop	354.93d
دزفول Dezphol	100%ETcrop	439.87b
	65%ETcrop	404.27c
	30%ETcrop	328.13e

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند
 With in each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.01$) based on Duncan's multiple range test

به نظر می‌رسد که علت افزایش تعداد برگ در رقم باغملک به دلیل ویژگی‌های ژنتیکی رقم باغملک در مقایسه با رقم دزفول باشد چرا که در این رقم برگ دارای کوتیکول ضخیم‌تری بوده و این عامل منجر به بالاتر بودن محتوی آب برگ در رقم باغملک و در نتیجه بالاتر بودن میزان فتوسنتز در این رقم و نهایتاً افزایش در تعداد برگ بوده است. همچنین محققین معتقدند که توسعه سطح برگ و افزایش تعداد برگ تابع رشد سلولی و گسترش سلول می‌باشد و رشد سلولی نیز تحت تأثیر عواملی از قبیل پتانسیل تورژسانس سلولی است (۲۰ و ۳۸). لذا در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلولی، رشد و گسترش سلولی کاهش یافته و این امر منجر به کاهش در رشد رویشی (کاهش در تعداد برگ) می‌گردد.

اثر متقابل پلیمر سوپر جاذب × رقم

اثر پلیمر × رقم فقط بر سطح برگ و نسبت سطح برگ در سطح ۵ و ۱ درصد مؤثر بود (جدول ۱). با توجه به جدول ۴ مشخص گردید که در رقم باغملک بیشترین مقدار سطح برگ و نسبت سطح برگ در تیمار ۳ گرم پلیمر به ازاء هر کیلوگرم خاک (به ترتیب ۳۸۴/۸۵

سانتی‌متر مربع و ۱۰/۴۷) در حالی که در رقم دزفول دیده شد که سطح برگ در تمامی سطوح پلیمر در مقایسه با رقم باغملک کمتر بود هر چند که با افزایش مقدار پلیمر در این رقم نیز مشابه رقم باغملک سطح برگ افزایش یافت. بیشترین نسبت سطح برگ در رقم باغملک تیمار شده با پلیمر به مقدار ۳ گرم به ازاء هر کیلوگرم خاک در مقایسه با رقم دزفول بدست آمد. همچنین از نظر نسبت سطح برگ مشخص شد که در رقم دزفول بین سطوح مختلف پلیمر تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج این آزمایش نشان داد که در هر دو رقم باغملک و دزفول تیمار شده با پلیمر سوپر جاذب در مقایسه با گیاهان تیمار نشده از سطح برگ و نسبت سطح برگ بالاتری برخوردار بود اما مقدار این شاخص‌ها در رقم باغملک بیشتر بود. برخی محققین بیان کرده‌اند که به دلیل افزایش بیشتر آب قابل دسترس ریشه (فراهم بودن آب بیشتر) در گیاهان مختلف تیمار شده با سوپر جاذب، از خصوصیات رشدی بهتری در مقایسه با گیاهان تیمار نشده برخوردار می‌باشند که این نتایج با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (۱، ۴، ۵، ۶، ۲۳ و ۳۹).

جدول ۴- اثر متقابل بین پلیمر × رقم بر خصوصیات مورفولوژیکی زیتون

Table 4- Effect of interaction between polymer × cultivar on olive morphological characteristics

رقم Cultivar	پلیمر Polymer (g/Kg)	سطح برگ Leaf area (cm ²)	نسبت سطح برگ Leaf area ratio
باغملک Baghmalek	0	270.27d	6.89d
	1	336.43c	6.77d
	2	339.97b	9.61b
	3	354.85a	10.47a
	4	333.04c	9.80ab
دزفول Dezphol	0	263.87g	6.79d
	1	281.82e	7.43c
	2	280.54e	7.76c
	3	288.72f	7.27c
	4	288.02f	7.29c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ تفاوت با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنی‌دار ندارند
Within each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$) based on Duncan's multiple range test

کمتری در هر سطح آبیاری برخوردار بود همچنین مشخص گردید که در رقم دزفول با کاهش میزان آبیاری سه شاخص فوق‌الذکر در مقایسه با رقم باغملک از شدت کاهش بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). که این امر نشانگر حساسیت رقم دزفول به تنش آبی در مقایسه با رقم باغملک بود. مقدار وزن تر ریشه (۸/۷۳ گرم)، وزن خشک ریشه (۳/۶۷ گرم) و ارتفاع (۴۵/۳۳ سانتی‌متر) در رقم دزفول آبیاری شده با ETcrop ۳۰ درصد و عدم مصرف پلیمر کمترین مقدار بود و بیشترین

اثر متقابل آبیاری × پلیمر سوپر جاذب × رقم

با بررسی جدول تجزیه واریانس مشخص گردید که اثر متقابل آبیاری × پلیمر سوپر جاذب × رقم فقط بر وزن تر و خشک ریشه و ارتفاع گیاه تأثیر معنادار داشت (جدول ۱). با بررسی جدول مقایسه میانگین این صفات (جدول ۵) دیده شد که در هر دو رقم با کاهش میزان آب از مقادیر وزن تر و خشک و ارتفاع گیاه کاسته شده اما این میزان کاهش با اضافه شدن سطح بالاتری از پلیمر به خاک از مقدار

۳۶ درصد گزارش گردید. جلیلی و همکاران (۲۷) تأثیر سوپرجاذب‌ها و دور آبیاری را بر رشد نهال‌های گل رز معنادار گزارش کردند. نتایج آنها نشان داد که از نظر ارتفاع شاخه و قطر تاج پوشش، دور آبیاری ۱۰ روز با مصرف ۴۰ گرم سوپرجاذب و از نظر تعداد شاخه اصلی ۶۰ گرم سوپرجاذب و ۱۴ روز دور آبیاری مناسب‌ترین تیمارها در مقایسه با شاهد بودند.

مقدار این سه شاخص مربوط به رقم باغملک آبیاری شده با ETcrop ۱۰۰ درصد بود.

همچنان نتایج نشان داد (جدول ۵) که در رقم باغملک با کاهش ۷۰ درصدی آب و افزایش ۴ برابری پلیمر نسبت به حالت شاهد همان رقم مقدار کاهش در وزن تر و خشک ریشه و ارتفاع گیاه به ترتیب ۳۶، ۴۹/۷ و ۲۷ درصد و در رقم دزفول به ترتیب ۲۳/۲۱، ۵۶/۲۱ و

جدول ۵- اثر متقابل بین آبیاری × پلیمر × رقم بر خصوصیات مورفولوژیکی زیتون

Table 5- Effect of interaction between irrigation × polymer × cultivar on olive morphological characteristics

رقم Cultivar	آبیاری Irrigation (mm)	پلیمر Polymer (g/Kg)	وزن تر ریشه Shoot dry weight (g)	وزن خشک ریشه Leaf dry weight (g)	ارتفاع Height (cm)
باغملک Baghmalek	100%ETcrop	0	38.18a	26.82a	99a
		1	35.66b	24.68b	96d
		2	33.57c	23.82c	97.33ab
		3	38.08a	27.25a	98.33ab
		4	36.99a	26.55a	96.33bcd
	65%ETcrop	0	17.23kl	12.5hi	82h
		1	22.09g	16.11fg	90.67e
		2	20.42hi	17.89e	89.67e
		3	23.99def	18.07e	85.33fg
		4	25.37d	19.99d	84.33gh
	30%ETcrop	0	13.54m	8.05kl	60k
		1	19.5i	11.82i	69.7j
		2	19.5i	12.68hi	72.33i
		3	20.2i	12.08i	73.33i
		4	24.42def	13.47h	72i
دزفول Dezphol	100%ETcrop	0	22.92fg	16.9ef	85fg
		1	21.73gh	15.87g	86fg
		2	22.76g	16.79fg	87f
		3	21.95g	17.02ef	86fg
		4	24.44de	17.88e	86.67f
	65%ETcrop	0	13.96m	9.83j	70.33j
		1	16.06l	12.29hi	86.67f
		2	17.22kl	11.79i	84.67fg
		3	18.93ij	12.55hi	95 d
		4	17.71jk	12.51hi	89.67e
	30%ETcrop	0	8.73n	3.67n	45.33n
		1	13.98m	6.09m	53.83m
		2	14.31m	7.2l	61.33k
		3	16.48l	8.36k	56.33l
		4	17.61kl	7.4kl	54.33lm

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند
Within each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$) based on Duncan's multiple range test

نتیجه‌گیری

تنش خشکی با تأثیر منفی بر کاهش فشار تورژسانس سلولی موجب کاهش رشد سلولی و ممانعت از گسترش سلول می‌گردد که این مهم سبب کاهش توسعه برگ و سطح برگ می‌گردد. با کاهش سطح برگ و محدود شدن فتوسنتز آن هم به واسطه کاهش نفوذ دی اکسید کربن به داخل روزنه‌ها و فضای بین سلولی و همچنین کاهش تخصیص کربوهیدرات کافی به اندام‌های گیاهی در شرایط تنش خشکی، خصوصیات رشدی گیاه کاهش می‌یابد در حالی که استفاده از پلیمر سوپرجاذب به دلیل فراهمی رطوبت در ناحیه ریشه و در نتیجه افزایش آب قابل استفاده گیاه شرایط بهتری را برای رشد و نمو گیاه خصوصاً در شرایط تنش خشکی فراهم می‌کنند. در این پژوهش مشخص گردید که هر چند که با کاهش مقدار آب شاخص‌های رشدی کاهش یافت اما در هر دو رقم با اضافه نمودن پلیمر سوپرجاذب میزان کاهش صورت گرفته در شاخص‌های رشدی کمتر از عدم استفاده از پلیمر سوپرجاذب بود. در واقع پلیمر سوپرجاذب به دلیل افزایش ظرفیت نگهداشت آب و در نتیجه افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی، کاهش تبخیر سطحی، افزایش تخلخل خاک، بهبود رشد عمقی ریشه (۱۷ و ۴۳) در خاک سبب کاهش و تعدیل اثرات منفی تنش آبی شده است. همچنین این آزمایش نشان داد که رقم باغملک نسبت به رقم دزفول به دلیل خصوصیات ژنتیکی در پاسخ به تنش آبی کمتر تحت تأثیر قرار گرفت و می‌توان توصیه نمود که در مناطقی که با تنش خشکی و کمبود بارندگی مواجهه هستند از پلیمرهای سوپرجاذب به میزان ۴ گرم به ازاء هر کیلوگرم خاک به منظور تعدیل تنش خشکی استفاده نمود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز که هزینه اجرا این طرح پژوهشی را تأمین نمودند صمیمانه قدردانی می‌شود.

داورپناه (۱۶) نیز در بررسی اثر سوپرجاذب بر رشد سه گونه بادام، پسته و مو تأثیر سطح ۵۰ گرم سوپرجاذب را در پارامترهای رشد نهال‌های بادام، مو و پسته قابل توجه دانسته است که این نتایج با این تحقیق مشابهت داشت. همچنین دیویس و کاسترو-جیمز (۱۷) در بررسی اثر دو نوع هیدروژل بر رشد درختچه توری کشت شده در گلدان در تنش خشکی مشاهده کردند که هیدروژل وزن خشک شاخساره و ریشه را در گیاهان در شرایط تنش و غیرتنش خشکی افزایش داد. هاترمن و همکاران (۲۵) صنوبر در پژوهشی بر روی گونه صنوبر در چهار مخلوط صفر، ۲، ۴ و ۷ درصد پلیمر سوپرجاذب استوکوزورب با خاک نشان دادند که غلظت بالاتر سوپرجاذب سبب افزایش درصد ماده خشک تولیدی توسط ریشه شده و توسعه ریشه را نیز سبب شد.

در مطالعات دیگری استفاده بیش از حد از سوپرجاذب نتایج معکوس داد. همچنین در تحقیقی که بر روی بررسی تأثیر هیدروژل ابر جاذب سوپر آب آ- ۲۰۰ در کاهش خشکی درختان زیتون انجام گرفت، نتایج حاصل نشان داد که استفاده از ۰/۳ درصد وزنی پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش شاخص‌های رشد همچون سطح برگ، طول شاخه، قطر شاخه، مقاومت روزنه‌ای و فشار آب داخل برگ‌ها شدند (۳۹). تنگو و همکاران (۴۱) نشان دادند که در تمام شاخص‌های رشدی به جز سطح برگ و وزن تر ریشه بیشترین میانگین‌ها مربوط به تیمار ۰/۲ درصد پلیمر سوپرجاذب بود و هم چنین در مقایسه اثر فاکتورهای مختلف، در اکثر صفات بالاترین میانگین‌ها در مقایسه با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد بدون کاربرد سوپرجاذب مربوط به کاربرد ۰/۲ درصد پلیمر با سطح آبیاری ۶۰ درصد بود، که نشان دهنده حدود ۴۰ درصد صرفه جویی در مصرف آب است. که این نتایج با یافته‌های این آزمایش مطابقت داشت. علت افزایش شاخص‌های رشدی در تیمارهای همراه با مصرف پلیمر نسبت به تیمار شاهد را می‌توان به دلیل خاصیت نگهداری آب و مواد غذایی توسط این پلیمرها دانست. بانج شفیی و همکاران (۱۱) با مطالعه تأثیر پلیمر سوپرجاذب بر روی رشد بانه به نتایج مشابهی رسیدند.

منابع

- 1- Abedi-Koupai J., and Asadkazemi J. 2006. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer Journal*, 15 (9): 715-725.
- 2- Abedi-Koupai J., and Sohrab F. 2004. Evaluation of the effect of potential water retention capacity of the superabsorbent polymers based on three types of soil. *Journal of Polymer Science and Technology*, 3:163-173. (in Persian).
- 3- Ahmadi A., and Biker D.A. 2000. Stomatal and nonstomatal limitations of photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. *Iranian Journal of Agriculture Sciences*, 31(4):813-835. (in Persian).
- 4- Aladadi I. 2001. Effect of superabsorbent hydrogels to reduce drought in plant. p. 47-70. *Proceedings of the 2th*

- Specialized Courses and Seminars for Agricultural Use and Superabsorbent Hydrogels, 16 Jan. 2001. Karaj, Iran. (in Persian).
- 5- Aladadi I., Moazen Gamsari B., Akbari G., and Zohoriyanmehr M.J. 2005 a. The effect of different Super A-200 and different irrigation levels on the growth and yield of maize. p. 56-61. Proceedings of the 3th Specialized Courses and Seminars for Agricultural Use and Superabsorbent Hydrogels, 20 Sept. Karaj. Iran. (in Persian).
- 6- Aladadi I., Yazdani F., Akbari G., and Behbahani S.M.R. 2005 b. Effect of different super absorbent on growth, yield, yield components and nodulation of soybean under drought conditions. p. 25-37. Proceedings of the 2th Specialized Courses and Seminars for Agricultural Use and Superabsorbent Hydrogels, 16 Jan. 2001. Karaj, Iran. (in Persian).
- 7- Alizadeh A. 2005. Water, soil and plant relationship. Astan Quds Razavi Publisher. Mashhad. (in Persian).
- 8- Apostol K.G., Jacobs D.F., and Dumroese R.K. 2009. Root desiccation and drought stress responses of bareroot *Quercus rubra* seedling treated with a hydrophilic polymer root dip. Plant Soil, 315:229-240.
- 9- Arji I., and Arzani K. 2003. Evaluation of the growth responses and prolin accumulation of three Iranian native olive cultivars under drought stress. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 10(2):91-101. (in Persian).
- 10- Baccari S.A., Chaari Rkhis A., Chelli A., Chaabouni M., Maalej F., and Abdallah B. 2016. Response of olive (*Olea europaea*) seedlings to in vitro water stress induced by polyethylene glycol. Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, 7:1241-1246.
- 11- Banj Shafiei A., Eshaghi Rad J., Alijanpour A., and Pato M. 2012. Effects of super-absorbent application and irrigation period on the growth of pistachio seedlings (*Pistacia atlantica*). Iranian Journal of Forest, 4(2):101-112. (in Persian).
- 12- Bohendi H. 2001. Introduction to hydrophilic polymers. p. 156-167. Proceedings of the 2th Specialized Courses and Seminars for Agricultural Use and Superabsorbent Hydrogels, 16 Jan. 2001. Karaj, Iran. (in Persian).
- 13- Bowman D.C., and Evens R.Y. 1991. Calcium inhibition of polyacrylamid gel hydration is partially reversible by potassium. HortScience, 26(8):1063-1065.
- 14- Buchhol Z., and Peppas NA. 1994. Superabsorbent polymer science and technology. ACS, Symposium series 573.
- 15- Chartzoulakis K., Bosabalidis A., Patakas A., and Vemmos S. 2000. Effect of water stress on water realtions, gas exchange and leaf structure of olive trees. Acta Horticulturae, 537:241-247.
- 16- Davarpana G.R. 2004. Effects of superabsorbent on water supply tree in arid areas. Journal of Water and Wastewater; 16(1): 62-69. (in Persian).
- 17- Davies F.T., and Castro-Jimenes Y. 1989. Water relantion Of *Largerstromia indica* growth in amended media under drought stress. Scientia Horticulturae, 41:97-104.
- 18- El- Hady O.A., Tayel M.Y., and Lofty A.A. 1981. Super gel as a soil conditioner. Acta Horticulturae, 119: 257-265.
- 19- Eunice A., Carlos M., and Jose M.B. 2003. Sclerophylly and leaf anatomical traits of file field-grown olive cultivars growing under drought conditions. Tree Physiology, 24: 233-239.
- 20- Fitter A.H., and Hay R.K.M. 2002. Environmental Physiology of Plants, 3rd Edition. Academic Press, New York.
- 21- Flexas J., and Medrano H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany, 89: 183-189
- 22- Flexas J., Bota J., Escalona J. M., Sampol B., and Medrano H. 2002. Effect of drought on photosynthesis in grapevines under field condition: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. Functional Plant Biology, 29:461-471.
- 23- Ghasemi M., and Khoshku M. 2007. Effects of superabsorbent polymer on irrigation interval and growth and development of *chrysanthemum* (*dendranthema* × *grandiflorum* kitam syn. *Chrysanthemum morifolium ramat.*). Journal of Horticultural Science and Technology, 8(2): 65-82.
- 24- Hunt R. 1978. Plant Growth Analysis. Camelot Press Ltd, Southampton.
- 25- Huttermann A., Reise K., and Zommodi M. 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. Soil and Tillage Research, 50:295-304.
- 26- Jakson D.I., and Looney N.E. 1999. Temperate and subtropical fruit production. Second edition. CAB Publising. London. UK.
- 27- Jalili KH., Jalili J., and Sohrabi H. 2008. Effects of super absorbent on increasing irrigation and the growth of Rose seedlings. Research Project Final Report. Jahad Daneshgahi. Kermanshah Province. (in Persian).
- 28- Jandaghiyan M. 1996. The effect of acrylamide copolymers on rooting phylodendron (*Phylodendron scandens* S.) and growth of Geranium (*Pelargonium hortorum* L.). Master's thesis on horticulture, Islamic Azad University, Jahrom Branch. (in Persian).
- 29- Johnson M.S., and Veltkamp C.J. 1985. Structure and functioning of water-storing agricultural polyacrylamides.

- Journal of the Science of Food and Agriculture, 36:789-793.
- 30- Karimz Adehasl KH., Mazaheri D., and Peyghambari SA. 2004. Effect of four irrigation intervals on seed yields and physiological indexes of three sunflower cultivars. *Desert*, 9(2):255-266.
- 31- Khaleghi E., Arzani K., Moallemi N., and Barzegar M. 2014. Studying the effect of using kaolin on fluorescence and chlorophyll content in leaves of olive plants (*Olea europaea* L. cv dezful) under water deficit stress. *Plant Production*, 37(2): 127-139. (in Persian).
- 32- Khalipour A. 2001. Investigating the use of superabsorbent to control soil erosion. p. 106-120. Proceedings of the 2th Specialized Courses and Seminars for Agricultural Use and Superabsorbent Hydrogels,. 16 Jan. 2001. Karaj, Iran. (in Persian).
- 33- Kitakamjorn S., and Phunchareon P. 1999. Influence of reaction parameters on water absorption of neutralized poly (acrylic acid-co-acrylamide) synthesized by inverse suspension polymerization. *Journal of Applied Polymer Science*, 72: 1349-1366.
- 34- McKay H.M., Jinks RL., and McEvoy C. 1999. The effect of desiccation and rough-handling on the survival and early growth of ash, beech, birch and oak seedlings. *Annals of Forest Science*, 56:391-402.
- 35- Nadler A. 1993. Negatively charged PAM efficiency as a soil conditioner as affected by the presence of roots. *Soil Science*, 157: 79-66.
- 36- Richards D., and Cockroft B. 1975. The effect of soil water on root production of peach trees in summer. *Australian Journal of Agricultural Research*, 26:173-180.
- 37- Silberbush M., Adar E., and Malach Y. 1993. Use of a hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. *Agricultural Water Management*, 23:303-313.
- 38- Taize L., and Zeiger E. 1998. *Plant Physiology*. Massachusetts.
- 39- Talaei A., and Asad zadeh A. 2005. Effect of superabsorbent hydrogels in decreasing drought of olive trees. p. 68-79. Proceedings of the 3th Specialized Courses and Seminars for Agricultural Use and Superabsorbent Hydrogels, 20 Sept. Karaj. Iran.(in Persian).
- 40- Taylor K.C., and Halfacre R.G. 1986. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. *Journal of Horticultural Science*, 21:1159-1161.
- 41- Tongo A., Mahdavi A., and Saiad E. 2014. Effect of Super Absorbent Polymer Aquasorb on Growth, Establishment and Some Physiological Characteristics of *Acacia victoriae* Seedlings Under Drought Stress. *Journal of Water and Soil*, 28(5):951-963. (in Persian).
- 42- Wallac A., and Wallace G.A. 1994. Water – soluble polymers help protect the environment and correct soil problems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25: 105-108.
- 43- Wang Y., and Gregg L.L. 1992. Hydrophilic polymers–Their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115:943-948.
- 44- Yazdani N., Arzani K., and Arji I. 2007. The amelioration effect of paclobutrazol on water stress on olives (*Olea europaea*) cv. Bliidi and Mission. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 38(2):287-296. (in Persian).
- 45- Zohoriyan Mehr M.J. 2001. Superabsorbent. p. 156-167. Proceedings of the 2th Specialized Courses and Seminars for Agricultural Use and Superabsorbent Hydrogels, 16 Jan. 2001. Karaj, Iran. (in Persian).



Effect of Superabsorbent Polymers on some Morphological Characteristics of Olive Cultivars 'Baghmalek' and 'Dezphol' under Water Deficit

E. Khaleghi^{1*}- N. Moallemi²

Received: 31-07-2016

Accepted: 06-08-2017

Introduction: Iran is located in arid and semi-arid regions, so limitation of precipitation and poor distribution of rainfall with prolonged periods of heat and drought have caused harsh conditions for establishing plants. In general, previous researches have shown that water deficit or drought stress had destructive effects on morphological, physiological and biochemical parameters of plants. So that, researchers stated that the first reaction of plants to water stress was decline in growth. Growth parameters such as height, fresh and dry weight of root and stem and leaf area could decrease with increasing water stress. Therefore, use of methods for reducing water evaporation from soil, decreasing run-off and improving transport nutrients were considered in recent years. Superabsorbant polymers are one of the most important compounds in reducing negative effects of drought on plants.

Materials and Methods: This study was conducted to investigate the effect of five different levels of super AB A200 polymer (0, 1, 2, 3, 4 g/Kg of soil) and three levels of irrigation [100 as control, 65 and 30 percentage of plant evapotranspiration potential (ET_{crop})] on morphological characteristics of two olive cultivars 'Baghmaleki' and 'Dezphol' as a factorial experiment based on randomized complete block design with three replications. In this experiment, ninety 18-month-old olive trees of 'Baghmaleki' and 'Dezphol' were kept for adaptation in greenhouse for one month. The plants were planted in ninety pots including 1/3 sand, 1/3 manure and 1/3 soil with superabsorbent polymer. Superabsorbent polymers (super AB A200) were prepared from Company Rahab Resin (Licensed by Iran Polymer and Petrochemical Institute). Then, the plants were irrigated with 100%, 65% and 30% ET_{crop}, every three days. Finally, morphological parameters such as root fresh weight, root dry weight, shoot fresh weight, shoot dry weight, height, leaf number, leaf Area and leaf area ratio were measured. Data analysis was performed using MSTATC software and mean comparison was done by Duncan's multiple range tests at 5 and 1% probability.

Results and Discussion: The results showed that interaction effect between irrigation and polymer affected shoot fresh weight, leaf fresh weight, shoot dry weight, leaf dry weight, height and leaf area ratio at $p < 0.01$, while interaction between irrigation, polymer and cultivars affected height, root dry and fresh weights at $p < 0.01$. Furthermore, all of measured traits were reduced greatly by reducing water from 100% to 30% ET_{crop}. Fresh weight for root, leaf and shoot, and dry weight for root, leaf and shoot were decreased by 29.23%, 15.76%, 15.77%, 26.25%, 13.5% and 14.73 %, respectively in irrigated plants with 30% ET_{crop} in comparison with control. Some researchers stated that limitation of photosynthesis could be one of the important factors for reducing growth under drought. Furthermore, drought could affect directly on cell turgor potential and reduced cell division, cell enlargement and plant growth. Also, our findings revealed that shoot fresh weight (19.72 g), shoot dry weight (12.94 g), leaf fresh and dry weights (15.6 and 10.12 g), leaf area (210.55 cm²) and leaf area ratio (6.02) were obtained in irrigated plants with 30% ET_{crop} and untreated with polymer. The results showed leaf number was highest in 'Baghmalek' cultivar irrigated with 100% ET_{crop} (465) and lowest in 'Dezphol' cultivar irrigated with 30% ET_{crop} (328.13). The highest value of leaf area and leaf area ratio was obtained in 3 g polymer per Kg soil in 'Baghmalek' cultivar. In addition, root fresh and dry weights and plant height were 36, 49.7 and 27 % greater in 'Baghmalek' cultivar treated with 30% ET_{crop} and 4 g polymer per Kg soil comparison with 'Baghmalek' cultivar treated with 30% ET_{crop} and without polymer.

Conclusions: Drought or water deficit could affect directly on cell turgor potential and reduced cell division, cell enlargement, photosynthesis and plant growth. The use of superabsorbent polymer could absorb abundant

1 and 2- Assistant Professor and Professor, Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

(*- Corresponding Author Email: khaleghi@scu.ac.ir)

water and release it easily, so the plant will have a better growth condition in this situation. Our results showed that Baghmalek cultivar had lower sensitive than Dezphol cultivar to water deficit and it suggested that Superabsorbent polymers can be used to discipline drought in some areas that rainfall shortage and water deficit is the most important problems.

Keywords: Evatranspiration, Morphological Traits, Water stress



بررسی اثر منابع مختلف نوری بر ریخت‌شناسی و رشد گیاهچه‌های سیب‌زمینی در شرایط درون شیشه و تأثیر آن بر تولید ریزغده در گلخانه

جعفر نباتی^{۱*} - الهه برومند رضازاده^۲ - محمد زارع مهرجردی^۳ - محمد کافی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۸

چکیده

هدف این مطالعه استفاده از منابع نوری مختلف در راستای کاهش مصرف انرژی برای تولید گیاهچه‌های سیب‌زمینی در شرایط درون شیشه و اثر آن بر تولید ریزغده در گلخانه بود. مطالعه با استفاده از آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار در شرایط درون شیشه و چهار تکرار در گلخانه انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل ارقام سیب‌زمینی (آگریا و ساوالان) و طیف‌های مختلف نور (قرمز، آبی، ترکیبی آبی-قرمز و نور سفید) با استفاده از دیودهای ساطع کننده نور و نور فلورسنت بود. نتایج نشان داد که طیف قرمز موجب افزایش ارتفاع گیاهچه در شرایط درون شیشه شد. طیف سفید و قرمز به ترتیب بیشترین و کمترین سطح برگ را در شرایط درون شیشه تولید کردند. کمترین تعداد گره در گیاهچه در طیف قرمز و بیشترین تعداد گره در طیف سفید مشاهده شد. بیشترین و کمترین فاصله میان‌گره به ترتیب مربوط به طیف قرمز و آبی بود. رقم آگریا نسبت به فوتانه از ارتفاع بوته بیشتری برخوردار بود از طرف دیگر رقم ساوالان سطح برگ بیشتری نسبت به آگریا تولید کرد. نتایج حاصل از بررسی گلخانه‌ای نشان داد که شرایط رشدی گیاهچه‌ها از نظر طیف‌های مختلف نوری قبل از انتقال به گلخانه، تأثیری بر تعداد ریزغده تولیدی نداشت اما وزن ریزغده در گیاهچه‌های رشد یافته در طیف قرمز کمتر از سایر تیمارها بود. به‌طور کلی استفاده از دیودهای ساطع کننده نور می‌تواند به‌عنوان منبع نوری مناسب، با صرفه‌جویی در مصرف انرژی، گیاهچه‌هایی قابل رقابت با نور فلورسنت در شرایط درون شیشه تولید کند.

واژه‌های کلیدی: آگریا، دیود، ساوالان، طیف نور، فلورسنت

مقدمه

در کشاورزی پیشرفته، گسترش زیادی پیدا کرده است و تکثیر درون شیشه گیاهان کمک زیادی به تولید نشاهای عاری از عوامل بیماری‌زا، مقاومت بالا و تکثیر تعداد زیاد نشاء در زمان کوتاه می‌کند (۳).

در تکثیر گیاهان در شرایط درون شیشه، تأثیر عوامل فیزیکی مانند نور و دما در رشد گیاهچه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده (۱۸) و شرایط نوری یکی از رایج‌ترین موضوعات مورد بحث در کشاورزی در محیط‌های کنترل شده می‌باشد (۱۸). کمیت و کیفیت نور نقش مهمی در فتوسنتز، رشد و ریخت‌شناسی گیاهان ایفا کرده (۲ و ۱۸) و یکی از متغیرهای مؤثر در غلظت ترکیبات شیمیایی گیاه می‌باشد (۱۹).

اثبات شده است که نور قرمز و آبی از عوامل مهم در رشد گیاهان هستند (۲۶). نور آبی طولیل شدن هیپوکوتیل را کاهش داده و تولید زیست‌توده را القاء می‌کند و در مقابل نور قرمز طولیل شدن هیپوکوتیل را القاء کرده و سطح برگ را توسعه می‌دهد (۱۹). همچنین در دهه گذشته شواهدی یافت شده که نشان می‌دهد نور سبز نیز روی

سیب‌زمینی در معرض بیماری‌های باکتریایی، قارچی، میکرو پلاسمی و ویروسی قرار دارد که این امر موجب افت شدید عملکرد محصول در مناطق آلوده به این عوامل می‌شود (۲۸). مؤثرترین راه برای مبارزه با بیماری‌ها استفاده از غده‌های بذری گواهی شده است. برآورد شده است که استفاده از بذر سالم و عاری از عوامل بیماری‌زا، باعث افزایش حداقل ۳۰ درصدی محصول در مقایسه با کشت بذر معمولی می‌گردد. سیب‌زمینی از جمله گیاهانی است که به روش‌های مختلف کشت بافت به خوبی پاسخ داده و ریزازدیادی و ریزغده‌دهی سریع‌ترین راه برای تکثیر ارقام تولید کننده بذر و حفاظت از ژرم‌پلاسما آنها می‌باشد (۴ و ۸). امروزه استفاده از روش کشت بافت

۱- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: Email: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

۲ و ۴- دکتری زراعت و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار مجتمع آموزش عالی شیروان

نوری مختلف بر رشد گیاهچه‌های سیب‌زمینی در شرایط درون شیشه و تولید ریزغده این گیاهچه‌ها در شرایط گلخانه و امکان جایگزینی لامپ‌های فلورسنت با دیودهای ساطع کننده نور به‌منظور کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های تولید انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار در آزمایشگاه کشت بافت و چهار تکرار در گلخانه شرکت فناوریان بذریکتا در مشهد اجرا شد. عوامل مورد بررسی عبارت از: رقم سیب‌زمینی (آگریا و ساوالان) و طیف‌های مختلف نوری شامل طیف قرمز، آبی، ترکیبی آبی-قرمز و طیف سفید با استفاده از دیودهای ساطع کننده نور سفید و نور فلورسنت (به‌عنوان شاهد) بودند. شدت نور و نیز طول دوره روشنایی برای همه طیف‌ها یکسان بود (به ترتیب ۳۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه و ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی). مواد گیاهی اولیه شامل گیاهچه‌های استریل درون شیشه‌ای از پژوهشکده بیوتکنولوژی منطقه مرکزی کشور- اصفهان تهیه گردید. محیط کشت پایه، محیط MS (۱۷) حاوی سه درصد ساکاروز، ۰/۴ درصد آگار با اسیدیته (pH) ۵/۸ بود. در هر ظرف هشت ریز نمونه تک گره‌ای کشت شد. گیاهچه‌ها پس از ۲۱ روز نگهداری در شرایط نوری ذکر شده، از محیط خارج و توسط اسکنر Laser Jet M122nf MFP با وضوح ۳۰۰ dpi تصویربرداری شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار JMVV1.27 تعداد گیاهچه‌های غیرطبیعی، ارتفاع گیاهچه، طول ریشه، قطر ساقه، تعداد گره و طول میانگره‌ها، تعداد شاخه جانبی و سطح برگ برای هر گیاهچه تعیین شد. تعداد سه عدد از گیاهچه‌ها برای تعیین درصد ماده خشک استفاده شد و دیگر گیاهچه‌های طبیعی باقیمانده از هر تیمار به گلخانه منتقل و در جعبه‌هایی با ابعاد ۳۵×۳۵×۴۰ سانتی‌متر کشت گردید. در طول دوره رشد گیاهچه‌های سیب‌زمینی با محلول غذایی هوگلند (۱۱) تغذیه شدند. محلول دهی هر هفته یک‌بار و با حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر جعبه انجام شد. اسیدیته محلول توسط اسیدسولفوریک (H_2SO_4) غلیظ و هیدروکسید سدیم (NaOH) ۰/۱ مولار در حد ۵/۶ با کمک pH متر تنظیم گردید. دمای روز و شب گلخانه به ترتیب 24 ± 2 و 18 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی در حدود ۴۰ درصد تنظیم شده بود (۹).

گیاهان مورد مطالعه پس از گذشت سه ماه و در پایان فصل رشد برداشت شده و میانگین ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر و درصد ماده خشک، تعداد و وزن ریزغده‌ها در پنج گروه وزنی کمتر از یک، ۱-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۱۵ و بیش از ۱۵ گرم و نیز کل تعداد و وزن ریزغده‌ها اندازه‌گیری شد.

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 آنالیز و

ریخت‌شناسی گیاه و فیزیولوژی شامل رشد برگ، هدایت روزنه‌ای و رشد اولیه ساقه مؤثر بوده (۷ و ۱۴) و در تنظیم رشد گیاه نقش دارد (۱۴).

به‌طور معمول تأمین نور مناسب از گران‌ترین اجزای کشاورزی در محیط‌های کنترل شده بوده و بخش عمده هزینه‌های غیرنیروی انسانی در ریز ازدیادی مربوط به نیروی الکتریسیته (۶۵ درصد) می‌باشد (۴). عموماً در اتاق‌های رشد از لامپ‌های فلورسنت برای ریز ازدیادی محصولات مختلف استفاده می‌شود. این نور دامنه وسیعی از طول موج‌ها (۷۵۰-۳۵۰ نانومتر) را شامل شده ولی ظاهراً باوجود ضروری بودن، دارای کیفیت پایینی برای رشد گیاه می‌باشد (۱۸). لامپ‌های فلورسنت همچنین مصرف انرژی بالایی داشته که این امر در نهایت موجب افزایش قیمت محصول تولیدی می‌شود (۲۳)؛ بنابراین نیاز به یک منبع نوری با کارایی بالا که نه تنها کیفیت گیاهچه‌های کشت بافتی را بهبود دهد، بلکه هزینه تولید هر گیاهچه را نیز به حداقل برساند، ضروری است. یکی از ساده‌ترین راه‌ها جهت جلوگیری از اتلاف انرژی، تغییر نوع لامپ‌های مورد استفاده است. در همین راستا دیودهای ساطع کننده نور (LEDs)^۱ به‌عنوان منابع نوری جایگزین جهت رشد و نمو گیاهان در شرایط درون شیشه پیشنهاد شده‌اند (۶). مزیت این فناوری شدت نور بیشتر، مصرف انرژی کمتر (کاهش هزینه انرژی تا ۴۰ درصد)، طول عمر بیشتر در مقایسه با سایر سیستم‌های نوری و کنترل بهتر رنگ‌ها است (۶). از آنجایی که این لامپ‌ها برخلاف لامپ‌های فلورسنت و جیوه‌ای، فاقد گازهای سمی هستند، سازگار با محیط‌زیست نیز می‌باشند (۲۷). برخی از محققان از دیودهای ساطع کننده نور به دلیل مصرف جریان کمتر، اندازه کوچک‌تر، طول موج اختصاصی، ساختار محکم‌تر و طول عمر بیشتر به‌جای لامپ‌های فلورسنت استفاده کرده‌اند (۲۵). دیودهای ساطع کننده نور به‌عنوان یک منبع نوری مناسب برای فتوسنتز گیاهان و همچنین مطالعات فتوسنتزی مورد تأکید پژوهشگران بوده است (۲۴). اثر کیفیت طیف نور دیودهای ساطع کننده نور روی تجمع رنگ‌دانه‌ها در توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*) نشان داد که ۱۶ ساعت روشنایی در ۲۰۰ میکرو مول در متر مربع در ثانیه تشعشع فعال فتوسنتزی با دیودهای ساطع کننده نور قرمز (۶۴۰ نانومتر) و آبی (۴۵۵ نانومتر) نور مناسبی برای رشد گیاهان است و این طیف نور تجمع کربوهیدرات‌ها را نیز افزایش می‌دهد (۳۰).

علی‌رغم اینکه کشت درون شیشه امکان تکثیر گیاه را در زمان کوتاه فراهم کرده است و منافع اقتصادی کلانی نیز به همراه دارد، اما هزینه‌های کشت بافت و تولید گیاهچه در شرایط آزمایشگاهی، بالا است. از طرفی با توجه به اثر نور بر رشد و ریخت‌شناسی گیاهچه‌ها در شرایط درون شیشه (۱۰)، این مطالعه با هدف بررسی اثر منابع

فتوستنتز نقش حیاتی دارد (۲۰). همچنین اثبات شده که اولین پیک جذب در شدت ۶۶۰ نانومتر (طیف قرمز) و دومین پیک جذب در کلروفیل در شدت ۴۵۰ نانومتر (طیف آبی) انجام می‌گیرد. طیف آبی برای یک ریخت‌شناسی سالم در رشد گیاه ضروری است (۲۰).

ارقام مورد بررسی در مرحله گیاهچه‌ای از نظر سطح برگ تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.05$) نشان دادند و رقم ساوالان نسبت به آگریا حدود ۶۰ درصد سطح برگ بیشتری تولید کرد (جدول ۱). بین طیف‌های مختلف نوری، کمترین سطح برگ تولیدی مربوط به طیف قرمز بود و سایر طیف‌ها از این لحاظ تفاوت معنی‌داری ($P > 0.05$) با هم نداشتند، با این وجود از نظر کمی دیود ساطع کننده طیف سفید نسبت به سه منبع دیگر نوری برتری نشان داد (جدول ۱). برهمکنش بین ارقام و طیف‌های نوری مورد بررسی از نظر سطح برگ تفاوت معنی‌دار آماری ($P \leq 0.05$) نشان داد، رقم ساوالان در شرایط طیف سفید بیشترین سطح برگ را تولید نمود (شکل ۱). پس از طیف سفید، بالاترین میانگین سطح برگ مربوط به طیف ترکیبی آبی-قرمز و فلورسنت بود. کمترین سطح برگ تولید شده مربوط به رقم ساوالان در شرایط طیف قرمز بود که تفاوت ناچیزی با رقم آگریا داشت (شکل ۱). نتایج این مطالعه نشان داد در شرایطی که گیاهچه سیب‌زمینی تنها تحت تأثیر طیف قرمز قرار گیرند امکان تولید سطح برگ مناسب وجود ندارد، در مقابل در حالتی که گیاه تنها تحت تأثیر طیف نور آبی است سطح برگ قابل توجهی تولید می‌کند. گیاهچه‌های کشت بافتی در شرایط کاملاً ایده‌آل از نظر رطوبت رشد می‌کنند، بنابراین هیچ‌گونه تنظیم روزنه‌ای در آن‌ها در محیط درون شیشه انجام نمی‌گیرد. انتقال این گیاهچه‌ها به محیط بیرون مستلزم سازگاری آن‌ها با محیط است. مطالعات نشان داده است که نور آبی سنتز فلاونوئیدها و رنگ‌دانه‌های کمکی که نقش مهمی در سازگاری گیاه و تثبیت دی‌اکسید کربن در محیط دارند را تحریک می‌کند (۱۲، ۱۳ و ۱۵). همچنین با توجه به اینکه سطح برگ اولیه در استقرار و رشد در مراحل بعدی گیاهچه‌های سیب‌زمینی دارای اهمیت می‌باشد بنابراین دیودهای ساطع کننده طیف قرمز به تنهایی نمی‌تواند به عنوان جایگزین نور لامپ فلورسنت گردد، اما دیودهای ساطع کننده طیف آبی می‌توانند به تنهایی یا با ترکیب سایر منابع نوری در افزایش سازگاری و رشد گیاهچه‌ها مفید واقع گردد.

درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی تحت تأثیر معنی‌دار طیف‌های نوری ($P \leq 0.05$)، رقم ($P \leq 0.01$) و برهمکنش نور و رقم ($P \leq 0.01$) قرار گرفت. درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی در رقم ساوالان هفت درصد بیشتر از آگریا بود (جدول ۱). مقایسه میانگین درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی در طیف‌های مختلف نوری نشان داد که بیشترین درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی در طیف نور آبی مشاهده شد.

مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

شرایط درون شیشه

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گیاهچه‌های سیب‌زمینی نشان داد که گیاهچه‌های ارقام آگریا و ساوالان از نظر ارتفاع گیاهچه تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) با یکدیگر داشتند و متوسط ارتفاع گیاهچه‌های رقم آگریا نسبت به ساوالان حدود دو سانتی‌متر بیشتر بود (جدول ۱). گیاهچه‌های رشد یافته در شرایط طیف قرمز و آبی به ترتیب از بیشترین و کمترین ارتفاع برخوردار بودند. تفاوت بین طیف آبی و ترکیب طیف آبی-قرمز به لحاظ آماری معنی‌دار ($P > 0.05$) نبود (جدول ۱). برهمکنش عوامل مورد بررسی بر صفت ارتفاع بوته تفاوت معنی‌دار آماری ($P > 0.05$) نشان نداد. مطالعه اثر طیف‌های مختلف نوری بر رشد گیاهچه‌های *Pelargonium* در شرایط درون شیشه نیز نشان داد که طیف قرمز به‌طور معنی‌داری موجب افزایش طول ساقه شد، درحالی‌که استفاده از دیودهای ساطع کننده طیف قرمز به عنوان منبع اصلی نور و لامپ فلورسنت به عنوان نور تکمیلی در شرایط یکسان تشعشع فعال فتوستنتزی نشان داد که خصوصیات ریخت‌شناسی گیاهچه‌ها بیشتر از خصوصیات رشدی (وزن خشک و سطح برگ) تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۶). نتایج مطالعه آکسنوا و همکاران (۱) در خصوص اثر طیف‌های مختلف نور بر رشد گیاهچه‌های سیب‌زمینی نیز حاکی از این بود که گیاهچه‌های رشد یافته در نور قرمز، ساقه بلندتر و نسبت ریشه به اندام هوایی بیشتری در مقایسه با نور آبی داشتند.

بین گیاهچه‌های دو رقم مورد مطالعه سیب‌زمینی از نظر طول ریشه اختلاف آماری معنی‌داری ($P > 0.05$) وجود نداشت، اما بین طیف‌های مختلف نوری تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود. بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب در تیمار ترکیبی نور آبی-قرمز و تیمار لامپ فلورسنت با اختلافی معادل ۲/۹۹ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۱).

از نظر قطر ساقه تفاوتی معنی‌داری ($P > 0.05$) بین ارقام مورد بررسی مشاهده نگردید. در بین منابع مختلف نوری، قطر ساقه تنها در نور ساطع شده از دیود قرمز کمترین مقدار را دارا بود و با سایر منابع نوری اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) داشت (جدول ۱).

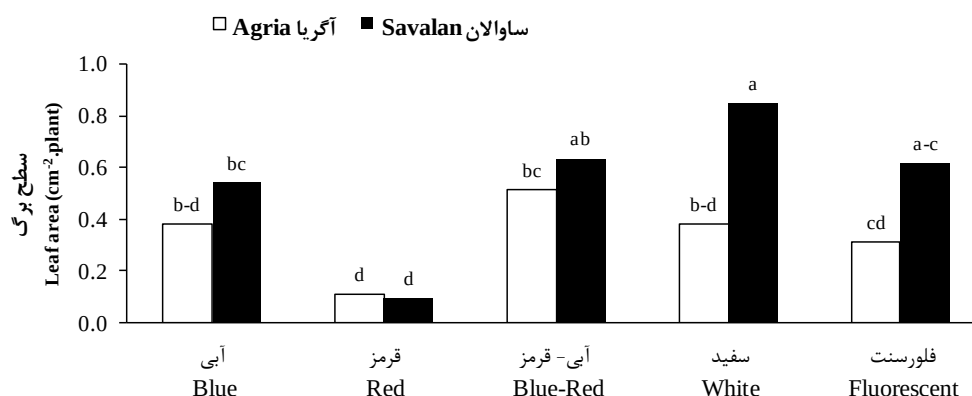
مطالعات پیشین ثابت کرده است که ترکیب طیف قرمز و آبی منبع نوری مؤثری برای گیاهان زراعی است. طیف قرمز در تعیین نسبت طول اندام هوایی به ریشه، واکنش‌های فیتوهورمون و تغییر در ریخت‌شناسی گیاه اهمیت دارد (۲۱). در مقابل طیف آبی در بیوستنتز کلروفیل، باز شدن روزنه‌ها، سنتز آنزیم‌ها، بلوغ کلروپلاست‌ها و

جدول ۱- میانگین صفات مورد مطالعه گیاهچه‌های دو رقم سیب‌زمینی تحت تأثیر منابع نوری در شرایط درون شیشه

Table 1- Effect of different potato cultivars and sources of light on plantlet characteristics at *in vitro* condition

صفات	منابع نوری Light sources					رقم Cultivar	
	فلورسنت Fluorescent	سفید White	آبی-قرمز Blue-Red	قرمز Red	آبی Blue	ساوالان Savalan	آگریا Agria
ارتفاع بوته Plant Height (cm)	7.040 ^{*b}	6.340 ^{bc}	5.100 ^{cd}	8.990 ^a	4.800 ^d	5.410 ^b	7.500 ^a
طول ریشه Root length (cm)	7.420 ^c	8.380 ^{bc}	10.410 ^a	8.760 ^b	8.210 ^{bc}	8.450 ^a	8.830 ^a
قطر ساقه Stem diameter (mm)	0.092 ^b	0.091 ^a	0.090 ^a	0.080 ^b	0.090 ^a	0.090 ^a	0.091 ^c
سطح برگ Leaf area (cm ² .plant)	0.462 ^a	0.612 ^a	0.571 ^a	0.102 ^b	0.458 ^a	0.540 ^a	0.337 ^b
گیاهچه‌های غیرطبیعی Abnormal seedling (%)	4.170 ^b	4.170 ^b	5.210 ^b	4.170 ^b	14.580 ^a	10.000 ^a	2.920 ^b
تعداد گره در گیاهچه Nod number	5.630 ^{ab}	5.800 ^a	5.250 ^{ab}	4.210 ^c	5.090 ^b	4.890 ^b	5.520 ^a
تعداد شاخه در گیاهچه Branch number	1.000 ^a	1.010 ^a	1.020 ^a	1.030 ^a	1.140 ^a	1.020 ^a	1.060 ^a
فاصله میانگره Nod distance (cm)	1.240 ^b	1.090 ^{bc}	0.960 ^c	2.140 ^a	0.930 ^c	1.140 ^a	1.400 ^a
وزن تر گیاهچه Fresh weight (g.plant ⁻¹)	0.111 ^b	0.160 ^a	0.133 ^{ab}	0.162 ^a	0.129 ^{ab}	0.149 ^a	0.129 ^b
درصد ماده خشک Dry matter (%)	3.500 ^{ab}	2.620 ^{ab}	3.850 ^a	2.760 ^{ab}	2.540 ^b	3.000 ^a	3.100 ^a

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

*Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($P \leq 0.05$) based on LSD test

شکل ۱- سطح برگ گیاهچه‌های ارقام مورد مطالعه سیب‌زمینی تحت تأثیر منابع مختلف نوری در شرایط درون شیشه

Figure 1- Leaf area in potato cultivars under different sources of light in *in vitro* condition

تعداد گره در گیاهچه به‌عنوان یک شاخص مهم در ریزازدیادی و پرآوری تحت تأثیر معنی‌دار رقم و نور قرار گرفت. تعداد گره در رقم ساوالان نسبت به آگria ۱۱ درصد بیشتر بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین تعداد گره در گیاهچه به ترتیب در طیف سفید و قرمز مشاهده شد (جدول ۱).

تعداد شاخه در گیاهچه در بین ارقام و نیز طیف‌های مختلف نوری تفاوت معنی‌داری ($P > 0.05$) نشان نداد (جدول ۱).

بین ارقام مورد مطالعه از نظر طول میانگره اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.01$) مشاهده شد (جدول ۱)، متوسط طول میانگره در رقم آگria نسبت به ساوالان حدود ۲۲ درصد بیشتر بود (جدول ۱). همچنین بیشترین میانگین این صفت در طیف قرمز و کمترین آن در طیف‌های آبی و ترکیبی آبی-قرمز مشاهده شد که البته با طیف سفید در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱).

همان‌گونه که در جدول شماره (۱) مشاهده می‌شود، گیاهچه‌های رقم ساوالان نسبت به آگria و گیاهچه‌های رشد یافته در نور قرمز و سفید نسبت به سایر طیف‌های نوری، از وزن تر بالاتری برخوردار بودند ولی از نظر درصد ماده خشک تفاوتی بین دو رقم مشاهده نگردید ($P > 0.05$). همچنین درصد ماده خشک در تیمارهای طیف قرمز و سفید نسبت به طیف ترکیبی آبی-قرمز و فلورسنت کمتر بود (جدول ۱).

رشد و نمو و ریخت‌شناسی گیاه تحت تأثیر شدت و کیفیت نور و طول دوره نوری می‌باشد (۵ و ۲۲). نتایج مطالعه میاشیتا و همکاران (۱۶) نشان داد که استفاده از دیوهای ساطع کننده نور قرمز به‌عنوان منبع اصلی نور و لامپ فلورسنت به عنوان نور کمکی در تشعشع فعال فتوسنتزی یکسان ریخت‌شناسی گیاهچه‌ها را بیشتر از رشد (وزن خشک و سطح برگ) آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. گزارش میاشیتا و همکاران (۱۶) نیز حاکی از این بود که شدت و کیفیت نور بر ریخت‌شناسی و رشد گیاهچه‌های سیب‌زمینی در شرایط درون شیشه تأثیرگذار است. مطالعات نشان داده است که وزن خشک گیاهچه در تیمارهای چرخه نوری کوتاه بیشتر از تیمارهای چرخه نوری بلند است (۱۶).

شرایط گلخانه

از نظر ارتفاع بوته در زمان برداشت، اختلاف معنی‌داری ($P > 0.05$) بین ارقام آگria و ساوالان مشاهده نشد (جدول ۲) ولی تفاوت بین طیف‌های نوری از این لحاظ معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود و گیاهچه‌هایی که در شرایط طیف ترکیبی آبی-قرمز و نیز طیف آبی رشد یافته بودند، بوته‌های با ارتفاع بیشتری تولید نمودند (جدول ۲). تفاوت سطح برگ بین دو رقم آگria و ساوالان به لحاظ آماری

معنی‌دار نشد ($P > 0.05$) ولی از نظر کمی بوته‌های رقم آگria از سطح برگ بیشتری برخوردار بودند (جدول ۲). همچنین بوته‌های حاصل از گیاهچه‌های رشد یافته در طیف ترکیبی آبی-قرمز و قرمز با ۴۶ درصد اختلاف به ترتیب بیشترین و کمترین میزان سطح برگ را تولید نمودند (جدول ۲).

ارقام آگria و ساوالان از نظر وزن تر بوته و نیز وزن خشک بوته اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.01$) با یکدیگر نشان دادند و رقم ساوالان نسبت به آگria به ترتیب ۲۲/۴ و ۴۶/۵ درصد برتری نشان داد. همچنین شرایط نوری گیاهچه‌ها قبل از انتقال به گلخانه بر میانگین این صفات تأثیرگذار بود و سبب شد تا گیاهچه‌های تحت شرایط نور ترکیبی آبی-قرمز از میانگین وزن تر و وزن خشک بوته بالاتری برخوردار باشند، هرچند که تفاوت این تیمار تنها با نور قرمز معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود (به ترتیب ۴۷/۹ و ۵۱/۸ درصد اختلاف) (جدول ۲). با توجه به اینکه میزان برگ اولیه گیاهچه‌ها به‌عنوان منبع فتوسنتزی در گیاهان برای جذب نور و افزایش زیست‌توده از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۸). در این مطالعه در شرایط درون شیشه مشاهده شد که نور قرمز کمترین میزان سطح برگ را تولید کرد بنابراین در مراحل بعدی در شرایط گلخانه نیز نتوانسته با سایر تیمارها که سطح برگ بیشتری دارا بودند رقابت کند و زیست‌توده بیشتری تولید نماید.

از نظر تعداد ریزغده در بوته تفاوت معنی‌داری ($P > 0.05$) بین ارقام مورد مطالعه مشاهده نشد (جدول ۳) ولی اختلاف وزن ریزغده در بوته معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۴) و رقم ساوالان با ۴۱/۳ درصد وزن ریزغده بیشتر، نسبت به رقم آگria برتری نشان داد (جدول ۴). اختلاف تعداد و وزن ریزغده در بوته در بین طیف‌های مختلف نوری به لحاظ آماری معنی‌دار ($P > 0.05$) نگردید (جدول ۳ و ۴) اما در مورد وزن ریزغده در بوته به لحاظ کمی، نور قرمز و نور ترکیبی آبی-قرمز از وزن ریزغده کمتری برخوردار بودند (جدول ۴). با توجه به روابط منبع و مخزن در گیاهان زمانی که مخزن دارای ظرفیت مناسب برای ذخیره تولیدات فتوسنتزی است عامل محدودکننده منبع خواهد بود (۲۲). در این مطالعه مشاهده شد که رقم ساوالان میزان زیست‌توده بیشتری نسبت به رقم آگria تولید کرد، احتمالاً وجود سطح برگ و گیاه قوی‌تر در رقم ساوالان موجب افزایش وزن بیشتر غده‌ها نسبت به رقم آگria شده است.

تعداد ریزغده در بوته در ارقام مورد مطالعه و طیف‌های نوری در شکل (۲) ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، کمترین تعداد ریزغده در بوته در رقم آگria مربوط به گیاهچه‌های رشد یافته در طیف ترکیبی آبی-قرمز بود درحالی‌که در رقم ساوالان بیشترین تعداد ریزغده در بوته در این شرایط نوری مشاهده شد. اختلاف بین دو رقم در طیف ترکیبی آبی-قرمز ۶۶/۶ درصد بود. تفاوت بین سایر

تیمارها به لحاظ آماری معنی‌دار ($P > 0.05$) نبود؛ بنابراین رقم ساوالان بیشترین پاسخ مثبت به طیف ترکیبی آبی-قرمز برای تولید ریزغده را نشان می‌دهد.

بین طیف‌های مختلف ($P \leq 0.05$)، ارقام (آبی) و برهمکنش طیف‌ها و ارقام سیب‌زمینی ($P \leq 0.05$) مورد مطالعه از نظر وزن ریزغده در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴).

وزن ریزغده در بوته در تمامی طیف‌های نوری در رقم ساوالان نسبت به آگریا بیشتر بود ولی درصد تفاوت بین طیف‌های نوری متفاوت بود به طوری که بیشترین تفاوت در شرایط طیف ترکیبی آبی-قرمز (۸۶/۴ درصد) و پس از آن طیف آبی (۵۵/۲ درصد) و کمترین آن در طیف سفید مشاهده گردید (۷/۳ درصد) (شکل ۳).

جدول ۲- میانگین ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک ارقام مورد مطالعه سیب‌زمینی در زمان برداشت

Table 2- Means of plant height, leaf area, fresh and dry weight in potato cultivars at harvest time

صفات	منابع نوری Light sources					رقم Cultivar	
	فلورسنت Fluorescent	سفید White	آبی-قرمز Blue-Red	قرمز Red	آبی Blue	ساوالان Savalan	آگریا Agria
ارتفاع بوته Plant Height (cm)	27.19 ^{*b}	24.24 ^b	34.60 ^a	23.61 ^b	31.23 ^{ab}	26.95 ^a	29.39 ^a
سطح برگ Leaf area (cm ² .plant)	524.63 ^a	455.00 ^a	566.21 ^a	387.20 ^a	529.48 ^a	482.61 ^a	502.00 ^a
وزن تر بوته Fresh weight (g.plant ⁻¹)	19.81 ^{ab}	17.46 ^{ab}	21.68 ^a	14.66 ^a	20.34 ^{ab}	20.68 ^a	16.90 ^b
وزن خشک بوته Dry weight (g.plant ⁻¹)	1.88 ^{ab}	1.70 ^{ab}	2.14 ^a	1.41 ^b	1.75 ^{ab}	2.11 ^a	1.44 ^b

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

*Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($P \leq 0.05$) based on LSD test

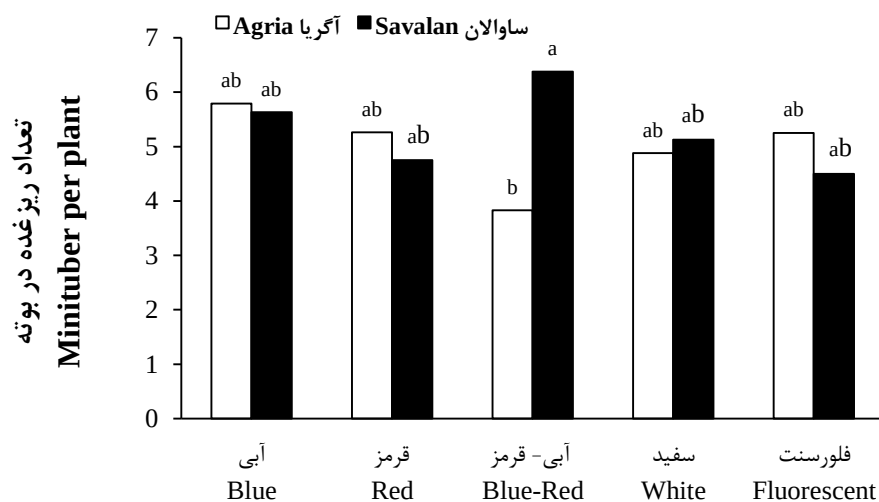
جدول ۳- میانگین تعداد ریزغده در بوته در گروه‌های وزنی در ارقام مورد مطالعه سیب‌زمینی در زمان برداشت

Table 3- Means of Number of minituber in different groups weight in potato cultivars at harvest time

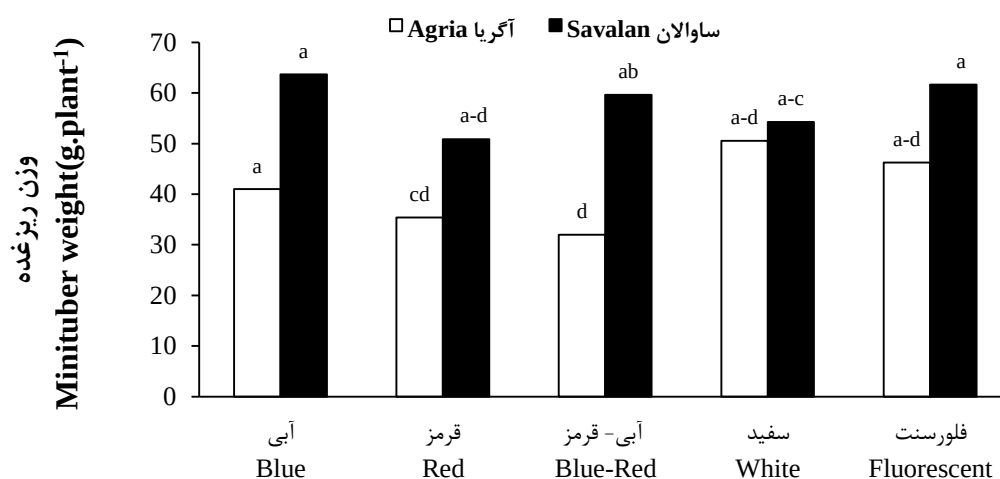
Table 3. Means of number of minituber in different groups weight in potato cultivars at harvest time							
تیمار		تعداد ریزغده در بوته	تعداد ریزغده در گروه‌های وزنی				
Treatments		Minituber per plant	گرم ۱ <1 g	گرم ۱-۵ 1-5 g	گرم ۵-۱۰ 5-10 g	گرم ۱۰-۱۵ 10-15 g	گرم ۱۵ >15 g
رقم Cultivar	آگریا Agria	5.00 ^{ab}	1.34 ^a	1.14 ^a	0.99 ^a	0.89 ^a	0.88 ^b
	ساوالان Savalan	5.28 ^a	0.58 ^b	1.01 ^a	1.23 ^a	1.11 ^a	1.38 ^a
منابع نوری Light sources	آبی Blue	5.71 ^a	1.23 ^a	1.28 ^a	0.98 ^a	1.01 ^a	1.23 ^a
	قرمز Red	5.00 ^a	1.10 ^a	0.97 ^a	1.57 ^a	0.54 ^a	1.10 ^a
	آبی-قرمز Blue-Red	5.10 ^a	1.01 ^a	1.55 ^a	1.05 ^a	0.82 ^a	0.92 ^b
	سفید White	5.00 ^a	0.82 ^{ab}	0.76 ^a	0.69 ^a	1.38 ^a	1.38 ^a
	فلورسنت Fluorescent	4.88 ^a	0.57 ^b	0.82 ^a	1.26 ^a	1.26 ^a	1.01 ^a

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

*Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($P \leq 0.05$) based on LSD test



شکل ۲- تعداد ریزغده در بوته در ارقام مورد مطالعه تحت منابع مختلف نوری
Figure 2- Number of minituber per plant in potato cultivars under different source of light



شکل ۳- وزن ریزغده در بوته در ارقام مورد مطالعه تحت منابع مختلف نوری
Figure 3- Minituber weight per plant in potato cultivars under different source of light

به‌طور کلی نتایج بررسی گلخانه‌ای نشان داد که گیاهچه‌هایی که در شرایط درون شیشه دارای سطح برگ کمتری بودند (دیود ساطع کننده نور قرمز) در شرایط گلخانه‌ای نیز سطح برگ کمتری تولید کردند. با توجه به اینکه سطح فتوسنتزی یکی از معیارهای مهم و تعیین‌کننده‌ی میزان تولید ماده‌ی خشک و در نهایت عملکرد گیاهان می‌باشد (۱۸)، میزان ماده تر و خشک تولیدی نیز تحت تأثیر این ویژگی قرار گرفت و میزان تولید ماده خشک و تر در طیف قرمز کمترین مقدار را دارا بود. با این وجود تعداد ریزغده‌های تولیدی تحت تأثیر طیف‌های مختلف نوری قرار نگرفت اما وزن ریزغده‌های تولیدی

تعداد و وزن ریزغده در گروه‌های مختلف وزنی در جدول‌های (۳) و (۴) ارائه شده است. در مقایسه بین ارقام از نظر تعداد ریزغده در بوته، همان‌گونه که مشاهده می‌شود رقم ساوالان در دو گروه وزنی کمتر از یک و ۵-۱ گرم از میانگین کمتری نسبت به رقم آگریا برخوردار بود درحالی‌که در گروه‌های وزنی بیش از پنج گرم، رقم ساوالان نسبت به آگریا برتری داشت (جدول ۳). اختلاف دو رقم در گروه وزنی بیش از ۱۵ گرم حدود ۵۷ درصد بود که به لحاظ آماری نیز معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود. این روند در مورد وزن ریزغده در بوته نیز مشاهده شد (جدول ۴).

در گیاهچه‌های رشد یافته در طیف‌های قرمز و فلورسنت به ترتیب کمترین و بیشترین وزن ریزغده را دارا بودند.

جدول ۴- میانگین صفات وزن ریزغده در بوته و گروه‌های وزنی در ارقام مورد مطالعه سیب‌زمینی در زمان برداشت
Table 4- Means of minituber weight per plant in different groups weight in potato cultivars at harvest time

Table 4- Means of minituber weight per plant in different groups weight in potato cultivars at harvest time							
تیمار		وزن ریزغده در بوته	وزن ریزغده در گروه‌های وزنی				
		Minituber weight (g.plant ⁻¹)	Minituber weight per plant in different groups weight (g.plant ⁻¹)				
			گرم < ۱ <1 g	گرم ۱-۵ 1-5 g	گرم ۵-۱۰ 5-10 g	گرم ۱۰-۱۵ 10-15 g	گرم > ۱۵ >15 g
Treatments							
رقم Cultivar	آگریا Agria	41.06 ^{ab}	0.47 ^a	2.95 ^a	7.37 ^a	11.05 ^a	19.28 ^b
	ساوالان Savalan	58.02 ^a	0.17 ^b	2.93 ^a	9.51 ^a	13.71 ^a	31.71 ^a
	آبی Blue	52.33 ^a	0.34 ^a	3.68 ^a	7.66 ^a	12.88 ^a	27.80 ^a
منابع نوری Light sources	قرمز Red	43.15 ^a	0.32 ^a	2.42 ^a	12.32 ^a	6.26 ^a	21.84 ^a
	آبی-قرمز Blue-Red	45.84 ^a	0.33 ^a	4.02 ^a	7.59 ^a	10.09 ^a	23.83 ^a
	سفید White	52.41 ^a	0.34 ^a	2.18 ^a	5.20 ^a	16.73 ^a	27.99 ^a
	فلورسنت Fluorescent	53.96 ^a	0.20 ^a	2.39 ^a	9.44 ^a	15.94 ^a	26.02 ^a

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

*Means with similar letters in each treatment are not significantly different ($P \leq 0.05$) based on LSD test

منابع

- 1- Aksenova N.P., Konstantinova T.N., Sergeeva L.I., Machachkova I., and Golyanovskaya S.A. 1994. Morphogenesis of potato plants *in-vitro*. 1. Effect of light quality and hormones. Journal of Plant Growth Regulation 13:143-146.
- 2- Avercheva O.V., Berkovich Y.A., Erokhin A.N., Zhigalova T.V., Pogosyan S.I., and Smolyanina S.O. 2009. Growth and photosynthesis of Chinese cabbage plants grown under Light- Emitting Diode-based light source. Russian Journal of Plant Physiology 56:14-21.
- 3- Chindi A., Giorgis G.W., Solomon A., Tessama L., and Negash K. 2014. Rapid multiplication techniques (RMTs): A tool for the production of quality seed potato (*Solanum tuberosum* L.) in Ethiopia. Asian Journal of Crop Science 6:176-185.
- 4- Donnelly D.J., Coleman W.K., and Coleman S.E. 2003. Potato micro-tuber production and performance: A review. American Journal of Potato Research 80:103-115.
- 5- Economou A.S., and Read P.E. 1987. Light treatments to improve efficiency of *in vitro* propagation system. HortScience 22:751-754.
- 6- Fillipo R.V.H., Cano G.H.B., and Chaves O.J.A. 2010. LED lighting applications. Science and Technology 45:13-18.
- 7- Folta K.M. 2004. Green light stimulates early stem elongation, antagonizing light mediated growth inhibition. Plant Physiology 135:1407-1416.
- 8- Gopal J., Chamail A., and Sarkar D. 2005. Use of microtubers for slow growth *in vitro* conservation of potato germplasm. Plant Genetic Resources - News 114:56-60.
- 9- Haghighi M., and Pessarakli M. 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. Scientia Horticulturae 161:111-117.
- 10- Hayashi M., Fujita N., Kitaya Y., and Kozai T. 1992. Effect of sideward lighting on the growth of potato plantlets in vitro. Acta Horticulturae 319:163-166.
- 11- Hoagland D.R., and Arnon D.I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Search Results

- California Agricultural Experiment Station Circular. 347:1-32.
- 12- Hogewoning S.W., Trouwborst G., Maljaars H., Poorter H., Ieperen W.V., and Harbinson J. 2010. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of Experimental Botany* 61:3107–3117.
- 13- Jackson J.A., and Jenkins G.I. 1995. Extension-growth responses and expression of flavonoid biosynthesis genes in the *Arabidopsis* *hy4* mutant. *Plantarum* 197:233-239.
- 14- Kim H.H., Goins G.D., Wheeler R.M., and Sager J.C. 2004 .Green light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue-light-emitting diodes. *HortScience* 39:1617-1622.
- 15- Kubasek W.L., Shirley B.W., McKillop A., Goodman H.M., Briggs W., and Ausubel F.M. 1992. Regulation of flavonoid biosynthetic genes in germinating *Arabidopsis* seedlings. *Plant Cell* 4:1229-1236.
- 16- Miyashita Y., Kimura T., Kitaya Y., and Kozai T. 1994. Effects of red on the growth and morphology of potato plantlets in vitro: An experimental use of light emitting diodes (LEDs) as a light source for tissue culture. *Artificial Lighting in Hort. Third International Symposium. Noordwijkerhout, the Netherlands* 23–27 Jan.
- 17- Murashige T., and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15:473–497.
- 18- Paniagua Pardo G., Hernández Aguilar C., Rico Martínez F., Domínguez Pacheco A., Martínez González C., and Martínez Canseco M. 2014. Effects of light emitting diode high intensity on growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L.) seedlings. *Annual Review & Research in Biology* 4:2983-2994.
- 19- Pérez B.S., Moreno A.D., and García V.C. 2008. Influence of light on health-promoting phytochemicals of broccoli sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 8: 904–910.
- 20- Samuoliene G., Brazaityte A., Urbonaviciute A., Sabajeviene G., and Duchovskis P. 2010. The effect of red and blue light component on the growth and development of frigo strawberries. *Zemdirbyste* 97: 99-104.
- 21- Schuerger C.A., Brown S.C., and Stryjewski C.E. 1997. Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light. *Annals of Botany* 79:273-282.
- 22- Taiz L., and Zeiger E. 2010. *Plant Physiology*, 5th Edition Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- 23- Tamulaitis G., Duchovskis P., Bliznikas Z., Breivė K., Ulinskaitė R., Brazaitytė A., Novickovas A., and Zukauskas A. 2005. High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation. *Journal of Physics D: Applied Physics* 38:3182–3187.
- 24- Tennessen D.J., Singsaas E.L., and Sharkey T.D. 1994. Light-emitting diodes as a light source for photosynthesis research. *Photosynthesis Research* 39: 85-92.
- 25- Xu H.I., Xu Q., Li F., Feng Y., Qin F., and Fang W. 2012. Applications of xerophytophysiology in plant production-LED blue light as a stimulus improved the tomato crop. *Horticultural Science* 148:190–196.
- 26- Yorio N.C., Goins G.D., Kagie H.R., Wheeler M.R., and Sager J.C. 2001. Improving spinach, radish, and lettuce growth under red light emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. *Hortscience* 36: 380–383.
- 27- Zhang L., and Wong M.H. 2007 .Environmental mercury contamination in China: Sources and impacts. *Environment International* 33:108-121.
- 28- Zobayed M., Armstrong J., and Armstrong W. 2001. Micro propagation of potato: Evaluation of closed, diffusive and forced ventilation on growth and tuberization. *Annals of Botany* 87: 53-59.



Effect of Different Light Sources on Morphology and Growth of Potato Plantlets under *in-vitro* Conditions and their Effect on Minituber Production in Greenhouse

J. Nabati^{*1} - A. Boroumand Rezazadeh² - M. Zare Mehrjerdi³ - M. Kafi⁴

Received: 31-07-2016

Accepted: 30-08-2017

Introduction: Conventional seed programmes take more than 10 years and diseases during each round of field multiplication become increasingly common and especially those transmitted through seed tubers. In contrast, the production of large volume of propagation material in protected environments requires only a few additional years of traditional seed multiplication in the field to produce the desired seed with an improved health status. This is useful especially in countries where there are no vector-free production areas for producing high quality potato seed tubers. In the last few decades, alternative seed production programmes have been developed in which the first multiplication steps are speeded up using *in vitro* plantlets, microtubers or minitubers. In the area of controlled environment agriculture (CEA), one of the most commonly discussed topics is lighting. The lighting system is generally the most expensive component of a controlled environment agriculture facility in terms of upfront costs as well as ongoing expenses (electricity use as well as replacement lamps). Naturally, advances in lighting technology are of great interest to the controlled environment agriculture community for these very reasons. Light emitting diodes (LEDs) are the most recent lighting technology to enter the controlled environment agriculture arena and have great potential to improve performance and reduce the overall cost of controlled environment lighting. Growth and morphogenetic effects of light (quality, intensity, and duration) and phytohormones are well documented, but their modes of action and mutual interactions are far from clear. One of the important questions is whether at least some of the morphogenetic effects of light are mediated by changes in phytohormone levels. This experiment was conducted in order to study the effect of different light sources on morphology and growth of potato plantlets under *in-vitro* conditions and their effect on minituber production in greenhouse to decrease energy consumption and production costs.

Materials and Methods: A factorial experiment was conducted based on completely randomized design with six replications under *in-vitro* conditions and four replications in greenhouse. Factors were consisted of cultivars (cv. Agria and Savalan) and light sources (LEDs emitting red, blue, white, combination of red and blue and also tubular fluorescent lamps as control). The experiment was carried out at the tissue culture laboratory of Yeka Seed Technology of Iran. Disease-free potato *in vitro* plantlets of Agria and Savalan cultivars were derived from the potato germplasm bank of Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran. The plantlets were propagated using single-node cutting. Eight explants were cultured in sterilized culture vessels containing 30 ml of MS and pH was set to 5.8 before adding agar and autoclaving. Culture vessel were closed with polycarbonate caps and sealed with household plastic foil and were placed in a growth chamber at 24 °C and 16 h photoperiod for 4 weeks.

Results and Discussion: Results indicated that red spectrum caused an increase in plantlet height and Agria had a higher plantlet height under *in-vitro* conditions. Root length was higher in red-blue combination and no difference was observed between cultivars under *in-vitro* condition. The highest and lowest leaf area was obtained in white and red spectrum, respectively. Also, Savalan showed a higher leaf area in comparison with Agria. The lowest node number in plantlets was observed in red spectrum and the highest in white. The highest and lowest internode length was related to red and blue spectrum, respectively. Fluorescent light was resulted in the lowest plantlet fresh weight and no significant difference was observed among other treatments according to this parameter. Stem diameter and number of branches was not affected by different lights. Results of greenhouse study indicated that light conditions before transplanting of plantlets did not affected minituber number, while minituber weight was significantly affected by this factor and the lowest mean of this parameter was obtained in red spectrum compared to the other treatments.

Conclusion: Generally, results showed that less leaf area plantlet *in vitro* was also less leaf area in

1- Member of Staff, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)

2 and 4- Ph.D. in Agronomy and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Member of Staff, Shirvan Higher Education Complex, Shirvan, Iran

greenhouse (red light emitting diode). Leaf area is an important criteria for photosynthetic and biomass production. Therefore, in this experiment fresh and dry matter production was affected by this characteristics and red light showed the lowest dry matter production. LEDs could be considered as suitable light sources producing plantlets comparable with those grown under fluorescent light under in-vitro conditions along with saving energy and ultimately lower production cost.

Keywords: Agria, Fluorescent, LED, Savalan, Spectrum



تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر اجزای عملکرد و عناصر معدنی کلم بروکلی (*Brassica oleracea* var. *italica*) در شرایط کشت بدون خاک

کامران قاسمی^{۱*} - سید مصطفی عمادی^۲ - یوسف قاسمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۰

چکیده

کلم بروکلی یکی از پرارزش‌ترین اعضای خانواده کلم‌هاست که به طور گسترده در دنیا مورد توجه بوده و به صورت کشت بدون خاک نیز تولید می‌شود. در تحقیق حاضر ترکیب‌های مختلف برای کشت بدون خاک کلم بروکلی در فضای باز مقایسه شده و عملکرد محصول و غلظت عناصر غذایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. ده نوع بستر کاشت شامل: کوکوپیت، پرلیت، ماسه، خاک اره، ترکیب ماسه و خاک اره، ترکیب ماسه و ورمی‌کمپوست، ترکیب کوکوپیت پرلیت، ترکیب کوکوپیت لیکا، ترکیب کوکوپیت پامیس، ترکیب کوکوپیت پرلیت ورمی‌کمپوست در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. براساس نتایج بدست آمده ارتفاع بوته، درصد ماده خشک و تعداد هد جانبی تحت تأثیر نوع بستر نبود ولی اثر نوع محیط کشت بر وزن و قطر هد اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین قطر و وزن هد اصلی (به ترتیب ۲۲۲/۱۸ میلی‌متر و ۲۹۶/۰۸ گرم) مربوط به بستر ترکیبی ماسه و ورمی‌کمپوست بود. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که به استثنای دو عنصر نیتروژن و روی، بستر کاشت اثر معنی‌داری بر غلظت سایر عناصر معدنی مورد آزمایش در بخش خوراکی کلم بروکلی نداشته است. بیشترین غلظت نیتروژن در بخش خوراکی کلم بروکلی مربوط به دو بستر پرلیت خالص و خاک اره به ترتیب با ۳۲/۱۰ و ۴۱/۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک بوده است و بیشترین غلظت عنصر روی هم در بروکلی‌های کاشته شده در بستر خاک اره با ۶۲/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک دیده شد که به طور معنی‌داری از تمامی بسترهای دیگر بیشتر بوده است. با بررسی همبستگی صفات مختلف مورد بررسی در این آزمایش مشخص شد که سه صفت ارتفاع بوته، قطر هد و وزن هد وابستگی مثبت و معنی‌داری با هم داشته‌اند. با توجه به نتایج حاصل از عملکرد می‌توان استفاده از ورمی‌کمپوست را به عنوان یکی از اجزای بستر کاشت کلم بروکلی در سامانه‌های بدون خاک پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: پرلیت، کوکوپیت، ماسه، محیط کشت، ورمی‌کمپوست

مقدمه

بوده و به علت داشتن ترکیبات گوگردی مانند سولفورافان، وجود مقادیر کافی عنصر گوگرد در کیفیت محصول تولیدی بسیار حایز اهمیت است.

محدودیت منابع آب و خاک به عنوان دو نهاده اصلی تولید محصولات کشاورزی به علاوه مشکلاتی نظیر شوری، سدیمی و ماندابی خاک مسائل مهمی هستند که در کشور با آن روبرو هستیم (۱۸). با در نظر گرفتن شرایط فوق‌الذکر یکی از مهمترین راهکارهای خروج از این بحران‌ها کشت بدون خاک است. محدودیت آب خصوصاً برای محصولاتی مانند کلم‌ها که نیاز آبی بالایی دارند حادث شده لذا توجه به کشت بدون خاک این محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. امروزه در کشت بدون خاک از مواد آلی و معدنی مختلفی به عنوان بستر کاشت استفاده می‌گردد. هر یک از این مواد دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند. بطور کلی، موادی که به عنوان بستر کاشت و محافظ ریشه گیاه در کشت بدون خاک استفاده

کلم بروکلی یکی از پرارزش‌ترین اعضای خانواده کلم‌هاست که به طور گسترده در دنیا مورد توجه می‌باشد و به تازگی به طور محدودی در ایران نیز مورد کشت و کار قرار گرفته است. به همین علت جهت دستیابی به تولید کمی و کیفی مطلوب این سبزی نیاز به پژوهش‌های بومی می‌باشد (۵). کلم بروکلی مانند سایر واریته‌های کلم، به صورت نشاکاری کشت می‌شود. نیاز آبی و غذایی بروکلی بالا

۱ و ۳- استادیاران گروه باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(*)- نویسنده مسئول: (Email: kamranghasemi63@gmail.com)

۲- استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

ورمی کمپوست- خاک) و معدنی (شن و پرلیت) نشان داد که میوه‌ها در بسترهای آلی بطور معنی‌داری، دارای کلسیم و ویتامین ث بیشتر و آهن کمتری نسبت به بسترهای معدنی بودند (۲۰). ایکدا و تان (۱۳)، بیان کردند که بسترهای معدنی نسبت به بسترهای آلی عملکرد میوه در گوجه فرنگی را کاهش می‌دهد. آباد و همکاران (۱) اظهار داشتند که فسفر و پتاسیم قابل جذب در کوکوپیت به ترتیب از ۰/۲۸ تا ۲/۸۱ مول در متر مکعب و ۲/۹۷ تا ۵۲/۶۶ مول در متر مکعب متغیر بوده که نسبت به بستر کشت پیت ماس بسیار بیشتر است. ایندن و تورس (۱۴) بیشترین عملکرد گوجه فرنگی را در بستر پرلیت و پوسته برنج گزارش کردند. تزورتزاکیس و اکوناماکیس (۲۹) گزارش کردند که افزودن ضایعات ذرت موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی نسبت به بسترهای کشت معدنی می‌گردد. آنها همچنین بیان کردند که رشد گیاهان در بستر کشت‌های آلی در مقایسه با بسترهای معدنی بیشتر است. دیلمقانی و همتی (۱۰) با مقایسه نسبت‌های مختلف پرلیت- کوکوپیت به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد گوجه فرنگی در نسبت‌های ۷۵-۲۵ و ۵۰-۵۰ بدست آمد. آصف و همکاران (۵) و توپکو و همکاران (۲۸) در کشت بدون خاک کلم بروکلی از نسبت مساوی کوکوپیت و پرلیت استفاده کردند.

درصد بالایی از اراضی قابل کشت در ایران به درجات مختلف با مسائل شوری، سدیمی و ماندابی بودن روبرو می‌باشند. بر همین اساس لازم است توجه ویژه‌ای به تولید محصولات کشاورزی در محیط کنترل شده به ویژه سیستم‌های کشت بدون خاک یا هیدروپونیک معطوف شود. لذا با توجه به گسترش روز افزون سامانه‌های کشت بدون خاک و اهمیت غیرقابل انکار بستر کشت بر موفقیت این روش، در تحقیق حاضر ترکیب‌های مختلف برای کشت کشت بدون خاک کلم بروکلی در فضای باز مقایسه شده و عملکرد محصول و جذب عناصر غذایی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش بصورت کشت بدون خاک در فضای باز و در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در پاییز و زمستان ۱۳۹۴ اجرا شد. عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۵- از سطح دریا می‌باشد. ابتدا در تاریخ ۸ مهر ماه بذر کلم بروکلی در سینی‌های نشا که حاوی بستر کوکوپیت بود کاشته شد و بعد از پنج هفته یعنی در تاریخ ۱۳ آبان ماه نشاها که دارای دو برگ حقیقی توسعه یافته بودند به بستر اصلی منتقل شدند. ده نوع بستر کاشت شامل: کوکوپیت، پرلیت، ماسه، خاک اره، ترکیب ماسه و خاک اره (۱:۱)، ترکیب ماسه و ورمی کمپوست (۱:۱)، ترکیب کوکوپیت پرلیت (۱:۱)، ترکیب کوکوپیت لیکا (۱:۱)، ترکیب کوکوپیت پامیس (۱:۱)،

می‌شوند باید از ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی بالا، تهویه کافی، زهکشی مناسب، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا برخوردار بوده و همچنین نباید هیچگونه تأثیر سوء و مضر برای گیاه داشته باشند (۱۵). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترهای رشد به طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر عملکرد و کیفیت محصول مؤثر هستند (۲۵). برای تولید موفق محصولات در کشت بدون خاک احتیاج به ذخیره کافی از مواد غذایی در بسترهای مختلف کشت در هر مرحله از رشد گیاه می‌باشد (۱۰). بستر هیدروپونیک می‌بایست به راحتی زهکشی شود، قدرت تهویه مناسبی داشته باشد، توانایی و ظرفیت نگهداری آب آن خوب باشد، عاری از بذور علف‌های هرز و مواد مضر دیگر بوده و با قیمت ارزانی قابل تهیه باشد (۸).

مطالعات زیادی اثر بستر کاشت بر عملکرد سبزی‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند ولی تنها تعداد کمی از پژوهش‌ها به پارامترهای کیفی محصولات در ارتباط با بستر کاشت پرداخته‌اند (۱۹). صابری (۲۲) در پژوهشی نشان داد که کوکوپیت و پرلیت باعث افزایش غلظت پتاسیم و منیزیم در شاخساره و میوه گوجه فرنگی می‌گردد. خاک اره از بسترهای آلی است که به علت فراوانی، قیمت کم، سبکی و تمیزی، به عنوان بستر مناسب مورد توجه قرار گرفته است. یوسفیان و همکاران (۳۲) در بررسی دو بستر پرلیت و پوسته شلتوک برای کشت گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که افزودن پرلیت به پوسته شلتوک موجب افزایش معنی‌دار تعداد میوه و عملکرد در مقایسه با تیمار پوسته شلتوک شد. در این پژوهش بیشترین طول ساقه و تعداد گره و برگ نیز در گیاهان رشد کرده در بستر پرلیت خالص مشاهده شد. سان‌باتیستا و همکاران (۲۴) اعلام کردند که عملکرد بروکلی تحت تأثیر دو نوع بستر پرلیت و کوکوپیت قرار نگرفت. این درحالی بود که اختلال قهوه‌ای شدن جوانه در بستر پرلیت به طور معنی‌داری بیشتر بود.

نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که رشد گیاهان در بسترهای معدنی (مانند پرلیت، پشم سنگ و ماسه) بیشتر از بسترهای آلی است (۱۹). پرلیت شرایط مناسب برای رشد گیاه مانند تهویه، زهکشی و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه در ترکیب با سایر بسترها را فراهم می‌کند (۲۵). امیری و همکاران (۲) بستر پرلیت را موجب زودرسی و افزایش عملکرد بادمجان تشخیص دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد بیشترین تعداد گره، وزن تر و خشک اندام هوایی، بیشترین تعداد میوه و عملکرد مربوط به تیمار پرلیت ۹۵ درصد و هیدروژل ۵ درصد بود. کمترین تعداد روز تا گلدهی بوته نیز مربوط به تیمار پرلیت ۱۰۰ درصد بود.

با این حال تعداد مطالعاتی که نشان می‌دهند بسترهای ترکیبی آلی- معدنی برای رشد سبزی‌ها مناسبتر است، رو به افزایش می‌باشد (۱۲). کاشت گیاه گوجه فرنگی در بسترهای آلی (کمپوست و مخلوط

ترکیب کوکوپیت پرلیت ورمی کمپوست (۱:۱:۱) در سه تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد مقایسه قرار گرفتند. بسترهای فوق‌الذکر در کیسه‌های رشد (گروپگ) به ابعاد ۱۵×۲۵×۱۰ سانتی‌متر ریخته شده و نشاهای رشد کرده‌ی کلم بروکلی از خزانه به این بسترها منتقل شدند. کیسه‌های رشد در فضای

آزاد قرار داده شده و با محلول غذایی مشابه تغذیه شدند. ترکیب محلول غذایی مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است. این محلول غذایی با توجه به شرایط آب و هوایی و خشک شدن بستر به طور متوسط هفته‌ای دو بار به گیاه داده می‌شد.

جدول ۱- ترکیب محلول غذایی مورد استفاده در کشت بدون خاک فضای باز کلم بروکلی

Table 1- Nutrient solution formulation used for broccoli production in outdoor hydroponic system

عنصر Element	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
غلظت Concentration (mg L ⁻¹)	153.7	70	144	170	61	82	0.7	0.08	5	2	0.05	0.25

نتایج و بحث

براساس نتایج بدست آمده ارتفاع بوته، درصد ماده خشک و تعداد هد جانبی تحت تأثیر نوع بستر مورد استفاده قرار نگرفتند (جدول ۲). این در حالیست که اثر نوع محیط کشت بر دو صفت بسیار مهم یعنی وزن و قطر هد اصلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). از آنجایی‌که عملکرد و اندازه محصول شاخص‌های بسیار مهمی در تولید محصولات باغبانی هستند لذا اثر بستر کاشت باید در این زمینه مورد توجه جدی قرار گیرد. همانطور که در جدول ۳ آمده است، بیشترین قطر هد اصلی مربوط به بستر ماسه + ورمی کمپوست بوده است که البته اختلاف آن با کوکوپیت تنها، کوکوپیت + لیکا و کوکوپیت + پرلیت + ورمی کمپوست معنی‌دار نبود.

بیشترین وزن هد اصلی مربوط به بستر ترکیبی ماسه و ورمی کمپوست بود که به طور معنی‌داری از تمامی بسترهای دیگر بهتر بوده است (جدول ۴). تحقیقات آرانکون و همکاران (۳) نیز نشان داد که استفاده از ورمی کمپوست در بستر کاشت، میزان رشد و عملکرد توت فرنگی را به طور معنی‌داری افزایش داد. براساس یک قانون کلی زمانی‌که ماده آلی و میزان تخلخل کل در نتیجه افزودن ماسه کاهش می‌یابد، وزن مخصوص حقیقی خشک و تر بستر افزایش می‌یابد (۲۷). البته در صورتی‌که از ظروف مقاوم استفاده شود این مشکل نیز تا اندازه زیادی حل می‌گردد.

بهات و همکاران (۶) گزارش کردند که بستر کاشت با ترکیبی از ورمی کمپوست، خزه اسفاگونوم و پرلیت برای رشد کلم گل مناسب می‌باشد. این بستر پیشنهادی مشابه بستر کوکوپیت + پرلیت + ورمی کمپوست در آزمایش ما می‌باشد که قطر هد و وزن هد مناسبی را تولید نمود. به طور کلی اگر بخواهیم بسترهای مورد استفاده در این آزمایش را از نظر عملکرد هد اصلی مورد مقایسه قرار دهیم روند زیر حاصل می‌شود:

در پایان دوره رشد، ابتدا صفات رویشی و اجزای عملکرد شامل ارتفاع بوته، وزن هد اصلی، قطر هد اصلی، تعداد هد جانبی و درصد ماده خشک قسمت خوراکی ارزیابی شده و سپس عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد و همچنین چهار عنصر غذایی کم مصرف شامل آهن، مس، روی و منگنز اندازه‌گیری شدند. قطر هد اصلی با استفاده از کولیس دیجیتالی دستی اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین درصد ماده خشک، بخش خوراکی کلم بروکلی در آونی با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شده و سپس مجدداً توزین گردید. وزن خشک بدست آمده به صورت درصد ماده خشک گزارش شد.

به منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی نمونه‌های برداشت شده از هر تیمار، با آب مقطر شستشو و در مای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به خاکستر تبدیل شد. هضم نمونه‌ها با استفاده از اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه در لوله‌های مخصوص انجام شد. مقدار نیتروژن گیاه به روش میکرو-کج‌لدال (۳۱)، میزان فسفر گیاه در طول موج ۴۷۰ نانومتر و با دستگاه اسپکتروفوتومتر، میزان پتاسیم گیاه با دستگاه فلیم فتومتر و کلسیم، منیزیم و میزان عناصر کم مصرف گیاه (Fe, Zn, Cu, Mn) به روش خاکستر خشک به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل Varian-Spectr AA-10 مطابق روش‌های ارائه شده آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (۱۱). اندازه‌گیری گوگرد به روش ارائه شده توسط کوئین و وود (۲۱) اندازه‌گیری شد.

آنالیز داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک و پنج درصد انجام گرفت. برداشت قسمت خوراکی کلم بروکلی در اسفند ماه انجام شده و صفات مرتبط با عملکرد، اجزای عملکرد و عناصر غذایی اندازه‌گیری شدند.

عملکرد قابل قبولی نسبت به سایر بسترها تولید کرد و در سایر صفات نظیر ارتفاع بوته، قطر هد و تعداد هد جانبی نیز اختلاف معنی داری با بهترین بستر نداشت (جدول ۴). ورمی کمپوست به علت دارا بودن عناصر غذایی مانند کلسیم، منیزیم و فسفر و همچنین آنزیم‌های محرک رشد به همراه شن در این بستر کشت شرایط را برای رشد بیشتر ریشه و حرکت مناسب عناصر غذایی به علت نفوذپذیری بالای شن و امکان حرکت مناسب املاح و جذب بیشتر عناصر غذایی را برای کلم بروکلی فراهم کرده است.

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که بستر ترکیبی آلی و معدنی بهتر از ترکیب خالص بود. تحقیقات زیادی وجود دارند که نشان می‌دهند گیاه در بسترهای خالص نمی‌تواند بهترین عملکرد را داشته باشد لذا جهت مهیا کردن شرایط مورد نیاز گیاهان از بسترهای آلی و معدنی به نسبت‌های مختلف استفاده می‌شود (۱۳ و ۱۴).

ماسه+ورمی کمپوست< کوکوپیت + پرلیت + ورمی کمپوست< کوکوپیت / کوکوپیت + لیکا< ماسه / کوکوپیت + پامیس< پرلیت / خاک اره< ماسه + خاک اره / کوکوپیت + پرلیت

همانطور که دیده می‌شود پرلیت خالص و خاک اره خالص عملکرد نسبتاً پایینی داشته و از نظر آماری هم تفاوت معنی داری با هم نداشتند.

براساس نتایج یک پژوهش روی دو نوع بستر پرلیت و کوکوپیت نشان داد که عملکرد بروکلی تحت تأثیر این دو بستر قرار نگیرد (۲۴). دلشاد و همکاران (۹) نیز اعلام کردند پرلیت در مقایسه با خاک اره از نظر عملکرد گوجه فرنگی در یک سطح قرار دارند. نشانهایی که بسترهایی با بیش از ۵۰ درصد کوکوپیت داشته‌اند کاهش رشد رخ داد که می‌تواند به علت نسبت بالای C/N آن باشد (۴). در این تحقیق چنین حالتی دیده نشد زیرا هرچند که کوکوپیت خالص از نظر وزن هد اصلی به طور معنی داری کمتر از ماسه + ورمی کمپوست بود ولی

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات رویشی و اجزای عملکرد کلم بروکلی در بسترهای مختلف کاشت

Table 2- ANOVA for vegetative parameters and yield components of broccoli in different substrate culture

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares				
		ارتفاع بوته Plant Height	قطر هد اصل وزن Head diameter	وزن هد اصلی Head weight	ماده خشک Dry matter	تعداد هد جانبی در بوته Auxiliary head No.
بسترهای کاشت Substrate	9	45.91 ^{ns}	4357.21 ^{**}	14693.40 ^{**}	2.24 ^{ns}	5.41 ^{ns}
خطا Error	20	20.60	1048.95	2168.07	2.46	8.03
ضریب تغییرات CV	-	13.12	21.95	33.75	13.67	50.92

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** indicate statistical non-significant, significance at 5% and 1% level of confidence, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس عناصر معدنی کلم بروکلی در بسترهای مختلف کاشت

Table 3- ANOVA for mineral elements of broccoli in different Substrate

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean of Square								
		نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	گوگرد S	منیزیم Mg	کلسیم Ca	آهن Fe	روی Zn	مس Cu
بسترهای کاشت Substrate	9	34.70 [*]	11.78 ^{ns}	7.75 ^{ns}	12.23 ^{ns}	3.55 ^{ns}	0.03 ^{ns}	4070.67 ^{ns}	159.97 ^{**}	6.43 ^{ns}
خطا Error	20	11.53	7.81	15.79	9.29	3.29	0.02	4347.96	26.31	5.23
ضریب تغییرات CV	-	9.09	8.34	12.93	85.97	39.37	19.54	56.42	10.89	21.30

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** indicate statistical non-significant, significance at 5% and 1% level of confidence, respectively

جدول ۴- صفات رویشی و اجزای عملکرد کلم بروکلی در بسترهای مختلف کاشت

Table 4- Vegetative parameters and yield component of broccoli in different media

بسترهای کاشت Substrates	ارتفاع بوته Height (cm) ^{ns}	قطر هد اصل وزن Head diameter (mm) **	وزن هد اصلی Head weight (g) **	ماده خشک Dry matter (%) ^{ns}	تعداد هد جانبی Auxiliary head No. ^{ns}
کوکوپیت Cocopeat	37.67 ^a	169.35 ^{abc}	172.00 ^{bc}	13.84 ^a	3.33 ^a
پرلیت Perlite	32.67 ^a	115.34 ^{cd}	83.72 ^{cd}	11.61 ^a	5.33 ^a
ماسه Sand	36.33 ^a	134.30 ^{bcd}	111.49 ^{bcd}	11.48 ^a	5.00 ^a
خاک اره Sawdust	30.33 ^a	107.63 ^{cd}	87.62 ^{cd}	11.47 ^a	6.00 ^a
ماسه+خاک اره Sand+Sawdust	32.67 ^a	130.05 ^{bcd}	72.64 ^d	11.26 ^a	8.00 ^a
ماسه+ورمیکمپوست Sand+Vermicompost	39.67 ^a	222.18 ^a	296.08 ^a	11.20 ^a	6.67 ^a
کوکوپیت+پرلیت Cocopeat+Perlite	27.67 ^a	104.42 ^d	74.64 ^d	11.11 ^a	5.00 ^a
کوکوپیت+لیکا Cocopeat+LECA	37.67 ^a	168.70 ^{abc}	164.91 ^{bc}	11.04 ^a	4.00 ^a
کوکوپیت+پامیس Cocopeat+Pumice	33.00 ^a	137.06 ^{bcd}	127.32 ^{bcd}	10.80 ^a	6.00 ^a
کوکوپیت+پرلیت+ورمیکمپوست Cocopeat+Perlite+Vermicompost	38.33 ^a	186.24 ^{ab}	189.22 ^b	11.04 ^a	6.33 ^a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار (P<0.01) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.01) based on Duncan's multiple range test

علت جذب بیشتر مواد غذایی در این بستر کشت باشد. ظاهراً در تحقیق حاضر محلول غذایی غلیظ بوده لذا با اینکه پرلیت موجب جذب زیاد مواد غذایی شد ولی عملکرد کاهش یافت. سیوموس و همکاران (۲۶) گزارش کردند که کاهوهای برداشت شده از بسترهای معدنی نظیر پرلیت و پامیس میزان ماده خشک، کلروفیل، منیزیم، منگنز و آهن بیشتری نسبت به کشت خاکی داشتند.

در مورد خاک اره انتظار بر این بود که به علت مصرف نیتروژن توسط باکتری‌های تجزیه‌کننده، گیاه با کاهش میزان نیتروژن مواجه گردد (۳۰) ولی این اتفاق رخ نداد. دو احتمال در اینجا قابل طرح است. اول اینکه کمبود در برگ‌ها بوجود آمده و از آنجایی که این عنصر در گیاه متحرک است براحتی از برگ‌ها به قسمت خوراکی بازتوزیع شده است. لذا نیتروژن محاسبه شده نتیجه بازتوزیع نیتروژن در گیاه بوده است. احتمال دوم اینکه میزان نیتروژن بکار رفته در محلول غذایی به اندازه کافی بوده که هم به میکروارگانیزم‌های تجزیه‌کننده برسد و هم نیاز گیاه را تأمین نماید. خاک اره هم محیطی است که نسبت سطح به حجم زیادی نداشته لذا یون‌ها را روی خود تثبیت نمی‌کند به همین دلیل جذب بالای نیتروژن را شاهد بوده‌ایم. بنابراین برخلاف نظر رایج در مورد خاک اره، در صورتی که

همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که به استثنای دو عنصر نیتروژن و روی، بستر کاشت اثر معنی‌داری بر غلظت سایر عناصر معدنی مورد آزمایش در بخش خوراکی کلم بروکلی نداشت (جدول ۳). این مسئله گویای آن است که نوع ترکیب محلول غذایی و میزان استفاده از آن در کشت‌های بدون خاک بسیار مهم‌تر از نوع بستر می‌باشد و شاید بتوان گفت که در صورت بکارگیری محلول غذایی مناسب و به مقدار بهینه می‌توان محصولاتی تولید کرد که عملاً کمبود خاصی از نظر عناصر غذایی نداشته باشند. مارینو و همکاران (۱۶) نیز در تحقیق خود با مقایسه انواع مختلف بسترهای کاشت توت فرنگی اختلاف معنی‌داری در جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سدیم مشاهده نکردند.

بیشترین غلظت نیتروژن در بخش خوراکی کلم بروکلی مربوط به دو بستر پرلیت خالص و خاک اره بود (جدول ۵). از آن جهت که پرلیت دارای سطح تبادل پایینی است لذا یون‌ها را روی خود نگه نمی‌دارد و احتمالاً به همین علت آزادسازی نیترات و جذب آن توسط گیاه در بستر پرلیت راحت‌تر از سایر بسترها صورت گرفته است. مبلی و همکاران (۱۷) نیز اعلام کردند که حداکثر صفات رشد رویشی مربوط به بستر پرلیت خالص بوده است که این مسئله می‌تواند به

بستر خاک اره دیده شد که به طور معنی‌داری از تمامی بسترهای دیگر بیشتر بوده است (جدول ۵). از آنجایی که خصوصیت چوب‌های درختان مختلف متفاوت است لذا احتمالاً، افزایش میزان عنصر روی در بستر خاک اره به منبع خاک اره به ویژه گونه درخت، نوع تغذیه و خاکی که درخت در آن رشد یافته و سپس از چوب آن خاک اره تولید شده بود بستگی کامل دارد. این نتیجه هم بیانگر آن است که توجه به خصوصیات خاک اره به خصوص میزان عناصر غذایی و سایر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی باید قبل از مصرف آن به عنوان بستر کاشت مورد توجه جدی قرار گیرد.

محلول غذایی بکار رفته حاوی میزان کافی نیتروژن باشد گیاه می‌تواند بدون مشکل قابل توجهی رشد مناسب داشته باشد. لذا در محل‌هایی که دسترسی و قیمت مناسب برای خاک اره وجود دارد می‌توان از آن به عنوان یک گزینه مناسب و سازگار با محیط زیست استفاده نمود.

نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد که جذب پتاسیم به وسیله کوکوپیت موجب کاهش میزان این عنصر در محلول غذایی می‌گردد (۲۳) ولی در پژوهش حاضر چنین اثر منفی از بستر کوکوپیت دیده نشد.

بیشترین غلظت عنصر روی هم در بروکلی‌های کاشته شده در

جدول ۵- عناصر معدنی کلم بروکلی در بسترهای مختلف کاشت
Table 5- Mineral elements of broccoli in different media culture

بسترهای کاشت Substrates	نیتروژن N (mg/g)	فسفر P (mg/g)	پتاسیم K (mg/g)	گوگرد S (mg/g)	منیزیم Mg (mg/g)	کلسیم Ca (mg/g)	آهن Fe (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	مس Cu (mg/kg)	منگنز Mn (mg/kg)
کوکوپیت Cocopeat	34.50 ^{bc}	33.93 ^a	30.90 ^a	6.12 ^a	7.34 ^a	0.76 ^a	95.86 ^a	47.90 ^{bcd}	9.057 ^a	39.1 ^a
پرلیت Perlite	42.10 ^a	34.70 ^a	30.20 ^a	2.42 ^a	4.18 ^a	0.84 ^a	105.98 ^a	48.54 ^{bcd}	11.333 ^a	63.5 ^a
ماسه Sand	37.23 ^{abc}	32.47 ^a	29.43 ^a	3.31 ^a	4.84 ^a	1.08 ^a	100.21 ^a	46.06 ^{bcd}	12.763 ^a	37.81 ^a
خاک اره Sawdust	41.97 ^a	35.67 ^a	31.23 ^a	2.85 ^a	3.94 ^a	0.75 ^a	118.29 ^a	62.68 ^a	10.737 ^a	74.63 ^a
ماسه+خاک اره Sand+Sawdust	35.90 ^{abc}	31.40 ^a	32.17 ^a	1.45 ^a	4.29 ^a	0.77 ^a	84.33 ^a	38.07 ^e	9.997 ^a	29.65 ^a
ماسه+ورمیکمپوست Sand+Vermicompost	32.97 ^c	30.57 ^a	27.70 ^a	6.37 ^a	3.42 ^a	0.74 ^a	157.04 ^a	41.84 ^{cde}	9.943 ^a	31.75 ^a
کوکوپیت+پرلیت Cocopeat+Perlite	38.47 ^{abc}	36.33 ^a	33.77 ^a	4.05 ^a	4.34 ^a	0.77 ^a	87.99 ^a	53.32 ^b	8.39 ^a	34.68 ^a
کوکوپیت+لیکا Cocopeat+LECA	33.00 ^c	31.63 ^a	31.17 ^a	6.06 ^a	5.23 ^a	0.79 ^a	203.58 ^a	42.77 ^{cde}	11.08 ^a	34.13 ^a
کوکوپیت+پامیس Cocopeat+Pumice	40.53 ^{ab}	35.30 ^a	30.20 ^a	1.05 ^a	3.89 ^a	0.72 ^a	98.24 ^a	50.32 ^{bc}	12.98 ^a	44.89 ^a
کوکوپیت+پرلیت+ورمیکمپوست Cocopeat+Perlite+Vermicompost	36.67 ^{abc}	33.07 ^a	30.50 ^a	1.77 ^a	4.61 ^a	0.82 ^a	117.17 ^a	39.59 ^{de}	11.1 ^a	28.94 ^a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P < 0.05$) based on Duncan's multiple range test

گیاهان رشد بیشتر و بهتری داشتند. همبستگی منفی مشابهی در مورد عنصر نیتروژن، فسفر و روی با قطر هد و همچنین عنصر نیتروژن و روی با وزن هد بدست آمد (جدول ۶). همانطور که پیشتر اشاره شد میزان دو عنصر نیتروژن و روی در قسمت خوراکی کلم بروکلی در بستر خاک اره بیشتر از بقیه بود (جدول ۵) ولی میزان عملکرد در این دو بستر نسبتاً پایین بود (جدول ۴). این روابط در همبستگی بین این دو عنصر و عملکرد بروکلی قابل مشاهده و تفسیر است. به نظر می‌رسد احتمالاً در بستر خاک اره جذب مفرط این دو عنصر به وقوع پیوسته و موجب کاهش عملکرد شده است. زاهدی‌فر و همکاران (۳۳)

با بررسی همبستگی صفات مختلف مورد بررسی در این آزمایش مشخص شد که سه صفت ارتفاع بوته، قطر هد و وزن هد وابستگی مثبت و معنی‌داری با هم دارند (جدول ۶). در واقع هر چه بوته بزرگتر باشد توانایی بیشتری برای تولید هد بزرگتر و سنگین‌تر را دارد و برعکس بوته‌های کوچک معمولاً هد کوچکتر و وزن کمتری تولید می‌کنند. نکته جالب دیگر همبستگی منفی و معنی‌دار بین ارتفاع بوته و سه عنصر اساسی یعنی نیتروژن، فسفر و پتاسیم است. این همبستگی منفی احتمالاً به علت اثر رقت می‌باشد؛ بطوری‌که در این آزمایش هر چه نیتروژن، فسفر و پتاسیم کمتری در گیاه بود آن

نیز همبستگی منفی بین غلظت فسفر گیاه و عملکرد وزن خشک گیاه را به یکی از دو علت اثر رقت و یا غلظت بیش از اندازه فسفر نسبت دادند. هرچند اثر رقت در توضیح غلظت پایین عناصر در شرایط عملکرد بالا صحیح است ولی این تفسیر نیز محتمل است که نیتروژن زیاد می‌تواند به توسعه برگ‌ها بیانجامد و انرژی گیاه برای رفتن به فاز زایشی را محدود کرده و از تولید جوانه‌های گل بروکلی ممانعت نماید. همچنین عنصر روی به میزان زیاد ممکن است سمیت داشته و یا موجب اختلال در جذب و عمل سایر عناصر گردد. همبستگی مثبت بین عنصر روی با نیتروژن، فسفر و منگنز

بدست آمد (جدول ۶). عنصر روی به صورت کاتیون دوظرفیتی جذب می‌شود لذا با جذب نیترات و فسفر که بصورت آنیونی جذب می‌شوند مکمل بوده و باعث حفظ شیب الکتروشیمیایی و تعادل بار الکتریکی دو سوی غشا می‌شوند. منگنز هم با اینکه به صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌شود ولی تداخلی با روی نداشته و حتی اثر سینرژیستی با هم داشته‌اند. از آنجایی که جذب منگنز از محلول غذایی خیلی سریعتر از عنصر روی اتفاق می‌افتد لذا تداخل بین این دو عملاً رخ نمی‌دهد (۷).

جدول ۶- همبستگی برخی از صفات کلم بروکلی مهم مورد آزمایش

Table 6- Correlation between some important traits of broccoli in this experiment

	ارتفاع بوته Plant Height	قطر هد Head Diameter	وزن هد Head Weight	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	روی Zinc	منگنز Manganese
ارتفاع بوته Plant Height	1							
قطر هد Head Diameter	0.707**	1						
وزن هد Head Weight	0.733**	0.934**	1					
نیتروژن Nitrogen	-0.375*	-0.577**	-0.480**	1				
فسفر Phosphorus	-0.380*	-0.444**	-0.307ns	0.573**	1			
پتاسیم Potassium	-0.395*	-0.291ns	-0.270ns	0.311ns	0.616**	1		
روی Zinc	-0.336ns	-0.497**	-0.374*	0.523**	0.529**	-0.026ns	1	
منگنز Manganese	0.001ns	-0.274ns	-0.254ns	0.410*	0.121ns	-0.108	0.641**	1

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

* Significant at 5% probability and ** significant at 1% probability

نتیجه‌گیری

به طور خلاصه نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد بستر ترکیبی حاوی مواد آلی و معدنی بهتر از بستر خالص بود. همچنین استفاده از ورمی‌کمپوست به عنوان یکی از اجزای بستر کاشت کلم بروکلی در کشت بدون خاک قابل توصیه است. از دیگر سو تأثیر کم بستر بر غلظت عناصر غذایی نشان داد که نوع ترکیب محلول غذایی و میزان استفاده از آن در کشت‌های بدون خاک بسیار مهمتر از نوع بستر می‌باشد و احتمالاً در صورت بکارگیری محلول

غذایی مناسب و به مقدار بهینه می‌توان در هر یک از بسترهای رایج تولید مناسب و بدون مشکل تغذیه‌ای را انتظار داشت.

سپاسگزاری

لازم می‌دانیم از مدیریت شرکت «فرآور صنعت سبکدانه کانبار» جناب آقای بهزاد زارع جهت تامین بخشی از مواد آزمایشی قدردانی نماییم.

منابع

- 1- Abad M., Noguer P., Puchades R., Maquieira R., and Noguera A. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. Bioresource Tehcnology, 82: 241-245.

- 2- Amiri A., Aghdak P., and Mobli M. 2009. Effect of culture media and hydrogel on vegetative and generative characteristics of serpent eggplant. 1th Congress on Hydroponic and Greenhouse Product: 351-353. (in Persian).
- 3- Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Welch C., and Metzger J.D. 2004. Influences of vermicomposts on fields strawberries: Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 145-153.
- 4- Arenas, M., Vavrina C.S., Cornell J.A., Hanlon E.A., and Hochmuth G.J. 2002. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. HortScience, 37: 309-312.
- 5- Asef M.H., Kashi A., and Salehi R. 2011. Effect of different nutrient solutions on yield and quality of broccoli (*Brassica oleracea* var. Italic) in greenhouse conditions under hydroponic system. The 7th Congress of Iranian horticultural Sciences, 1055-1053.
- 6- Bhat N.R., Suleiman M.S., Al-Mulla L., and Albaho M. 2013. Comparision of growing substrates for organic tomato, cauliflower and iceberg lettuce production under greenhouse conditions. Journal of Agriculture and Biodiversity Research, 2(2): 55-62.
- 7- Bugbee B. 2004. Nutrient management in recirculating hydroponic culture. Acta Horticulturae. 648.
- 8- Cantliffe D.J., Funes J., Jovicich E., Parajpe A., Rodriguez J., and Shaw N. 2007. Media and containers for greenhouse soil less grown cucumbers, melons peppers and strawberries. Acta Horticulturae, 614, 199-203.
- 9- Delshad M., Kashi A., and Babalar M. 2006. Evaluation of conventional media substitution with organic media and finding optimum nutrient solotion for soilless culture of greenhouse tomato. Irainian Journal of Agriculture Science, 37 (1): 176-186. (in Persian with English abstract)
- 10- Dilmaghani M.R., and Hemmaty Emmaty S. 2011. Effect of different substrates on nutrient content, yield and quality of strawberry cv. Selva in soilless culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 2(7): 1-7.
- 11- Emami A. 1996. Analytical methods for plant analysis. Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran, Technical Report, Vol .1, No .982, pp. 47-53. (in Persian)
- 12- Gao H.B., Zhang T.J., Lv G.Y., Zhang G.H., Wu X.L., Li J.R., and Gong B.B. 2010. Effects of different compound substrates on growth, yield and fruit quality of cucumber. Acta Horticulturae, 856: 173-180
- 13- Ikeda H., and Tan X. 2001. Effects of soilless medium on the growth and fruit yield of tomatoes supplied with urea and/or nitrate. Acta Horticulturae, 548: 157-164.
- 14- Inden H., and Torres A. 2004. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. Acta Horticulturae, 644: 205-210
- 15- Javanpour Heravi R., Babalar M., Kashi A., Mirabdolbaqi M., and Asgari M.A. 2005. Effect of cirtain nutrient solution and growing media on qualitative and quantitative traits of tomato cv. Hamra in hydroponic system. Irainian Journal of Agriculture Science, 36 (4): 939-946. (in Persian with English abstract)
- 16- Marinou E.A., Chrysargyris A., and Tzortzakis N. 2013. Use of sawdust, coco soil and pumice in hydroponically grown strawberry. Plant Soil Environ. 59 (10): 452-459.
- 17- Mobli M., Aghdak P., and Naderi. 2008. Comparison of different growing media on yield and vegetative growth of tomato. The First National Congress on Tomato Production and Processing Technology, Mashhad. http://www.civilica.com/Paper-CTPPT01-CTPPT01_049.html. (in Persian)
- 18- Mobli M., and Aghdak P. 2010. Greenhouse vegetable growing technology (soil and soilless culture). Arkan Danesh Press, 177 p. (in Persian)
- 19- Olle M., Ngouajio M., and Siomos A. 2012. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review. Zemdirbystė, Agriculture, 99 (4): 399-408.
- 20- Premuzic Z., Bargiela M., Garcia A., Rendina A., and Iorio A. 1998. Calcium, iron, potassium, phosphorous and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. HortScience, 33(2): 255-257
- 21- Quin B.F., and Wood P.H. 1976. Rapid manual determination of sulfur and phosphorous in plant material. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 7(4): 415-426.
- 22- Saberi Z. 2006. Zeolite, mica and some inert materials as the substrate to growth hydroponic tomatoes. M.Sc.Thesis, Isfahan University of Technology. (in Persian with English abstract)
- 23- Savvas D., Samantouros K., Paralemos D., Vlachakos G., Stamatakis M., and Vassilatos C. 2004. Yield and nutrient status in the root environment of tomatoes grown on chemically active and inactive inorganic substrates. Acta Horticulturae, 644: 377-383.
- 24- San Bautista A., Rueda R., Pascual B., Maroto J.V., and López-Galarza S. 2005. Influence of different substrates and nutrient solutions on the yields and the incidence of abiotic disorders of broccoli. Acta Horticulture, 697: 275-280.
- 25- Shinohara Y., Hata T., Maruo T., Hohjo M., and Ito T. 1999. Chemical and Physical properties of the coconut-fiber substrate and the growth and productivity of tomato plants. Acta Horticulturae, 481: 145-149.
- 26- Siomos A.S., Beis G., Papadopoulou P.P., and Barbayiannis N. 2001. Quality and composition of lettuce (cv. Plenty) grown in soil and soilless culture. Acta Horticulturae, 548: 445-450.
- 27- Sodre G.A., Cora J.E., and Souza Jr. J.O. 2007. Physical characterization of sawdust substrate and containers for growth cuttings of cacao. Revista Brasileira de Fruticultura, 29: 339-344.

- 28- Topcu Y., Dogan A., Kasimoglu Z., Sahin-Nadeem H., Polat E., and Erkan M. 2015. The effects of UV radiation during the vegetative period on antioxidant compounds and postharvest quality of broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 93:56-65.
- 29- Tzortzakos N.G., and Economakis C.D. 2008. Impacts of the substrate medium on tomato yield and fruit quality in soilless cultivation. *Horticultural Science*, 35: 83-89.
- 30- Waring E.J. 1950. Sawdust as a soil improver causes nitrogen deficiency in vegetable crops. *Agricultural Gazette of New South Wales*, 61: 73-76.
- 31- Westerman R.E.L. 1990. *Soil Testing and Plant Analysis*. SSSA, Mandison Wisconsin, USA.
- 32- Yousofian Z., Mobli M., and Aghdak P. 2009. Effect of culture media and hydrogel on vegetative and generative characteristics of cherry tomato. 1th congress on hydroponic and greenhouse product, 291-293. (in Persian)
- 33- Zahedifar M., Karimian N.A., Rounaghi A.M., Yasrebi J., and Emam Y. 2011. Effect of phosphorus and organic matter on phosphorus relationship between soil and plant in spinage. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 1(4): 45-52. (in Persian)



Effect of Different Culture Media on Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) Yield Components and Mineral Elements Concentration in Soilless Culture

K. Ghasemi^{1*}- S. M. Emadi²- Y. Ghasemi³

Received: 01-10-2016

Accepted: 28-02-2017

Introduction: Broccoli is one of the valuable vegetables among brassicas which has received great attention throughout the world and is cultivated both in soil and soilless culture. Currently, we face restriction in high quality of the soils and water resources as two essential inputs in agriculture. Like other parts of the world, Iran is losing hundred hectares of its arable and fertile land annually due to salinity, alkalinity and waterlogging. One of the important strategies to overcome these adverse conditions is soilless culture systems. Among the different methods of soilless culture, substrate culture is more common and cheaper than others. Different kinds of organic and inorganic substances are used in soilless culture system, but the optimum mixture of growing medium is still a challenging issue. Physical and chemical characteristics of growing media can potentially affect the yield and product quality in direct and indirect ways. A good medium for soilless culture should have easy drainage, appropriate aeration, high water holding capacity and low price, as well as no weed seeds and pathogens. Therefore, this research was aimed to evaluate different prevalent growing media in broccoli soilless culture system.

Materials and Methods: This experiment was conducted as an outdoor soilless culture system in outdoor hydroponic site in Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU). To begin with, broccoli seeds were sown in transplanting tray, and after five weeks, the developed transplants were cultivated in growing bags in a soilless system. In this work, different mixtures of culture media were evaluated for yield component and mineral elements of broccoli. Ten kinds of different media comprising of cocopeat, perlite, sand, sawdust, sand+sawdust, sand+vermicompost, cocopeat+perlite, cocopeat+LECA, cocopeat+ pumice, and cocopeat+perlite+ vermicompost were compared in completely randomized design with three replications. At the end of the growing season, vegetative growth and yield components of broccoli were measured. The macro nutrients including nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca) and sulfur (S) were then analyzed in the harvested broccoli. Four important micro elements such as Iron (Fe), copper (Cu), boron (B) and zinc (Zn) were measured as well. A statistical analysis was performed using analysis of variance in Statistical Analysis System (SAS) software (version 9.1) and means were compared using Duncan's multiple range test at 0.05 and 0.01 probability levels.

Results and Discussion: According to the results, culture medium showed no significant effect on plant height, dry matter and the number of auxiliary heads, while it significantly affected diameter and weight of main head ($p \leq 0.01$). The highest head diameter was seen in sand+vermicompost mixture which had no significant difference from cocopeat, cocopeat+LECA, and perlite+cocopeat+vermicompost. The mixture of sand+vermicompost resulted in the heaviest broccoli heads that were significantly greater than all other growing media used in the experiment. Since vermicompost contains some mineral elements like calcium, magnesium and phosphorus and some growth stimulators as well, mixing this substrate with sand can create an appropriate and ideal culture for root growth and development. Pure perlite and sawdust media contributed to the lowest yield with no significant differences from each other. The macro and micro nutrients of broccoli head were not significantly affected by growing medium, except for nitrogen and zinc. The highest concentration of nitrogen in broccoli head was recorded for pure perlite and sawdust which was significantly more than other media. The highest zinc concentration in broccoli head was observed in Sawdust medium ($p \leq 0.05$). A significant negative correlation was observed between plant height and three main macro nutrients (N, P and K). The negative correlation between some macro nutrients and plant growth can be related to the excessive amount of these elements in nutrient solution. Positive and significant correlation was also seen among plant height, head diameter and head weight. In other word, the tallest plants could produce bigger and heavier head.

1 and 3- Assistant Professors of Department of Horticulture, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(*- Corresponding Author Email: kamranghasemi63@gmail.com)

2- Assistant Professor of Department of Soil Sciences, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Conclusion: Based on the obtained results, it can be concluded that a mixture of organic and inorganic substances can be better than a single substance medium. On the other hand, our results showed that role of medium substances and composition is not as important as nutrient solution, so an appropriate nutrient solution with a proper rate can potentially provide all plant's needs regardless of media composition.

Keywords: Cocopeat, Growing media, Perlite, Sand, Vermicompost



اثر پایه‌های رویشی و بذری گلابی بر خصوصیات رویشی و پتانسیل آب ارقام گلابی

فریبرز علی زاده زمهری^۱ - غلامحسین داوری نژاد^{۲*} - رضا خراسانی^۳ - سید حسین نعمتی^۴ - پیمان کشاورز^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۲

چکیده

به منظور بررسی اثر پایه‌های رویشی گلابی (پیرودوارف، او.ا.ج.اف، کوینس c) و پایه دانهال گلابی از *Pyrus communis* بر خصوصیات رویشی و میزان پاکوتاهی ارقام گلابی نطنز، اسپادنا و سبری، آزمایش زیر به صورت طرح فاکتوریل 4×3 در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار، به مدت سه سال (۱۳۹۳-۹۵) در شهرستان چناران باغ شرکت امداد شرق اجرا گردید. نتایج آزمایش نشان داد که پایه‌های رویشی گلابی نسبت به دانهال گلابی از رشد رویشی کمتری برخوردار بودند و باعث پاکوتاهی درختان پیوندی در طول سه سال اجرای طرح شدند. پایه کوینس c پاکوتاهی بیشتری را در ارقام پیوندی نسبت به پایه‌های رویشی گلابی القاء نمود. تأثیر پایه‌های رویشی گلابی بر پاکوتاهی درختان پیوندی در سال سوم (۲۴/۵٪) بیشتر از دو سال اول آزمایش بود. بررسی تغییرات پتانسیل آب ساقه و برگ در طول فصل رویش نشان‌دهنده تأثیر پایه بر روابط آبی گیاه بود. به طوری که پایه‌های رویشی گلابی نسبت به دانهال گلابی از پتانسیل آب کمینه ساقه کمتری برخوردار بودند. پتانسیل کمینه آب ساقه رابطه مستقیم مثبتی با سرعت رشد شاخه‌های جانبی داشت و در طول فصل رویش متأثر از میانگین درجه حرارت روزانه بود. پایه و پیوندک هر دو بر شاخص کلروفیل برگ اثر معنی‌داری داشتند. نتایج تحقیق نشان داد که اثر رقم پیوندی بر تعداد جوانه رویشی نوظهور معنی‌دار ($p < 0.05$) ولی اثر پایه معنی‌دار نبود و تولید شاخه‌چه فرعی رابطه‌ای با میزان قدرت رشد رویشی پایه نداشت. تأثیر پایه بیشتر بر طول شاخه‌چه فرعی بود، به طوری که پایه‌های پر رشد دانهال گلابی تولید شاخه‌چه‌های طولی‌تری نسبت به پایه‌های پاکوتاه نمودند. درصد زنده‌مانی ارقام نطنز و اسپادنا روی پایه‌های رویشی گلابی ۹۵/۵٪ و ۹۶/۷٪ تعیین شد که مشابه درختان بذری بود (۹۶/۷٪).

واژه‌های کلیدی: اثر پاکوتاهی، او.ا.ج.اف، پیرودوارف، کوینس c

مقدمه

تولید درختان میوه معتدله حیاتی می‌باشد، چراکه رابطه بین پایه و پیوندک تعیین‌کننده روابط آبی گیاه، تبادلات گازی برگ، اندازه گیاه، گلدهی، زمان شروع میوه‌دهی، کیفیت میوه و راندمان تولید می‌باشد (۵، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۵). پایه‌های مختلف، راندمان جذب عناصر غذایی متفاوتی را دارا می‌باشند (۲۶). در نهایت اطلاع از اثرات متقابل یک پایه خاص بر روی رقم به منظور رسیدن به حداکثر بهره‌وری دارای اهمیت حیاتی می‌باشد.

در حال حاضر در مناطق تولید گلابی از نظر استفاده از پایه یک دوگانگی حاکم می‌باشد. مناطقی که در آن‌ها از پایه کوینس برای تولید گلابی استفاده می‌شود در مقایسه با سایر مناطق از مزیت‌هایی برخوردار می‌باشند. استفاده از پایه کوینس برای گلابی موانع زیادی را برطرف می‌نماید. با این وجود ناسازگاری پیوند بین پایه کوینس و بعضی ارقام گلابی، عدم مقاومت به سرما و شرایط آهکی خاک محدودیت‌های استفاده از این پایه می‌باشد. در بیشتر مناطق تولید گلابی در ایران از پایه‌های بذری گونه *Pyrus communis* برای تکثیر گلابی استفاده می‌شود. پایه‌های بذری گلابی دارای مشکلاتی

تولیدکنندگان گلابی در سرتاسر دنیا به دنبال برگشت سریع‌تر سرمایه و صرفه‌جویی در هزینه‌های کارگری می‌باشند و این هدف به خوبی با کشت درختان پاکوتاه در باغات متراکم حاصل می‌شود. در حال حاضر برای احداث باغات متراکم نیاز به پایه‌های کم‌رشد و پاکوتاه می‌باشد. گزارش‌های زیادی در مورد اثر متقابل بین پایه و پیوندک ارائه شده است. این روابط از نقطه نظر باغبانی مهم می‌باشند چراکه اطلاعات اساسی برای انتخاب بهترین ترکیب پیوندی در شرایط آب و هوایی خاص برای رسیدن به بهترین عملکرد و کیفیت میوه را در اختیار تولیدکننده می‌گذارد. انتخاب ترکیب پیوندی برای

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: (Email: davarynej@um.ac.ir)

۳ - دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۵ - دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

حداقل دما به ترتیب ۴۰ درجه و ۲۲- درجه سانتی‌گراد و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷۶ متر و متوسط بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلی‌متر می‌باشد. قبل از اجرای آزمایش تجزیه خاک محل اجرای طرح به عمل آمده و نتایج مطابق جدول زیر بود. با توجه به جدول بافت خاک لومی بوده و از نظر شوری با توجه به تقسیم‌بندی انجمن خاک‌شناسی آمریکا، محدودیتی از نظر شوری و pH وجود ندارد.

پایه‌های یکنواخت کشت بافتی گلابی از دو رقم پیروودوارف و او.اچ.اف. به همراه پایه‌های رویشی کوپنس C (خریداری شده از مرکز رویان پژوهش آذربایجان) و دانهال بذری یک‌ساله گلابی درگزی در شهریور سال ۱۳۹۲ انتخاب و با استفاده از پیوند T در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک پیوند شدند. در هنگام انتخاب درختان ارتفاع و قطر تنه در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک به‌عنوان شاخصی برای انتخاب درختان یکسان در نظر گرفته شد. ارقام پیوندی مورد استفاده از ارقام تجاری رایج در منطقه شامل اسپادانا، نطنز و سبری انتخاب شدند. نهال‌های پیوند شده تا بهار سال بعد در گلدان‌های ۴ لیتری حاوی کوکوپیت و پرلایت و در گلخانه نگهداری شدند.

درختان پیوندی در بهار سال ۱۳۹۳ پس از برطرف شدن خطر سرمای دیررس بهار به زمین اصلی منتقل و با فاصله ۴×۲ متر در زمین کشت گردید. طی فصل رشد درختان در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری از سطح زمین سربرداری شد. در طی فصل رویش عملیات داشت همانند یک باغ تجاری اجرا شد و درختان به فرم محور مرکزی تربیت شدند.

خصوصیات تعیین‌کننده رشد رویشی درخت

به‌منظور ارزیابی میزان رشد رویشی نهال‌های پیوندی خصوصیات زیر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

سطح مقطع تنه درخت در ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر بالای محل پیوند در پایان هر فصل رویشی اندازه‌گیری گردید. بعد از اندازه‌گیری قطر تنه درخت با کولیس، سطح مقطع تنه از حاصل ضرب مجذور شعاع در عدد پی به دست آمد. ارتفاع درخت از سطح زمین تا نوک جوانه انتهایی، هر سه سال در پایان فصل رشد مورد ارزیابی قرار گرفت. در هر سه سال اجرای طرح رشد شاخه‌های جانبی اندازه‌گیری و میزان رشد سالیانه مورد مقایسه قرار گرفت. در سال سوم، تعداد ۶ شاخه جانبی (یکسان و در موقعیت‌های مختلف پیرامون هر درخت ولی مشابه برای هر تیمار) انتخاب و علامت‌گذاری شد. سپس به‌طور ماهیانه از فروردین (قبل از باز شدن جوانه‌ها) تا مهرماه رشد شاخه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بدین ترتیب که طول شاخه‌های جانبی یاد شده و شاخه‌چه‌های موجود روی این شاخه در اول فصل رویش اندازه‌گیری و سپس در پایان هر ماه پس از اندازه‌گیری مجدد رشد، از

ازجمله رشد رویشی زیاد و دوره نونهالی طولانی می‌باشند (۲۸). برای احداث باغات متراکم علاوه بر اندازه کوچک درختان، دوره نونهالی کوتاه، یکنواختی، راحتی تکثیر، مقاومت کافی به سرما، مقاومت به کلروز آهن، زوال گلابی، آتشک گلابی و درنهایت اندازه و کیفیت مناسب میوه مدنظر می‌باشد (۳۲). محققین با مقایسه رشد رویشی پایه‌های مختلف درختان میوه نشان دادند که پایه بر رشد رویشی و پتانسیل آب ساقه در طول روز تأثیر می‌گذارد (۳۱ و ۸). تمایل به استفاده از درختان پاکوتاه، در باغات روزآمد به دلیل باردهی زود و کم‌هزینه‌تر بودن عملیات داشت و برداشت، مورد توجه قرار گرفته است. در این باغات عملکرد در واحد سطح هر درخت که با فاصله کمتری کشت می‌شوند نسبت به باغات معمولی با درختان استاندارد و فاصله کشت زیاد به دلیل نفوذ بهتر هوا و استفاده بهتر از نور بالاتر می‌باشد (۲۰). درختان پاکوتاه و نیمه پاکوتاه از طریق پیوند ارقام روی پایه‌های پاکوتاه به دست می‌آیند. پیروودوارف یکی از ۸۰ پایه رویشی است که از *Pyrus communis* در سال ۱۹۸۰ در ایستگاه تحقیقات جیسن هیم^۱ آلمان انتخاب گردید و در سال ۱۹۹۳ به‌صورت یک‌پایه ملی ثبت گردیده است (۱۳).

برای توضیح چگونگی تنظیم رشد پایه و پیوندک نظریه‌های زیادی ارائه شده است که می‌توان آن‌ها را به دو گروه تئوری‌های هورمونی و غیرهورمونی تقسیم‌بندی نمود. در تئوری‌های غیرهورمونی رشد شاخه توسط عناصر غذایی و آب مهیا شده توسط ریشه کنترل می‌شود و رشد ریشه نیز توسط کربوهیدرات تولیدی توسط اندام‌های هوایی. شواهدی مبنی بر نقش ساکارز و نیتروژن در تنظیم رشد شاخه و ریشه وجود دارد (۲۱). تئوری هورمونی بیانگر آن است که رشد شاخه، ناشی از هورمون‌های تولیدی توسط ریشه و رشد ریشه ناشی از هورمون‌های تولیدی توسط شاخه می‌باشد (۱۹). باریت (۲) با مطالعه رابطه پایه و پیوندک اعلام نمود که دلیل مشکل بودن تعیین اثر پایه روی رشد رویشی پیوندک احتمالاً به خاطر تدریجی بودن اثر پایه طی چند سال می‌باشد.

بنابراین این تحقیق به‌منظور مقایسه اثر پایه‌های کلونال گلابی (پیروودوارف و او.اچ.اف.) و کوپنس C با پایه دانهالی گلابی (*Pyrus communis*) بر خصوصیات اصلی ارقام گلابی نطنز، اسپادانا و سبری در طی سه سال اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این طرح طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۵ در شهرستان چناران در باغ تجاری شرکت امداد شرق (۳۶°۴۱'۱۸" و ۵۹°۱۰'۲۵") واقع در ۴۵ کیلومتری شمال شرق شهرستان مشهد انجام شد. چناران به‌عنوان قطب باغداری استان خراسان رضوی شناخته می‌شود. حداکثر و

مورد بررسی قرار گرفت. شاخه‌های حاصل بر اساس طول، به شاخه با رشد رویشی بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر و کمتر از ۳۰ سانتی‌متر تقسیم‌بندی شدند.

رشد هر ترکیب پیوندی در سه سال متوالی محاسبه شد. درصد زنده‌مانی درختان پیوندی با شمارش تعداد درختان باقی‌مانده و درصد گیرایی مشخص گردید. اندازه‌گیری شاخص کلروفیل توسط دستگاه SPAD صورت گرفت.

تفاضل طول اولیه و طول نهایی هر شاخه به اضافه طول شاخه‌های جدید، میزان رشد همراه به دست آمد. ۳ شاخه از قسمت بالایی و ۳ شاخه از قسمت پایینی در پیرامون به‌طور یکسان انتخاب گردید تعداد جوانه روی هر شاخه جانبی شمارش شده و از تقسیم طول شاخه‌های جانبی بر تعداد گره، میانگین طول میانگرمه محاسبه گردید. در پاییز سال سوم، تعداد جوانه رویشی رشد نموده روی شاخه‌های جانبی هر ترکیب پیوندی مشخص شده و شمارش شد. میانگین تعداد شاخه‌های حاصل از رشد جوانه‌ها روی شاخه‌های جانبی درخت

جدول ۱- ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical parameters of the soil before experiment

هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	بافت خاک Soil Texture (%)			OC (%)	N (%)	%TNV (%)	pH	P	K	Fe	Mn	B	Zn	Cu
	Clay	Silt	Sand											
1.5	17	42	41	1.11	0.08	9	7.6	20.8	234	3.92	7.2	8	4.87	1.04

به‌عنوان پیوندک به‌صورت فاکتوریل ۴×۳ در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد. تجزیه داده‌های مربوط به صفات رویشی که در سه مرحله رشدی اندازه‌گیری شده بود به‌صورت تجزیه مرکب انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل یک ترکیب پیوندی بود. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار MSTATC و اکسل استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج % انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲، ۳، ۵، ۷ و ۹) اثر پایه در مورد خصوصیات پتانسیل آب ساقه، شاخص کلروفیل، طول شاخه جانبی، ارتفاع، سطح مقطع تنه، میانگین طول میانگرمه، درصد زنده‌مانی و سرعت رشد شاخه جانبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد، اما تأثیری بر تعداد نقاط رویشی رقم نداشت. اثر پیوندک در مورد خصوصیات پتانسیل آب ساقه (۱٪)، شاخص کلروفیل (۵٪)، تعداد نقاط رویشی (۵٪)، ارتفاع گیاه (۱٪) و سطح مقطع تنه (۱٪) معنی‌دار می‌باشد. اثر متقابل پایه و پیوندک در مورد خصوصیت پتانسیل آب ساقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

پتانسیل آب برگ

پایه‌های مختلف از نظر پتانسیل آب برگ اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۲). پتانسیل آب برگ در طول فصل در مورد ارقام پیوندی بر روی تمام پایه از یک روند ثابت برخوردار بود به‌طوری‌که با افزایش دما در طول فصل میزان پتانسیل آب برگ کاهش و از ماه شهریور به بعد با خنک شدن هوا پتانسیل برگ افزایش یافت. روند

اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ و ساقه

اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ و ساقه ارقام پیوندی روی پایه‌های مختلف با استفاده از اتاقک فشار در سه مرحله رشدی اندازه‌گیری گردید. پتانسیل آب کمینه برگ و ساقه (اواسط روز) هر درخت در مرحله رشد سریع شاخه تا زمان توقف رشد چندین بار مورد اندازه‌گیری قرار گرفت، برای تعیین پتانسیل آب ساقه، برگ‌های نزدیک تنه دو ساعت قبل از اندازه‌گیری در فویل آلومینیومی پیچیده شدند و سپس در داخل کیسه‌های پلی‌اتیلنی قرار گرفتند. پتانسیل آب کمینه برگ و ساقه بین ساعت ۱۳ تا ۱۴ بلافاصله پس از جدا شدن برگ از درخت اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ از سه برگ کاملاً بالغ واقع در آفتاب و سه برگ واقع در سایه از پیرامون درخت استفاده گردید. در زمان انتخاب برگ‌ها سعی گردید تا همه از نظر موقعیت جغرافیایی بر روی درخت یکسان و نزدیک ساقه اصلی باشند. اندازه‌گیری پتانسیل آب بعد از آبیاری باغ به‌محض رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه و در هوای آفتابی انجام شد. به‌منظور تعیین میزان رطوبت خاک در زمان اندازه‌گیری پتانسیل آب، نمونه‌گیری از عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از اوگر انجام شده و میزان رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری گردید. نیاز آبی یک باغ بالغ گلابی با توجه به نرم‌افزار net wat به میزان ۷۸۲۰ متر مکعب در سال در هکتار آبیاری خالص تعیین گردید که به میزان یک‌پنجم جهت آبیاری درختان کشت شده مورد استفاده قرار گرفت.

طرح آزمایشی: آزمایش با چهار پایه، شامل دوپایه رویشی گلابی او.ا.ف؛ و پیرودارف به همراه یک‌پایه رویشی کوینس c و یک‌پایه دانهال گلابی رقم درگری و سه رقم گلابی نطنز، سبری و اسپادنا

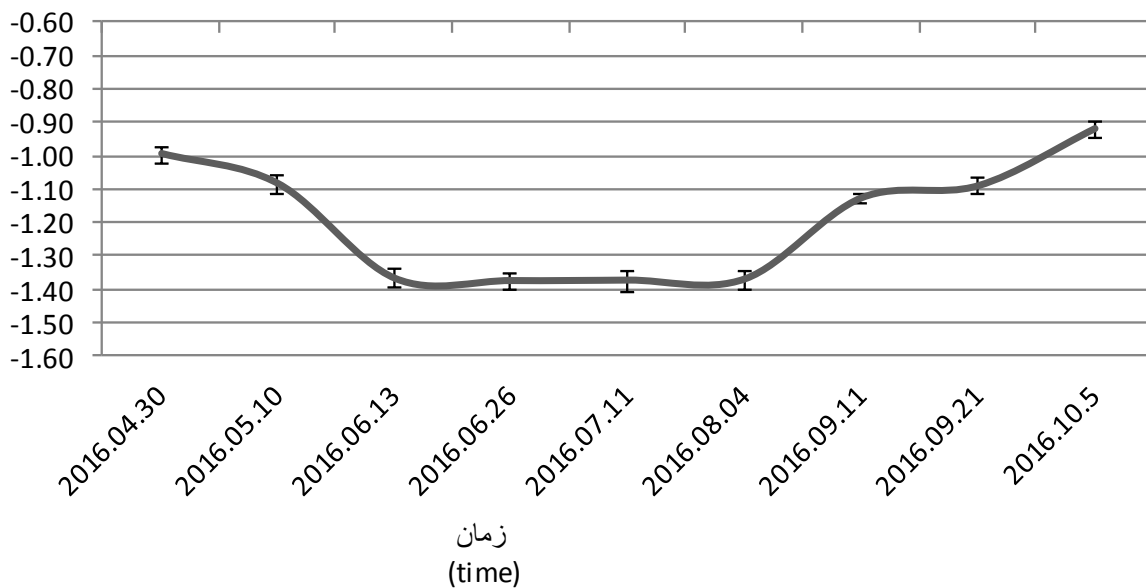
تغییرات پتانسیل آب برگ در شکل ۱ آورده شده است. بیشترین پتانسیل آب مربوط به رقم نطنز (کمتر منفی بود) و کمترین اثر رقم بر پتانسیل آب برگ معنی دار بود ($p < 1\%$) به طوری که مربوط به رقم سبری بود (شکل ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر پایه و پیوندک بر روی پتانسیل آب برگ پایه های رویشی گلابی (پیرودوارف، او.ا.چ.اف، کوینس c)
Table 2- Analysis of variance of rootstock and scion on leaf water potential of *Pyrus communis* vegetative rootstocks (Pyrodwarf, OH.F and Quince C)

منابع تغییرات S.O.V	میانگین مربعات Mean of Squares								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
تکرار Replication	0.002 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.005 ^{ns}
پایه Rootstock	0.006 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.007 ^{ns}
پیوندک Scion	0.077 ^{**}	0.143 ^{**}	0.077 ^{**}	0.067 ^{**}	0.089 ^{**}	0.093 ^{**}	0.110 ^{**}	0.118 ^{**}	0.134 ^{**}
پایه × پیوندک Rootstock × Scion	0.009 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.010 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.001 ^{ns}
خطا Error	0.004	0.007	0.005	0.005	0.009	0.003	0.007	0.005	0.006
	6.8	7.5	6	5	6.7	4.2	5.9	6.6	7.6

* معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح یک درصد، n.s معنی دار نیست

ns= Non Significant at 0.05 probability level and *, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively



شکل ۱- روند تغییرات پتانسیل آب برگ در طول فصل رشد در ارقام گلابی. بارها نشان دهنده خطای معیار توزیع میانگین ها می باشد

Figure1- The changes of leaf water potential in pear cultivars during of growth season. Bars indicate the standard error of the distribut

پتانسیل آب برگ نتیجه گرفتند که نوسانات رشد نسبی شاخه با نوسانات پتانسیل آب برگ در طی بعدازظهر و غروب مطابقت دارند. شکل ۱ روند تغییرات پتانسیل آب برگ را بر روی پایه های مختلف در

سولاری و همکاران^۱ (۲۴) با اندازه گیری سرعت رشد روزانه و

طول فصل رویش از اواسط فروردین تا آبان در هنگام ظهر نشان می‌دهد.

در طول فصل رویش پتانسیل آب برگ بر روی پایه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان نداد اما با گرم شدن دمای هوا، میزان پتانسیل آب برگ کاهش یافت به‌طوری‌که طی ماه‌های تابستان پتانسیل آب برگ در کمترین میزان خود بود. دو مرتبه طی ماه شهریور منحنی پتانسیل آب برگ روی تمام پایه‌ها حالت صعودی داشت. برمن و دی جونگ (۱۹۹۷) با مطالعه الگوی رشد و توسعه ساقه هلو اعلام کردند که پتانسیل آب ساقه بیان‌کننده وضعیت آب ساقه بوده نه سلول‌های در حال گسترش، بنابراین مکانیزمی که باعث

ارتباط بین پتانسیل آب ساقه و سلول‌های در حال گسترش می‌شود هنوز ناشناخته است (۴).

پتانسیل آب ساقه

اثر پایه و پیوندک هر دو بر پتانسیل آب ساقه معنی‌دار بود (جدول ۳) به‌طوری‌که بیشترین پتانسیل آب ساقه مربوط به ارقام پیوندی روی پایه بذری و کمترین مربوط به پایه کوینس بود (شکل ۳). سولاری و همکارانش (۲۴) با مقایسه پایه‌های مختلف هلو به نتایج مشابهی دست یافتند.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر پایه و پیوندک بر پتانسیل آب ساقه پایه‌های رویشی گلابی (پیروودوارف، او.ا.ج.اف، کوینس c)
Table 3- Analysis of variance of rootstock and scion on stem water potential of *Pyrus communis* vegetative rootstocks (Pyrodwarf, OH.F and Quince C)

منابع تغییرات	میانگین مربعات								
	Mean of Squares								
S.O.V	9	8	7	6	5	4	3	2	1
تکرار Replication	0.002 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.004 ^{ns}
پایه Rootstock	0.146**	0.129**	0.173**	0.180**	0.164**	0.172**	0.103**	0.100**	0.162**
پیوندک Scion	0.050**	0.039**	0.040**	0.049**	0.039**	0.043**	0.034**	0.055**	0.061**
پایه × پیوندک Rootstock × Scion	0.009 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.011**	0.016**	0.013**	0.012**	0.016**	0.015**
خطا Error	0.004	0.004	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
C.V	8.6	9	9.1	6.6	6.7	6.8	7.4	7	7

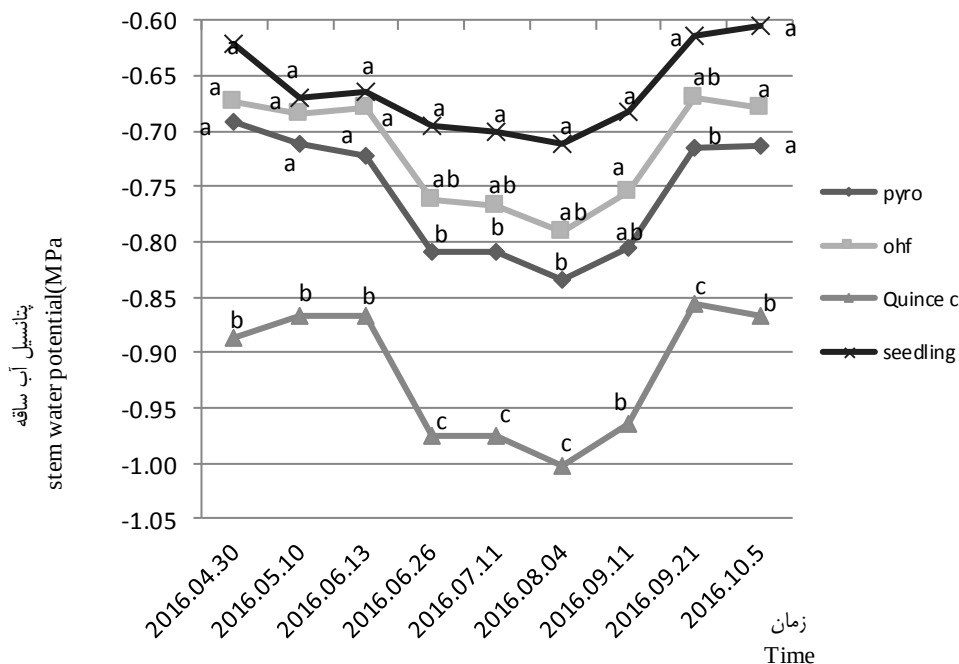
* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح یک درصد، n.s. معنی‌دار نیست

ns= Non Significant at 0.05 probability level and *, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

ارقام کم‌رشد می‌باشند. شکل‌های ۱ و ۴ الگوی تغییرات پتانسیل آب برگ و سرعت رشد رویشی بین پایه‌های مختلف را در طول فصل رویش نشان می‌دهند. این دو خصوصیات دارای همبستگی مستقیم مثبتی باهم بودند به‌طوری‌که پتانسیل کمینه آب برگ و همچنین سرعت رشد رویشی شاخه در طول فصل با افزایش دما کاهش می‌یابد و در پایان فصل با خنک شدن هوا و افزایش پتانسیل آب افزایش می‌یابد. ضریب همبستگی بین پتانسیل آب برگ و الگوی رشد شاخه در مورد پایه پیروودوارف ۰٫۹۷، پایه او.ا.ج.اف ۰٫۹۴، پایه کوینس ۰٫۹۳ و برای پایه بذری ۰٫۶۵ بود. برمن و دی جونگ (۱۹۹۷) با پوشش مقداری از تاج درخت با پلی‌اتیلن موجب افزایش پتانسیل آب ساقه شدند و این کار باعث افزایش رشد رویشی شد (۴).

پتانسیل آب ساقه نیز در طول فصل مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). هر ۴ پایه از نظر پتانسیل آب ساقه باهم اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. ترتیب پتانسیل آب ساقه به ترتیب مربوط به پایه دانه‌الی، او.ا.ج.اف، پیروودوارف و درنهایت کمترین مربوط به پایه کوینس بود. این ترتیب در طول فصل ثابت باقی ماند.

در بین ارقام گلابی بیشترین پتانسیل آب ساقه مربوط به رقم نطنز و کمترین مربوط به سبری بود (جدول ۴). سولاری و همکارانش (۲۰۰۶) با اندازه‌گیری پتانسیل آب ساقه و همچنین سرعت رشد نسبی شاخه در ارقام هلو در طول روز نتیجه گرفتند که پایه دارای اثر معنی‌داری بر سرعت رشد شاخه در طول روز می‌باشد و ارقام پیوندی روی پایه‌های پر رشد دارای سرعت رشد شاخه بیشتری نسبت به



شکل ۳ - تغییرات پتانسیل آب ساقه در طول فصل در ارقام گلابی. بارها نشان دهنده‌ی

خطای معیار توزیع میانگین‌ها می‌باشد

Figure 3 - Stem water potential in pear cultivars during of growing season. Bars indicate the standard error of the distribution of averages

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون LSD می‌باشند

Means which follow the same letter, are not statistically different at 5% probability level based on LSD test

آب ساقه و سرعت رشد شاخه را در اوایل فصل رشد در طول روز مورد بررسی قرار دادند و متوجه همبستگی مثبت قوی بین این دو خصوصیت شدند. اتکینسون و همکارانش (۱)، باسیل و همکارانش (۳) و تامبسی و همکارانش (۲۷) با مطالعه پایه‌های سیب و هلو نتیجه گرفتند که اثر پاکوتاهی می‌تواند به دلیل کمتر بودن پتانسیل آب ساقه در بعدازظهر باشد که این تفاوت ناشی از اندازه آوند چوبی می‌باشد.

سولاری و همکارانش (۲۴) یک رابطه خطی بین رشد رویشی و پتانسیل آب کمینه ساقه در وسط روز پیدا نمودند. آنها نتیجه گرفتند که وضعیت آبی گیاه می‌تواند در مکانسیم کنترل کننده رشد رویشی درخت توسط پایه دخالت داشته باشد. وبل و همکاران (۳۱)، هیگز و جان (۱۲) و همچنین کوهن و نائور (۸). به نتایج مشابهی دست یافتند. باسیل و همکارانش (۳) پتانسیل

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر پیوندک بر پتانسیل آب ساقه ارقام گلابی در طول فصل زراعی

Table 4- Comparison of scion effect on stem water potential of pear cultivars during growing season

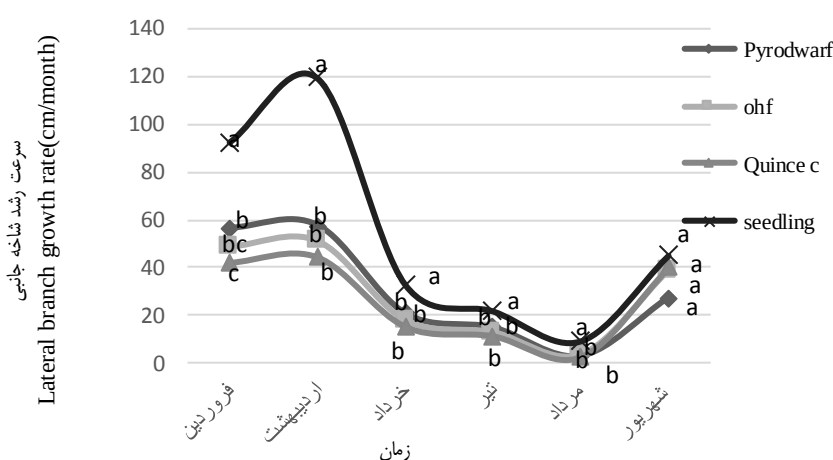
منابع تغییرات S.O.V	تاریخ Date								
	2016.4.30	2016.5.10	2016.6.13	2016.6.26	2016.7.11	2016.8.04	2016.9.11	2016.9.21	2016.10.5
نطنز Natanz	(-0.67)a	(-0.68)a	(-0.76)a	(-0.79)a	(-0.78)a	(-0.78)a	(-0.69)a	(-0.68)a	(-0.66)a
اسپادنا Spadona	(-0.70)ab	(-0.69)a	(-0.79)a	(-0.81)a	(-0.80)ab	(-0.79)a	(-0.72)ab	(-0.73)a	(-0.72)ab
سبری Sebri	(-0.78)b	(-0.77)a	(-0.86)b	(-0.89)b	(-0.87)b	(-0.87)b	(-0.79)b	(-0.80)b	(-0.78)b

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون LSD می‌باشند

Means which follow the same letter, are not statistically different at 5% probability level based on LSD test

سرعت رشد

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر پایه و پیوندک بر سرعت رشد شاخه معنی‌دار است. تنها در شهریورماه به دلیل کاهش رشد رویشی، سرعت رشد اختلاف معنی‌داری بر روی پایه‌های مختلف نداشت. مقایسه میانگین سرعت رشد در ماه‌های مختلف (جدول ۶) نشان داد که بیشترین سرعت رشد شاخه به ترتیب از زیاد به کم بر روی پایه دانه‌ال، پیروودوارف، کوینس C و او.ا.ج.اف می‌باشد. با شروع رشد رویشی در اول فصل، سرعت رشد شاخه‌های جانبی در طول ماه‌های فروردین تا اردیبهشت افزایش می‌یابد اما با رسیدن خردادماه



شکل ۴- اثر پایه بر سرعت رشد پایه‌های گلابی (پیروودوارف، او.ا.ج.اف، کوینس C) در ماه‌های مختلف سال

Figure 4- Effect of pear rootstocks (pyrodwarf, O.H.F and Quince C) on growth rate in different months

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشند

Means which follow the same letter, are not statistically different at 5% probability level based on LSD test

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر پایه و پیوندک بر سرعت رشد شاخه گلابی

Table 5- Analysis of variance of rootstock and scion on growth rate of pear

منابع تغییرات S.O.V	سرعت رشد Growth Rate (cm/month)					
	شهریور August-September	مرداد July-August	تیر June-July	خرداد May-June	اردیبهشت April-May	فروردین March-April
	August-September	July-August	June-July	May-June	April-May	March-April
تکرار Replication	58.8 ^{ns}	0.4 ^{ns}	1.3 ^{ns}	2.4 ^{ns}	35.2 ^{ns}	22.2 ^{ns}
پایه Rootstock	680.1 ^{ns}	129.5 ^{**}	270.8 ^{**}	749.6 ^{**}	14364.9 ^{**}	6085.7 ^{**}
پیوندک Scion	524.3 ^{ns}	1.9 [*]	25.4 ^{**}	26.8 [*]	516.9 ^{**}	343.6 ^{**}
پایه × پیوندک Rootstock × Scion	321.3 ^{ns}	1.2 [*]	7.0 [*]	9.7 ^{ns}	136.1 [*]	121.3 [*]
خطا Error	420.6	0.5	2.9	6.4	54.6	35.6

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد ** معنی‌دار در سطح یک درصد ns= معنی‌دار نیست

ns= Non Significant at 0.05 probability level and *, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

جدول ۶- اثر متقابل پایه × پیوندک بر سرعت رشد شاخه ارقام گلابی

Table 6- Rootstock × scion interaction effect on branch growth rate of pear cultivars

		فروردین March-April	اردیبهشت April-May	خرداد May-June	تیر June-July	مرداد July-August	شهریور August-September
پیرودوارف Pyrodwarf	نطنز Natanz	55.93bc	58.8cd	20.6a	14.7cd	2.9bcd	29.4a
	اسپادنا Spadona	53.55bc	56.3cd	19.7b	14.1cde	2.8cd	33.0b
	سبری Sebri	59.5b	57.5cd	21.9b	15.6c	3.1bcd	19.7b
ا.ا.ا.اف OHF	نطنز Natanz	57.12bc	60.0cd	21.0a	15.0cd	4.3bcd	26.8a
	اسپادنا Spadona	46.41bcd	48.8de	17.1b	12.2ef	3.8bcd	39.9b
	سبری Sebri	42.84cd	45.0ef	15.8b	11.3f	2.4d	50.1b
کوینس سی Quince C	نطنز Natanz	49.39bcd	52.5cde	17.1a	13.1def	2.6cd	32.5a
	اسپادنا Spadona	41.65cd	43.8ef	15.3a	10.9f	2.2d	35.6a
	سبری Sebri	35.7d	37.5f	13.1a	9.4g	1.9d	51.8a
دانهال Seedling	نطنز Natanz	98.3a	127.5a	34.3b	23.6a	9.8a	36.4b
	اسپادنا Spadona	83.3875a	107.5b	31.9b	19.9b	8.8a	54.3b
	سبری Sebri	96.31125a	123.5a	33.2b	22.3ab	9.6a	44.9b

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD می باشد

Means which follow the same letter, are not statistically different at 5% probability level based on LSD test

شاخص کلروفیل

اثر هر دو عامل پایه و پیوندک بر شاخص کلروفیل برگ معنی دار می باشد (جدول ۷). در این تحقیق هر چهار پایه از نظر تأثیر بر شاخص کلروفیل باهم اختلاف داشتند به طوری که بیشترین شاخص کلروفیل مربوط به پایه پیرودوارف و کمترین مربوط به پایه کوینس بود (جدول ۸). پیوندک ها نیز روی شاخص کلروفیل برگ تأثیر داشتند. به طوری که در این تحقیق بیشترین شاخص کلروفیل مربوط به پیوندک رقم نطنز و کمترین مربوط به اسپادنا بود (جدول ۹). رقم سبری حد واسطه دو رقم دیگر بود. بوسا و همکارانش (۵) نیز با مطالعه پایه های گلابی و کوینس نتیجه گرفتند که درختان رشد کرده روی پایه پیرودوارف دارای شاخص کلروفیل بیشتری می باشند.

میانگین تعداد جوانه نوظهور رویشی

اثر پایه بر باز شدن جوانه های رویشی رشد کرده روی شاخه و شاخه چه پیوندک معنی دار نبود اما اثر پیوندک در سطح ۵٪ معنی دار

بود (جدول ۷). این بدین معنی است که قدرت رشد پایه تأثیری روی شاخه زایی درختان پیوندی ندارد و تنها رقم پیوندک می باشد که تأثیرگذار می باشد. پیوندک نطنز شاخه زایی بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت (جدول ۹). سلزینوا و همکارانش (۲۲) نیز با مدل سازی رشد شاخه های جانبی درخت سیب به نتایج مشابهی دست یافتند. واتسون و همکارانش (۲۸) نیز با مطالعه پایه های مختلف گلابی نتیجه گرفتند که پایه بر تحریک رشد رویشی جوانه های شاخه های جانبی تأثیری ندارد.

درصد زندهمانی

درصد زندهمانی درختان پیوندی باقی مانده در سال سوم نشان داد که پایه های پیرودوارف و ا.ا.ا.اف. دارای سازگاری مناسبی بوده به طوری که از نظر درصد زندهمانی اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند (۸۴٪) درحالی که میزان زندهمانی درختان روی پایه کوینس بسیار پایین بود (۳۲/۵٪). ارقام پیوندی نیز از نظر درصد زندهمانی با

تعداد جوانه‌های نوظهور روی شاخه جانبی

مجموع جوانه‌های جانبی رشد نموده روی شاخه‌های جانبی بر اساس طول اندام رشد نموده به دو گروه کمتر از ۳۰ سانتی‌متر و بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر تقسیم شدند. با توجه به جدول ۸ پایه دانه‌الی گلابی که یک پایه پر رشد می‌باشد دارای شاخه بلندتر از ۳۰ سانتی‌متر بیشتری نسبت به سایر پایه‌ها می‌باشد. نسبت شاخه‌های بزرگ‌تر از ۳۰ سانتی‌متر در پایه دانه‌الی ۵۹٪، پایه او.ا.چ.اف. به میزان ۵۰٪، پایه پیروودوارف ۴۳٫۲٪ و پایه کوینس ۴۳٫۹٪ بود؛ اما در مورد شاخه‌های با طول کمتر از ۳۰ سانتی‌متر بیشترین تعداد مربوط به پایه کوینس و کمترین مربوط به پایه دانه‌ال بود. پایه پیروودوارف و کوینس از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند.

طول میانگره

اثر پایه بر میانگین طول میانگره در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بزرگ‌ترین طول میانگره به ترتیب متعلق به دانه‌ال گلابی، او.ا.چ.اف، پیروودوارف و کوینس بود (جدول ۸). براون و همکارانش (۱۹۹۴) با مطالعه پایه‌های پاکوتاه سیب اعلام کردند که مهم‌ترین خصوصیت مورفولوژیکی مرتبط با موتانت‌های پاکوتاه کاهش طول میانگره می‌باشد.

هم اختلاف داشتند (شکل ۵) به‌طوری‌که کمترین میزان زنده‌مانی مربوط به رقم سبری (۶۲/۳٪) و بیشترین مربوط به ارقام نطنز و اسپادنا (۸۰٪) بود. اثر متقابل پایه و پیوندک نیز بر درصد زنده‌مانی معنی‌دار بود. با توجه به شکل ۵ درصد زنده‌مانی پیوندک ارقام اسپادنا و نطنز روی پایه‌های گلابی رویشی پیروودوارف و او.ا.چ.اف (۹۵/۵٪ تا ۹۶/۷٪) مشابه درختان بذری بود (۹۶/۷٪). پیوند رقم سبری روی پایه‌های گلابی پیروودوارف و او.ا.چ.اف نسبت به ارقام دیگر پایین بود (۵۸٫۵٪ و ۶۳٫۷۵٪). درحالی‌که پیوند تمام ارقام روی پایه بذری دارای درصد زنده‌مانی بالا (۹۶٪) و همه ارقام روی پایه کوینس دارای درصد زنده‌مانی پایین (۳۲/۵٪) بود. بهترین ترکیب پیوندی از نظر درصد زنده‌مانی در بین پایه‌های رویشی، پیوند رقم نطنز روی پایه‌های پیروودوارف و او.ا.چ.اف با درصد زنده‌مانی ۹۵/۵٪ بود.

کوبلوس و همکارانش (۱۴) نیز با مقایسه پایه‌های دانه‌ال گلابی و پایه‌های کوینس اختلاف معنی‌داری در درصد موفقیت پیوند و زنده‌مانی درختان با توجه به نوع پایه را شاهد بودند. آن‌ها متوجه شدند که بین پایه‌های کوینس مورد استفاده اختلافی از نظر موفقیت پیوند وجود نداشت و میزان موفقیت کمتر از ۲۹٪ بود، درحالی‌که درصد موفقیت در پایه‌های گلابی بیشتر از ۸۹ درصد بود.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثر پایه × پیوندک بر صفات رویشی ارقام گلابی در سال سوم

Table 7- Anova of the effect of rootstock and scion on vegetable characteristic of pear cultivars at the third year

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد جوانه‌های نوظهور	شاخص کلروفیل	میانگین طول میانگره	درصد زنده‌مانی	شاخه < ۳۰	شاخه > ۳۰
S.O.V	df	N.Vegetative bud break	Chlorophyll index	Internode Length	%survival	Branch<30 ^c _m	Branch>30 ^c _m
تکرار Replication	3	0.45 ^{ns}	3.24 ^{ns}	0.000 ^{ns}	9.1 ^{ns}	8.1 ^{ns}	1.1 ^{ns}
پایه Rootstock)	3	0.08 ^{ns}	119.97**	0.084**	9653.6**	36.9**	38.8**
پیوندک Scion	2	0.79*	10.33*	0.005 ^{ns}	1704.1**	2.8 ^{ns}	1.0 ^{ns}
پایه × پیوندک Rootstock × Scion	6	0.38 ^{ns}	3.78 ^{ns}	0.003 ^{ns}	511.4**	7.7 ^{ns}	5.3 ^{ns}
خطا Error	33	0.23	2.88	0.002	7.6	3.5	5.0
CV		11.87	3.73	6	3.7	8	5

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح یک درصد، ^{ns} معنی‌دار نیست

^{ns} = Non Significant at 0.05 probability level and *, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

جدول ۸- اثر پایه بر خصوصیات رویشی ارقام مختلف گلابی

Table 8- Rootstock effect on vegetative characteristics of pear cultivars

تیمار	طول میانگره	درصد زنده‌مانی	تعداد شاخه چه با طول $> 30\text{ cm}$	تعداد شاخه چه با طول $< 30\text{ cm}$	شاخص کلروفیل (درجه)
Treatment	Internode Length (cm)	Survival (%)	Number of lateral branch $< 30\text{ cm}$	Number of lateral branch $> 30\text{ cm}$	Chlorophyll index
پیروودوارف (Pyrodwarf)	0.27bc	83.58b	13.5a	10.3b	48.8a
اواچ‌اف OHF	0.31 b	84.92b	12.3a	12.3ab	45.4b
کوینس C Quince C	0.25 c	32.50c	13.8a	10.8b	41.3c
دانهال گلابی Seedling	0.43 a	95.92a	9.9b	14.3a	46.7b

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون LSD می‌باشند

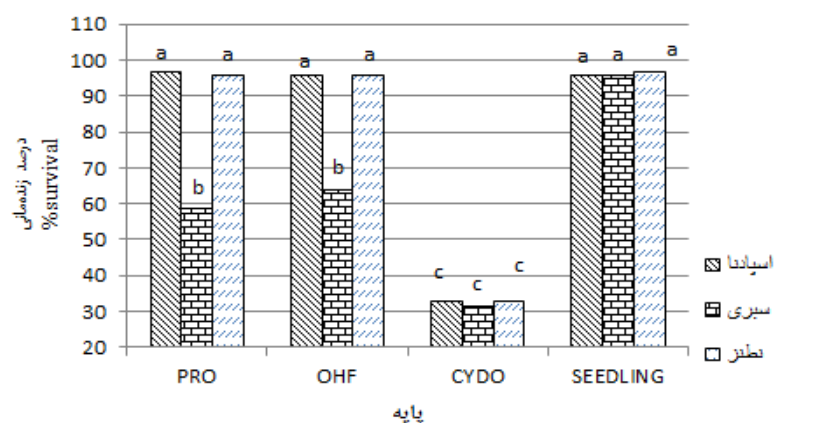
Means which follow the same letter, are not statistically different at 5% probability level based on LSD test

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر پیوندک بر شاخص کلروفیل و تعداد نقاط رویشی ارقام گلابی

Table 9- Comparison of scion effect on chlorophyll index and number of vegetative points of pear cultivars

تیمار	شاخص کلروفیل	تعداد نقاط رویشی
Treatment	Chlorophyll index(degree)	Number of budburst
نطنز Natanz	a	46.4
اسپادنا Spadona	b	44.9
سبری Sebri)	ab	45.2

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی‌داری نیستند

Means followed by the same letter are not significantly differentns at $P < 0.05$ probabilityشکل ۶- اثر متقابل پایه و پیوندک بر روی درصد زنده‌مانی ارقام مختلف گلابی
Figure 6- Interaction effect of rootstock $\times$ scion on survival percentage of pear cultivars

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون LSD می‌باشند

Means which follow the same letter, are not statistically different at 5% probability level based on LSD test

جدول ۱۰- تجزیه مرکب خصوصیات رویشی ارقام گلابی در سه سال

Figure 10- Combined analysis of growth characteristics of pear cultivars in three years

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات		
		Mean of Squares		
S.O.V.		طول شاخه جانبی Lateral branch Length	سطح مقطع تنه TCSA	ارتفاع Height
سال Year	2	53061.54**	736.32**	109702.59**
تکرار Replication	9	248.35 ^{ns}	2.11 ^{ns}	10.66 ^{ns}
پایه Rootstock	3	68519.44**	160.94**	2608.94**
سال×پایه (Rootstock*year)	6	8706.81**	10.68**	285.73**
پیوندک Scion	2	365.83 ^{ns}	26.56**	210.66**
سال×پیوندک Scion*year	4	49.94 ^{ns}	0.69 ^{ns}	22.87*
پایه×پیوندک Scion× rootstock	6	502.95 ^{ns}	3.71 ^{ns}	8.40 ^{ns}
سال×پیوندک×پایه Rootstock×scion×year	12	102.48 ^{ns}	1.48 ^{ns}	13.29 ^{ns}
خطا Error	99	250.48	2.97	7.88 ^{ns}

*معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح یک درصد، n.s معنی‌دار نیست

^{ns}= Non Significant at 0.05 probability level and *, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

جدول ۱۱- اثر متقابل سال × پایه بر روی صفات رویشی ارقام گلابی

Table 11- Interaction effect of year × rootstock on vegetative characteristic of pear cultivars

مرحله رشدی	پایه Rootstock	میانگین مربعات		
		Mean of Squares		
		طول شاخه جانبی Lateral branch length	سطح مقطع تنه TCSA	ارتفاع Height
سال اول	پیروودوارف Prodwarf	199.6 de	14.6 ab	107 b
	ا.و.ا.ف OHF	209.6 cd	14.6 ab	106.4 b
	کوینس سی Quince c	172.6 fg	11.5 cd	91.8 c
	دانهال Seedling	230.9 c	16.7a	116.4 a
سال دوم	پیروودوارف (Pyrodwarf)	262.7 b	9.4cde	23.4 e
	ا.و.ا.ف (OHF)	270 b	9.1 de	23.3 e
	کوینس سی (Quince c)	210.5 cd	8.1 ef	18.7 f
	دانهال (Seedling)	310.3 a	11.9bc	45 d
سال سوم	پیروودوارف (Pyrodwarf)	179.6 efg	5.6 fg	15.2 f
	ا.و.ا.ف (OHF)	188.6 def	5.6 fg	18.5 f
	کوینس سی (Quince c)	155.3 g	4.6 g	14.8 f
	دانهال (Seedling)	311.7 a	10.8 cde	25.1 f

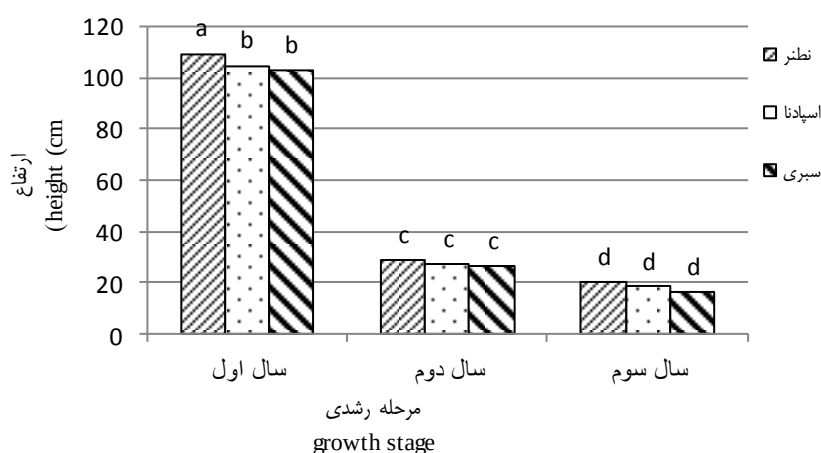
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون LSD می‌باشند

Means which follow the same letter, are not statistically different at 5% probability level based on LSD test

طول شاخه جانبی

در هر سه سال انجام تحقیق، پیوندک تأثیر معنی‌داری بر افزایش طول شاخه جانبی نداشت (جدول ۱۰). درحالی‌که اثر پایه بر سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. در این تحقیق ارقام پیوند شده روی پایه دانهال گلابی دارای شاخه‌های طولی‌تری نسبت به پایه کوینس و گلابی بودند (جدول ۱۱). میزان افزایش طول شاخه‌های جانبی در تمام پایه‌ها طی سال دوم نسبت به سال اول افزایش بیشتری داشت اما در سال سوم پایه‌های گلابی (ا.ا.چ.اف. و پیروودوارف) و پایه کوینس افزایش کمتری نسبت به سال اول و دوم داشتند درحالی‌که میزان افزایش رشد در پایه دانهالی در سال سوم مشابه سال دوم بود. افزایش کمتر طول شاخه‌های جانبی در پایه‌های رویشی می‌تواند به دلیل ظهور جوانه‌های گل و رسیدن به مرحله انتقال از نونهالی به بلوغ باشد.

اثر پایه و پیوندک هر دو روی ارتفاع درخت در طی سه سال معنی‌دار بود (جدول ۱۰). در هر سه سال اجرای طرح، پایه رویشی کوینس کمترین ارتفاع را داشت و بیشترین ارتفاع درخت مربوط به پایه دانهال گلابی بود (جدول ۱۱). دو پایه رویشی گلابی (پیروودوارف و ا.ا.چ.اف.) ارتفاع حد واسط را داشته ولی اختلاف معنی‌داری با هم نشان ندادند. ارقام پیوندی نیز از نظر تأثیر روی ارتفاع گیاه در سال اول باهم اختلاف داشتند به‌طوری‌که بدون توجه به پایه بیشترین ارتفاع مربوط به پیوندک رقم نطنز و کمترین مربوط به سبری بود (شکل ۶). دلیل افزایش کمتر ارتفاع درختان در سال اول به‌منظور حذف غالبیت انتهایی و تحریک تولید شاخه جانبی می‌باشد. با توجه به نمودار ارتفاع تمام ارقام در طول سه سال روی پایه‌های مختلف روند صعودی داشته اما میزان تأثیر پایه روی کاهش ارتفاع درخت در طول سه سال متفاوت بود (جدول ۱۱).



شکل ۶ - اثر سال × رقم بر ارتفاع درخت ارقام گلابی

Figure 6- Effect of year × cultivar on height of pear cultivar tree

Means which follow the same letter, are not statistically different at 5% probability level based on LSD test

ارتفاع

سطح مقطع تنه

هر دو فاکتور پایه و پیوندک روی سطح مقطع تنه درخت تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۱۰) به‌طوری‌که در پایان هر سه سال ارقام پیوندی روی پایه بذری دارای بیشترین سطح مقطع تنه و ارقام روی پایه کوینس کمترین قطر را داشتند دو پایه رویشی گلابی باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۱۱).

نورث و همکارانش (۱۸) و همچنین وستود و روبرت (۳۳) خصوصیات مهم مؤثر بر پاکوتاهی را سطح مقطع تنه، ارتفاع درخت و طول شاخه‌های جانبی رشد کرده اعلام نموده‌اند.

پایه کوینس c در سال سوم آزمایش بر اساس سطح مقطع تنه دارای بیشترین میزان پاکوتاهی نسبت به پایه‌های بذری گلابی بود (۳۸/۷٪) این نسبت بر اساس ارتفاع ۳۱/۱٪ و بر اساس طول شاخه جانبی ۵۰/۲ درصد می‌باشد. اگرچه میزان کاهش سرعت رشد در ماه برای پایه کوینس نسبت به پایه‌های دیگر کمتر می‌باشد، با این وجود پایه کوینس باعث ۴۸/۵ درصد کاهش سرعت رشد نسبت به دانهال بذری شده است. میلد و همکارانش (۱۶) نیز با مقایسه پایه‌های کوینس و پیروودوارف نتیجه گرفتند که پایه‌های کوینس نسبت به پیروودوارف پاکوتاه‌تر می‌باشند. نتایج تحقیق در طی سه سال پیایی نشان داد که اگرچه پایه‌های

را تنها ۶٪ بیشتر از پیروودوارف اعلام نموده است که این اختلاف می‌تواند به خاطر اختلاف در رشد ارقام پیوندی باشد.

اثر پیوندک نیز معنی‌دار بود بیشترین سطح مقطع تنه مربوط به رقم نطنز و کمتری مربوط به سبری بود. اثر متقابل پایه و پیوندک نیز بر سطح مقطع تنه تنها در سال دوم آزمایش معنی‌دار بود. با توجه به نمودار رقم نطنز روی تمام پایه‌ها از سطح مقطع بیشتری برخوردار می‌باشد. تمام ارقام روی پایه به از سطح مقطع کمتری برخوردار بودند در این بین رقم نطنز کاهش آشکاری از نظر سطح مقطع تنه روی پایه کویس داشت با توجه به اینکه سطح مقطع تنه به‌عنوان یک شاخص مهم رشد در نظر گرفته می‌شود با قاطعیت می‌توان به کاهش رشد ارقام روی پایه کویس و پیروودوارف نسبت به ارقام بذری اذعان نمود. تأثیر پایه روی رشد رویشی از طریق تأثیر بر زمان باز شدن جوانه‌های رویشی، سرعت رشد رویشی شاخه، تاریخ خزان در پاییز، عادت شاخه دهی، زاویه شاخه دهی و همچنین تغییر در توزیع مواد معدنی و کربوهیدرات‌ها می‌باشد (۱۱، ۱۷، ۲۹ و ۳۰).

سینج کامبوج و کویس لند (۲۳) اعلام نمودند که تأثیر پایه روی رشد رویشی پیوندک به‌وسیله هورمون‌های CK، IAA و اکسین می‌باشد. آن‌ها اعلام نمودند که پایه‌های پر رشد دارای میزان اکسین بیشتری بوده انتقال قطبی نیز بیشتر اتفاق می‌افتد نسبت به پایه‌های کم‌رشد. همچنین میزان سیتوکینین در شیره اندام‌های هوایی و شیره استخراج شده از پایه‌های پر رشد بیشتر می‌باشد؛ و در نهایت میزان هورمون بازدارنده رشد ABA در پوست اندام‌های هوایی تحت تأثیر پایه قرار می‌گیرد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که پایه و پیوندک اثری بر زمان باز شدن جوانه‌های رویشی نداشت. واتسون و همکارانش (۲۸) که در مورد تأثیر پایه‌های رویشی گلابی بر خصوصیات رویشی پیوندک تحقیق می‌کردند نیز اعلام نمودند که پایه تأثیری بر زمان باز شدن جوانه‌ها روی محور مرکزی درخت پیوندی نداشت.

در این تحقیق افزایش شاخص کلروفیل در ارقام پیوندی روی پایه پیروودوارف نسبت به سایر پایه‌ها مشاهده شد که تأیید کننده تحقیقات قبلی انجام شده در مورد قابلیت جذب عناصر غذایی توسط پایه‌های مختلف درختان میوه و همچنین پیروودوارف می‌باشد. تفاوت در میزان کلروفیل برگ پیوندک روی پایه‌های مختلف بستگی به توانایی پایه برای جذب و انتقال عناصر غذایی به شاخه دارد (۹). علاوه بر این بیشتر بودن کربوهیدرات در اندام‌های هوایی می‌تواند دلیل بیشتر بودن میزان رنگ‌دانه‌های برگ در این پایه نسبت به پایه‌های دیگر باشد. اگرچه که پایه تأثیری بر تعداد نقاط رویشی روی شاخه‌های جانبی نداشت و تعداد شاخه رشد نموده متأثر از رقم پیوندک بود ولی تأثیر پایه بر طول شاخه‌های تولیدشده روی پیوندک معنی‌دار بود. پایه‌های پر رشد تولیدکننده شاخه‌های رویشی طول‌تری

رویشی گلابی (پیروودوارف و او.ا.ج.اف) رشد رویشی کمتری نسبت به پایه دانه‌الی داشتند اما نسبت به پایه کویس c که در باغات متراکم مورد استفاده قرار می‌گیرد از رشد رویشی بیشتری برخوردار می‌باشند. پایه پیروودوارف نسبت به پایه او.ا.ج.اف از رشد رویشی کمتری برخوردار بود ولی از نظر آماری باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند. میزان تأثیر پاکوتاهی پایه‌های رویشی گلابی مورد استفاده در این تحقیق بر اساس دو خصوصیت سطح مقطع تنه و ارتفاع درخت از سال اول با ۱۲/۵٪ برای پیروودوارف و ۱۰،۵٪ برای او.ا.ج.اف شروع و تا سال سوم با تأثیر پاکوتاهی ۲۴/۹٪ برای هر دو پایه ادامه داشت اما تأثیر پایه کویس روی پاکوتاهی درختان پیوندی در سال اول تا سوم از یک‌روند یکسان حدود ۳۱٪ تا ۴۲٪ برخوردار بود که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر و سریع‌تر این پایه روی پاکوتاهی درختان نسبت به پایه‌های رویشی گلابی می‌باشد. تأثیر پاکوتاهی بر ارتفاع درخت نیز تا حدودی مشابه تأثیر روی سطح مقطع تنه می‌باشد، به‌طوری‌که در پایه‌های پیروودوارف و او.ا.ج.اف. میزان تأثیر در طی سال اول و دوم کم بوده ولی در سال سوم کاملاً فاحش می‌باشد درحالی‌که در پایه کویس تأثیر پاکوتاهی در سال اول بسیار زیاد بود.

پاکوتاه‌ترین پایه، پایه کویس بود اما میزان کاهش رشد با توجه به کولتوار پیوندک متفاوت بود. ادگار هک و همکارانش نیز با بررسی پایه‌های کویس و گلابی در سه مکان مختلف نتیجه گرفتند که پایه کویس c و پیروودوارف از جمله کوتاه‌ترین پایه‌های گلابی می‌باشند (۱۰). تأثیر در رشد رویشی پیوندک توسط پایه می‌تواند از طریق تغییر در تقسیم‌بندی مواد غذایی از سمت اندام‌های رویشی به سمت اندام‌های زایشی می‌باشد. بافت محل پیوند نیز در ایجاد تغییر روی رشد رویشی پیوندک از طریق محدود کردن جریان آب و مواد غذایی از ریشه به شاخه و یا انتقال مواد معدنی و تنظیم‌کننده‌های رشد مانند سیتوکینین در آوند چوبی ساقه انجام می‌دهد. این تغییرات آناتومیکی ممکن است در نتیجه محدود کردن حرکت قطبی اکسین در محل پیوند نیز باشد (۱).

با توجه به جدول ۱۰ با افزایش طول عمر پایه‌ها میزان تأثیر پایه روی سطح مقطع تنه نهال پیوندی افزایش می‌یابد. این افزایش تأثیر پایه روی کنترل رشد رویشی در مورد پایه‌های گلابی مخصوصاً در سال سوم بیشتر مشاهده می‌شود، اما پایه کویس از همان سال اول تأثیر فاحشی روی کاهش سطح مقطع تنه داشته است. در این تحقیق در پایان سال سوم میزان کاهش رشد محاسبه شده بر اساس سطح مقطع تنه در پایه‌های کویس c به میزان ۳۸،۷ درصد نسبت به پایه‌های بذری گلابی می‌باشد که در مقایسه با کاهش رشد ایجاد شده توسط پایه پیروودوارف (۲۴ و ۹) ۳۵٪ بیشتر می‌باشد درحالی‌که جاکوب (۱۳) با مقایسه پایه‌های کویس و پیروودوارف که به‌عنوان پایه برای گلابی بارتلت انتخاب‌شده بودند میزان پاکوتاهی کویس c

کلروفیل بهتری نسبت به پایه بذری و کوینس C بودند. میزان پاکوتاهی القاء شده توسط پایه‌های رویشی گلابی کمتر از پایه کوینس C بود، بنابراین در زمان احداث باغ می‌بایست بافاصله بیشتری نسبت به پایه‌های کوینس کشت شوند. پایه‌های رویشی گلابی سازگاری خوبی را در طی سه سال با ارقام پیوندی نطنز و اسپادانا نشان دادند اما میزان سازگاری با رقم سبری کمتر بود.

نسبت به پایه‌های پاکوتاه بودند. در بین ارقام گلابی رقم سبری درصد زنده‌مانی کمتری نسبت به سایر ارقام روی تمام پایه‌ها به‌جز پایه دانه‌الی گلابی داشت که نشان‌دهنده ناسازگاری این رقم با پایه‌های رویشی گلابی و کوینس می‌باشد. نتایج تحقیق در طی سه سال نشان داد که پایه‌های رویشی گلابی پیروودوارف و او.اچ.اف باعث پاکوتاهی درختان پیوندی نسبت به پایه دانه‌ال گلابی می‌شوند. این پایه‌ها علاوه بر پاکوتاهی شاخص

منابع

- 1- Atkinson C. J., and Else M. A. 2003. Enhancing harvest index in temperate fruit tree crops through the use of dwarfing rootstocks. p. 118-131. In: International Workshop on Cocoa Breeding for Improved Production Systems. 19-21 Oct. Accra, Ghana.
- 2- Barritt B.H., Konishi B.S., and Dilley M.A. 1995. Performance of three apple cultivars with 22 dwarfing rootstocks During 8 Seasons in Washington. *Fruit Varieties journal*, 49:158-170.
- 3- Basile B., Marsal J., and DeJong T.M. 2003. Daily shoot extension growth of peach trees growing on rootstocks that reduce scion growth to daily dynamics of stem water potential. *Tree Physiology*, 23:695-704.
- 4- Berman M.E., and DeJong T.M. 1997. Diurnal patterns of stem extension growth in peach (*Prunus persica*): temperature and fluctuations in water status determine growth rate. *Physiologia Plantarum*, 100:361-370.
- 5- Bosa K., Jadczyk-ToBJasz E., and KalaJi M. H. 2016. Photosynthetic productivity of pear trees grown on different rootstocks. *Annali di Botanica*, 6: 1-7.
- 6- Brown C.L., Sommer H.E., and Wetzstein H. 1994. Morphological and histological differences in the development of dwarf mutants of sexual and somatic origin in diverse woody taxa. *Trees*, 9: 61-66.
- 7- Castro H.R., and Rodriguez R.O. 2002. The behavior of quince selections as pear rootstocks for 'Abate Fetel' and 'Conference' pear cultivars in the Rio Negro Valley, Argentina. *Acta Horticulturae*, 596: 363-368.
- 8- Cohen S., and Naor A. 2002. The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance and hydraulic parameters of apple trees and predicting canopy from hydraulic conductances. *Plant, Cell and Environment*, 25:17-28.
- 9- Georgio A. 2001. Evaluation of rootstocks for clemantine mandarin in Cyprus. *Scientia Horticulturae*, 93: 29-38.
- 10- Haak E., Kviklys D., and Iepsis J. 2006. Comparison of cydonia and pyrus rootstock in Estonia, Latvia and Lithuania. *Sodininkyste Ir Darzininkyste*. 25(3):322-326.
- 11- Heinicke D. R. 1964. The micro-climate of fruit trees. III. The effect of tree size on light penetration and leaf area in Red Delicious apple tree. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 85: 33-41.
- 12- Higgs K.H., and Jones H.G. 1990. Response of apple rootstocks to irrigation in south-east England. *Journal of Horticultural Science*, 65(2):129-141.
- 13- Jacob H.B. 2002. New pear rootstocks from Geisenheim, Germany. *Acta Horticulturae*, 596: 337-344.
- 14- Kobělus V., Řezníček V., and Salas P. 2007. *Cydonia* Mill. As a pear rootstock and its effect on the young plant quality of pears in the nursery. *Acta Horticulturae*, 732: 233-237.
- 15- Loreti F., and Massai R. 2002. Mipaf targeted project for evaluation of peach rootstock in Italy: results of six years of observation. *Acta Horticulturae*, 592:117-124.
- 16- Meland M., Frøynes O., and Kaiser C. 2014. Performance of 'clara frijs' pear on quince rootstocks growing in a cool, mesic Nordic climate. *Acta Horticulturae*, 1058: 627-631.
- 17- Morinaga K., and Ikeda F. 1990. The effects of several rootstocks on photosynthesis, distribution of photosynthetic product, and growth of young satsuma mandarin trees. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 59: 29-34.
- 18- North N., Kock K., and Booyse B. 2015. Effect of rootstock on 'Forelle' pear (*Pyrus communis* L.) growth and production. *South African Journal of Plant and Soil*, 32(2): 65-70.
- 19- Reed R.C., Brady S.R., and Muday G.K. 1998. Inhibition of auxin movement from the shoot into the root inhibits lateral root development in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*. 118(4):1369-1378.
- 20- Salas P., Kobělus V., and Řezníček V. 2007. *Cydonia* Mill. As a pear rootstock and its effect on the young plant quality of pears in the nursery. *Acta Horticulturae*, 732: 233-237.
- 21- Scheible W., Lauerer M., Schulze E., Caboche M., and Stitt M. 1997. Accumulation of nitrate in the shoot acts as a signal to regulate shoot-root allocation in tobacco. *The Plant Journal*, 11:671-691.
- 22- Seleznyova A., Thorp T., White M., Tustin S., and Costes E. 2003. Application of architectural analysis and amapmod methodology to study dwarfing phenomenon: the branch structure of 'royal gala' apple grafted on

- dwarfing and non-dwarfing rootstock/interstock combinations. *Annals of Botany*, 91(6): 665-672.
- 23- Singh Kamboj J., and Quinlan J.D. 1998. The apple rootstock and its influence on endogenous hormones. *Acta Horticulturae*, 463: 143-152.
- 24- Solari L.I., Johnson S., and DeJong T.M. 2006. Relationship of water status to vegetative growth and leaf gas exchange of peach (*Prunus persica*) trees on different rootstocks. *Tree Physiology*, 26: 1333-1341.
- 25- Sotiropoulos T. E. 2006. Performance of the apple cultivar "Golden Delicious" grafted on five rootstocks in Northern Greece. *Agronomy and Soil Science*, 52: 347-352.
- 26- Tagliavini M., Bassi D., and Marangoni B. 1993. Growth and mineral nutrition of pear rootstocks in lime soil. *Scientia Horticulturae*, 54:13-22.
- 27- Tombesi S., Johnson R.S., Day K.R., and DeJong T.D. 2010. Relationships between xylem vessel characteristics, calculated axial hydraulic conductance and size-controlling capacity of peach rootstocks. *Annals of Botany*, 105: 327-331.
- 28- Watson A. E., Seleznyova A.N., Dayatilake G. A., and Stuart T.D. 2012. Rootstocks affect pear (*Pyrus communis*) tree growth through extent of node neoformation and flowering with key differences to apple. *Functional Plant Biology*, 39: 493-502.
- 29- Webster A. D. 1995. Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity, and yield productivity. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 23: 373-382.
- 30- Webster A. D. 2004. Vigor mechanisms in dwarfing rootstocks for temperate fruit trees. *Acta Horticulturae*, 658:29-41.
- 31- Weibel A., Johnson R.S., and DeJong T.M. 2003. Comparative vegetative growth responses of two peach cultivars grown on size-controlling versus standard rootstocks. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128:463-471.
- 32- Wertheim S.J. 2002. Rootstocks for European pear. *Acta Horticulturae*, 596: 299-309
- 33- Westwood M. N., and Roberts A. N. 2000. The relationship between trunk cross-sectional area and weight of apple trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 95: 28-3.



Effects of Vegetative and Seedling Pear Rootstocks on Growth Characteristics and Water Potential of Pear Cultivar

F. Alizade Zarmehri¹- GH. Davary Nejad^{2*}- R. Khorasani³- S.H. Nemati⁴- P. Keshavarz⁵

Received: 16-11-2016

Accepted: 03-07-2017

Introduction: Pear producers around the world are looking for faster return of capital and saving in labor costs, achieved well by high density orchard planting. Choosing a good combination of scion and rootstock is critical for production of fruit trees because the relationship between the rootstock and scion has a decisive effect on plant water relations, leaf gas exchange, plant size, flowering, fruit production, fruit quality and production efficiency. Nowadays in some regions, growers are using quince rootstock for pear orchard establishment. Using the quince rootstock alleviates many problems in pears orchard, but graft incompatibility between pear scion and the quince rootstock, and resistance to frost and alkaline soils are some problems restricting the use of this rootstock. In most pear-producing regions in Iran, pear seedling is used for pear propagation. Due to the problems of pear including overgrowth and late precocity (after 4 -5 years), this research evaluated the effects of pear clonal rootstock (*Pyrodwarf*, *OHF* and *Quince c*) on some growth characteristics in comparison to pear seedling (*Pyrus communis*).

Materials and Methods: This research was conducted during 3 years from 2014-2016 in Chenaran (36.6, 59.1) in northeast of Mashhad. Maximum and minimum temperatures were 40 and -22 °C, respectively, elevation 1176m and the average annual rainfall 240mm. The same tissue culture rootstocks from two cultivar *Pyrodwarf* and *OHF* with Quince rootstock and annual seedling from Dragazi pear were selected in August 2013 and T-budded with three commercial cultivars *Spadona*, *Ntanz* and *Sebri*. In the spring of 2014, after relieving frost danger, the trees were planted in field with row space 4×2m. In order to investigate dwarfing effect of rootstock on scion cultivar, some important vegetative factors that represent dwarfing effect of rootstock including trunk cross sectional area, height of tree, amount of lateral branch growth, tree growth rate during growth season, mean of growing buds on each lateral branch, and stem and leaf water potential were measured. This test was conducted in factorial based on randomized complete block design with 4 replications. Each plot was included one hybrid combination. MSTATC and Excel software were used for data analysis, and differences among means were compared by using LSD test.

Results and Discussion: Different rootstocks did not show any significant difference in terms of leaf water potential. Leaf water potential during the seasons had a constant time course about scion cultivar on all rootstock so while temperatures rise throughout the season it reduced the amount of leaf water potential. The effect of cultivar was significant on leaf water potential so that the highest water potential was related to *Ntanz* and the least water potential was related to *Serbi* cultivar. The effect of rootstock and scion both on stem water potential was significant. Therefore the highest and lowest stem water potential was recorded for cultivars grafted onto the seedling and quince rootstock, respectively. In this study, a significant relationship was observed between minimum stem water potential (mid-day) and branch growth rate during the growing season. With reducing stem water potential as a result of temperature increase, the amount of branch growth reduced. The effect of both scion and rootstock on chlorophyll index was significant. In this investigation, all 4 rootstocks had different effects on chlorophyll index. The highest chlorophyll index was related to cultivar *Ntanz* and the least was related to *Spadona*. *Sebri* had medium chlorophyll index. Rootstock effect on vegetative growth of the scion was not significant but the effect of scion was significant at 5% level. Pear seedlings with vigorous growth had more long branches than other rootstocks. In the present research, seedling rootstock also induced higher growth of lateral branches. Furthermore, quince rootstock induced the least growth of lateral branch during 3 years of the investigation. In addition, quince rootstock had the minimum tree height and pear seedling had the maximum tree height. Internode length in dwarfing rootstock was less than seedling. Both scion and rootstock had significant effect on trunk sectional area so that at the end of three years, cultivars grafted on seedling rootstock had the highest trunk cross sectional area, and cultivars on quince rootstock had the lowest TCSA. Two

1, 2 and 4- Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: davarynej@um.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

5- Associate Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Mashhad

vegetative pear rootstocks (Pyrodwarf and OHF) did not show significant difference from each other. Pyrodwarf and OHF rootstock showed good compatibility with Natanz and Spadona scions like seedling rootstock. On the other hand, the survival percentage on quince rootstock was really low.

Conclusion: This investigation showed that pear rootstock had less vegetative growth than seedling rootstock and induced dwarfing effect on scion growth during 3 years but quince rootstock had more dwarfing effect.

Keywords: Dwarfing effect, OHF, Pyrodwarf, Quince c



اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیر (*Allium sativum* L.) در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی مختلف

یاسر اسماعیلیان^۱ - محمد بهزاد امیری^{۲*} - صادق عسکری نائینی^۳ - جلیل مرادی صدر^۴ - فرهاد حیدری عمله^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۰

چکیده

در سال‌های اخیر، توجه به سلامت محصولات کشاورزی و به‌ویژه گیاهان دارویی بیشتر مورد توجه قرار گرفته و از این رو کاربرد نهاده‌های بوم‌سازگار در تولید این گیاهان امری اجتناب‌ناپذیر است. به‌منظور بررسی اثر کاربرد همزمان کودهای زیستی و کودهای آلی و شیمیایی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیر (*Allium sativum* L.)، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ در مجتمع آموزش عالی گناباد به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کودهای آلی و شیمیایی مختلف شامل ۱- ورمی‌کمپوست، ۲- کود گاوی، ۳- کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و ۴- شاهد (عدم کاربرد کود) به‌عنوان عامل اصلی و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه شامل ۱- نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* spp. و *Azospirillum* spp. با $CFU=10^8$ C/ml در زمان تولید کود)، ۲- بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp. با $CFU=10^7$ C/ml در زمان تولید کود) و ۳- شاهد (عدم کاربرد کود) به‌عنوان عامل فرعی مدنظر قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد جداگانه‌ی کود شیمیایی تأثیر چندانی در بهبود قطر سوخ نداشت، ولی استفاده‌ی همزمان از کود شیمیایی و بیوفسفر منجر به افزایش ۱۸ درصدی قطر سوخ نسبت به شاهد شد. کاربرد همزمان نیتروکسین و کود گاوی وزن سوخک در بوته را ۴۱ درصد نسبت به کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین افزایش داد. کاربرد بیوفسفر به همراه کودهای ورمی‌کمپوست، گاوی و شیمیایی به‌ترتیب افزایش ۲۵، ۱۸ و ۱۵ درصدی عملکرد زیستی را نسبت به کاربرد جداگانه‌ی این کود سبب شد. بیشترین عملکرد اقتصادی (۵۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد همزمان نیتروکسین و کود گاوی حاصل شد. به‌طور کلی با توجه به یافته‌های این پژوهش، با کاربرد همزمان کودهای آلی و بیولوژیک می‌توان ضمن تشدید اثرات مثبت کاربرد جداگانه‌ی هر یک از این کودها، خسارات زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: بوم‌سازگار، بیوفسفر، سلامت محصول، عملکرد زیستی، نیتروکسین

مقدمه

استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای گیاه و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی، جنبه‌های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند، ضروری به نظر می‌رسد (۳۶). یکی از راهکارهای کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی و افزایش تولید پایدار، استفاده از مواد آلی است (۲۰). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و عملکرد محصول را افزایش داده‌اند (۸). بروسارد (۱۴) اظهار داشت که افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه شده و بدین ترتیب منجر به افزایش تعادل نیتروژن و کارایی جذب فسفر می‌شود.

ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی است که در نتیجه‌ی فعالیت گونه‌ای از کرم‌های خاکی بر روی ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شود (۴۶). این کود آلی، سبک، فاقد بو و عاری از بذر

حفظ محیط‌زیست و دستیابی به توسعه‌ی پایدار یکی از مباحث اصلی و اساسی است که با اجرای طرح‌های جامع اقتصادی و اجتماعی سرلوحه‌ی کشورهای مختلف جهان و از جمله ایران قرار گرفته است. از دیدگاه کشاورزی پایدار، خاک نه‌تنها یک بستر فیزیکی و شیمیایی به‌شمار می‌رود، بلکه همچون یک پیکره‌ی زنده است که با مدیریت موجودات زنده‌ی آن، می‌توان تنوع زیستی آن را حفظ کرده و افزایش داد. به همین منظور جهت برخورداری از یک سیستم کشاورزی پایدار،

۱ و ۲- استادیاران مجتمع آموزش عالی گناباد

(*)- نویسنده مسئول: (Email: amiri@gonabad.ac.ir)

۳، ۴ و ۵- دانشجویان کارشناسی مهندسی تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی گناباد

بیشترین عملکرد گل خشک بود و بیشترین عملکرد اسانس و مقدار کامازولین به ترتیب در تیمارهای کود گاوی و کمپوست بدست آمد (۲۲).

در سالهای اخیر کاربرد فرآورده‌های زیستی در تغذیه گیاهان زراعی و دارویی به عنوان راهکارهای بنیادین برای توسعه سیستم‌های مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه و به منظور افزایش کمی و کیفی مواد غذایی در واحد سطح از طریق تلفیق روش‌های تغذیه معدنی و آلی گیاهان مورد توجه قرار گرفته است (۳۹). در سیستم‌های کشاورزی پایدار، استفاده از منابع تجدیدپذیری که حداکثر محاسن اکولوژیکی و حداقل مضرات زیست‌محیطی را دارا باشند، امری ضروری است (۳۶ و ۳۸). یکی از شیوه‌های بیولوژیکی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده بالقوه از میکروارگانیسم‌های مفید خاک‌زی است که به طرق مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (۵۲). این میکروارگانیسم‌ها با برقراری کنش متقابل با ریشه گیاهان در ریزوسفر، سبب بروز فواید بسیاری می‌شوند. برخی از این ریزموکودات اثرات مفیدی در بهبود رشد گیاه دارند و از آن‌ها تحت عنوان ریزوباکتریهای محرک رشد گیاه (PGPR)^۱ یاد می‌شود (۱). به عبارت دیگر، ریزوباکتریهای محرک رشد گیاه شامل گروه متنوعی از باکتری‌های کلون‌کننده محیط ریشه و میکروارگانیسم‌های دیازوتروفیک^۲ هستند و زمانی که به صورت هم‌یار^۳ با یک گیاه رشد می‌کنند، سبب تحریک رشد و نمو گیاهان می‌شوند (۲۷ و ۵۲). سانچزگوین و همکاران (۴۶) در آزمایشی اثر کودهای زیستی را در دو گیاه دارویی بابونه آلمانی و همیشه بهار (*Calendula officinalis*) بررسی و گزارش کردند که کاربرد این کودها در همیشه بهار باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاه شد، درحالی که در بابونه افزایش عملکرد را به همراه داشت، ولی اثری بر کیفیت آن نداشت. قریب و همکاران (۲۴) در گیاه مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) گزارش کردند که کودهای آلی و بیولوژیک شامل کمپوست، *Azotobacter* و *Azospirillum* بر شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه اثرات قابل توجهی داشت. شالان (۴۹) طی آزمایشی در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی گزارش کرد که ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ی فرعی، وزن تر و خشک گل و برگ، عملکرد بذر، درصد اسانس و آلفالینولیک اسید با کاربرد *Bacillus* (باکتری حل‌کننده فسفات) و *Azospirillum* و سطوح مختلف کمپوست افزایش یافت و بهترین حالت از کاربرد توأم این تیمارها بدست آمد.

سیر (*Allium sativum* L.) گیاهی بومی مناطق مرکزی آسیا است، که دارای دامنه وسیعی از تنوع در مورفولوژی و تولیدمثل است (۴۸). از این گیاه به طور وسیعی در آشپزی به عنوان مکمل و طعم

علف‌های هرز بوده و تهیه‌ی آن نسبت به کمپوست آسان‌تر و در مدت زمان کوتاهی انجام می‌گیرد (۹). ورمی‌کمپوست غنی از مواد شبه هورمونی و ویتامین‌ها بوده و عصاره‌ی آن به عنوان یک آفت‌کش قوی زیستی مطرح است که باعث افزایش جامعه‌ی میکروبی خاک و نگهداری عناصر غذایی برای دوره‌ی طولانی‌تر بدون اثرات منفی بر محیط می‌گردد (۴۰). ورمی‌کمپوست دارای خلل و فرج و زهکش مناسب، ظرفیت نگهداری آب بالا و سطوح زیاد برای جذب بالای مواد غذایی می‌باشد که به عنوان اصلاح‌کننده‌ی آلی خاک در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مختلف نقش مؤثری ایفا می‌کند. ورمی‌کمپوست، در مقایسه با مواد مادری اولیه دارای نمک محلول کم تر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و میزان اسید هیومیک بیشتری است. ضمن این که این کود غنی از عناصر غذایی نظیر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم می‌باشد که به آسانی برای گیاه قابل جذب هستند (۱۰ و ۴۷). برخی محققین (۴) گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست، بر میزان غلظت عناصر کم‌مصرف گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) اثر معنی‌داری داشت و با افزایش سطوح کاربرد آن، غلظت عناصر غذایی افزایش یافت، به طوری که بیشترین غلظت عناصر غذایی در شرایط کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار ورمی‌کمپوست که در طی سه سال یا بیشتر مصرف شده‌اند، بدست آمد. برخی دیگر از محققین نشان دادند که کاربرد مقادیر متعادل از ورمی‌کمپوست منجر به تولید بیشترین وزن تر و خشک گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شد (۱۱).

کود دامی یکی دیگر از منابع کود آلی است که اثراتی چون افزایش باروری خاک، ماده آلی و غنی‌سازی خاک و در نهایت بهبود رشد و نمو گیاه را به همراه دارد و گزارش شده است که خاک‌هایی که کود حیوانی دریافت می‌کنند علاوه بر جمعیت میکروبی فعال‌تر و غنی‌تر، از مقادیر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات قابل دسترس بیشتری نسبت به خاک‌هایی که با کود غیرآلی تغذیه شده‌اند برخوردار بودند. مصرف کود دامی در کشاورزی سنتی جایگاه خاصی داشته و در حال حاضر می‌تواند نقش مهمی را در کشاورزی پایدار ایفا کند. کودهای دامی حاوی اکثر عناصر مورد نیاز گیاهان هستند و علاوه برداشتن عناصر پرمصرف دارای ریزمغذی‌ها بوده و استفاده از آن‌ها در درازمدت تعادل غذایی خاک را در پی خواهد داشت (۱۲). آبرا و همکاران (۲) استفاده از کود دامی را جهت بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، بهبود ساختمان خاک و حفظ رطوبت بسیار مؤثر دانستند. بر اساس گزارش برخی محققین، مصرف کود گاوی کاملاً پوسیده، تعداد بذر در بوته زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) را از ۲۹۶ به ۳۶۴ بذر افزایش داد (۵). در یک پژوهش، پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه ی آلمانی (*Matricaria recutita*) گزارش شد که کود گاوی دارای

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

2- Deiazotrophic

3- Associative

توسط بیل دستی وارد خاک شدند. بر اساس منابع موجود (۲۸)، نیاز کودی سیر برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم از منبع شیمیایی، به ترتیب ۴۰، ۵۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. فسفر و پتاسیم همزمان با کاشت و نیمی از نیتروژن همزمان با کاشت و نیم دیگر آن اوایل فروردین ماه ۱۳۹۵ به خاک مزرعه اضافه گردید.

برای آماده سازی زمین با تأکید بر عملیات زراعی اکولوژیک، خاک ورزی حداقل انجام شد، به این ترتیب که پس از انجام دیسک سبک، کرت های آزمایشی با ابعاد ۲×۲ متر ایجاد شد. به دلیل کودی بودن ماهیت تیمارها و جلوگیری از اختلاط تیمارها با هم، برای هر بلوک آزمایشی یک لوله ی آبیاری جداگانه در نظر گرفته شد. برای اعمال کودهای زیستی، سوخک ها (با منشأ توده ی همدان) به مدت ۱۵ دقیقه در مایه تلقیح خیسانده و در مهرماه ۱۳۹۴ با فاصله ی ۱۰ سانتی متر از یکدیگر در ردیف هایی به فاصله ۲۰ سانتی متر کشت شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری های بعدی از نیمه ی دوم اسفندماه به فاصله هر ۷ روز یک بار تا آخر فصل رشد به روش نشتی انجام شد. به منظور کنترل علف های هرز، تنها سه نوبت وجین دستی (به ترتیب ۲۵ اسفند ۱۳۹۴ و ۱۵ فروردین و ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۵) انجام گرفت. در زمان آماده سازی زمین و در طول دوره ی رشد، هیچ گونه علف کش، آفت کش و قارچ کش شیمیایی استفاده نشد. در انتهای فصل رشد، پس از زرد شدن برگ ها، تمام سطح کرت های آزمایشی برداشت و عملکرد اقتصادی و بیولوژیک آنها تعیین شد. قبل از برداشت، تعداد ۵ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، قطر سوخ، وزن و تعداد سوخک در بوته اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی و وزن سوخک در بوته از ترازوی دیجیتالی با دقت ۱ هزارم گرم استفاده شد.

تجزیه و تحلیل واریانس داده ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای SAS Ver. 9.1، MS Excel Ver. 11 و Write Ver. 2 و مقایسه ی میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی

اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی معنی دار بود (جدول ۳). استفاده از کود زیستی بیوفسفر به ترتیب منجر به افزایش ۱۳ و ۲۲ درصدی ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد (شکل ۱). نیتروکسین نیز به ترتیب افزایش ۳ و ۲۸ درصدی ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی را در مقایسه با شاهد در پی داشت که البته از نظر ارتفاع بوته این تفاوت با شاهد معنی دار نبود (شکل ۱). ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی

دهنده گوشت استفاده می شود (۵۱). سیر برای درمان بسیاری از بیماری ها به ویژه بیماری های قلبی عروقی و سرطان ها مورد استفاده قرار می گیرد. از دیگر خواص دارویی سیر می توان به تنظیم سطوح لیپید پلاسما و اثرات ضد مسمومیتی، ضد باکتریایی و ضد دیابتی آن اشاره کرد (۵۰).

با توجه به کاربردهای متعدد سیر در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی، به نظر می رسد که با مدیریت صحیح نهاده ها می توان به عملکرد مطلوب و عاری از بقایای شیمیایی این گیاه دارویی دست یافت و از آنجایی که اطلاعات در زمینه ی مدیریت تغذیه ای این گیاه ارزشمند اندک است، این پژوهش با هدف بررسی اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه داورویی سیر در شرایط استفاده از کودهای آلی و شیمیایی مختلف انجام گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه ی تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۳ دقیقه ی شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه ی شمالی و ارتفاع ۱۰۸۵ متر از سطح دریا در زمینی به مساحت حدود ۲۰۰ متر مربع اجرا شد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه ی بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کودهای آلی و شیمیایی مختلف شامل ۱- ورمی کمپوست، ۲- کود گاوی، ۳- کود شیمیایی (ترکیب نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و ۴- شاهد (عدم کاربرد کود) به عنوان عامل اصلی و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه^۱ شامل ۱- نیتروکسین (حاوی باکتری های *Azotobacter* spp. با $CFU=10^8$ C/ml در زمان تولید کود)، ۲- *Azospirillum* spp. بیوفسفر (حاوی باکتری های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp. با $CFU=10^7$ C/ml در زمان تولید کود) و ۳- شاهد (عدم کاربرد کود) به عنوان عامل فرعی مدنظر قرار گرفتند.

قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک نمونه گیری انجام و به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۱).

برای اعمال کودهای آلی، میزان عناصر غذایی هر یک از کودهای کمپوست، ورمی کمپوست و گاوی تعیین (نتایج تجزیه ی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ آورده شده است) و سپس بر حسب نیاز غذایی سیر و بر حسب درصد نیتروژن موجود در خاک و کودهای آلی به ترتیب بر مبنای ۷ تن در هکتار کود ورمی کمپوست و ۳۰ تن در هکتار کود گاوی، در مهرماه سال ۱۳۹۴ در سطح کرت های مورد نظر به طور یکنواخت پخش و بلافاصله

۱- کودهای زیستی مورد مطالعه از شرکت مهرآسیا تهیه شدند.

به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته (۳۳/۱۳ سانتی‌متر) و وزن خشک اندام هوایی (۶/۳۵ گرم) در تیمار ورمی‌کمپوست محقق شد (جدول ۴). کود گاوی نیز افزایش ۲۳ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد را سبب شد، در حالی‌که استفاده از کودهای شیمیایی در بهبود صفات ذکر شده مؤثر نبود (جدول ۴).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Physical and chemical characteristics of experimental field soil

هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorous (ppm)	نیتروژن Nitrogen (ppm)	بافت خاک Soil texture
1.3	7.1	421	13.1	15.7	لومی-سیلت Silty loam

جدول ۲- خصوصیات کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Used organic fertilizers characteristics in experiment

پتاسیم Potassium (%)	فسفر Phosphorous (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	نوع کود آلی Type of organic fertilizer
0.96	1.53	0.21	ورمی‌کمپوست Vermicompost
1.04	0.29	0.05	کود گاوی Cow manure

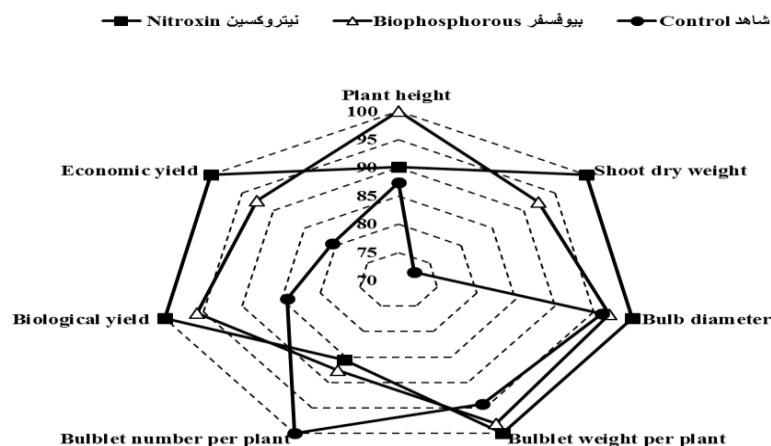
حالت از کاربرد توأم این تیمارها بدست آمد. حسینی‌زمینانی و هادی-پور (۲۹) گزارش کردند که استفاده از کودهای نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و میکوریزا وزن خشک گل در بوته‌ی همیشه بهار را به‌ترتیب از افزایش ۱۹، ۱۴ و ۱۱ درصدی در مقایسه با شاهد برخوردار ساخت. در پژوهشی دیگر گزارش شد که استفاده از کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور منجر به افزایش عملکرد ماده‌ی خشک، ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی و تعداد گل در بوته سرخارگل (*Echinacea angustifolia* DC.) در مقایسه با کود شیمیایی و شاهد شد، ضمن این‌که استفاده‌ی ترکیبی از مایه‌ی تلقیح نیتروکسین و بیوفسفر بیشترین میزان عملکرد ماده‌ی خشک را سبب شد (۳). یادگاری و همکاران (۵۵) گزارش کردند که ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (*Pseudomonas fluorescens* حاوی *Azospirillum lipoferum*) باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی لوبیا (*Phaseolis vulgaris*) نسبت به شاهد شد. ویواس و همکاران (۵۴) اثر *Glomus mosseae* و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (*Bacillus* sp. حاوی *Lactuca sativa* L.) را بر رشد اندام‌های هوایی کاهو (L. sativa L.) مثبت گزارش کردند.

به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی با توجه به دارا بودن مقادیر مناسب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در طول دوره رشد (۱۲) باعث بهبود رشد اندام‌های رویشی و زایشی گیاه شدند و در نتیجه ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت. در یک پژوهش، پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی چندین گیاه

در بررسی اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف مشاهده شد که بیشترین ارتفاع بوته (۳۳/۶۶ سانتی‌متر) و وزن خشک اندام هوایی (۸/۱۰ گرم) در تیمار کاربرد همزمان نیتروکسین و ورمی‌کمپوست بدست آمد (جدول ۵). کود گاوی بیشترین تأثیرش را زمانی بر ارتفاع بوته گذاشت که همراه با بیوفسفر مورد استفاده قرار گرفت، به‌طوری‌که ارتفاع بوته در تیمار کاربرد همزمان بیوفسفر و کود گاوی به‌ترتیب ۳۰ و ۲۴ درصد نسبت به تیمارهای کاربرد همزمان نیتروکسین و کود گاوی و کاربرد جداگانه‌ی کود گاوی بیشتر بود (جدول ۵). کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین و بیوفسفر اثر چندانی در بهبود وزن خشک اندام هوایی نداشت، ولی استفاده از این کودهای زیستی در بستر کودهای آلی ورمی‌کمپوست و کود گاوی افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی را نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) سبب شد (جدول ۵).

کودهای زیستی از طریق مکانیسم‌های مختلفی نظیر افزایش دسترسی به نیتروژن به‌وسیله تثبیت نیتروژن (۴۵)، آزاد کردن متابولیت‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین، افزایش جذب آب و مواد غذایی و کنترل بیولوژیک پاتوژن‌های خاک‌زاد (۱۹) باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند. شالان (۴۹) طی آزمایشی در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی گزارش کرد که ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ی فرعی، وزن تر و خشک گل و برگ، عملکرد بذر، درصد اسانس و آلفانیولینیک اسید با کاربرد *Bacillus* (باکتری حل‌کننده‌ی فسفات) و *Azospirillum* و سطوح مختلف کمپوست افزایش یافت و بهترین

دارویی گزارش شد که ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع بوته‌ی سرخارگل و افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه بادرنبویه



شکل ۱- تغییرات برخی از صفات مورد بررسی در گیاه دارویی سیر تحت تأثیر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (در هر صفت، تیماری مبنای مقایسه قرار گرفت که دارای بیشترین مقدار بود)

Figure 1- Changes of some studied traits in *Allium sativum* L. affected by interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria (In each trait, base of comparison was treatment with the highest amount)

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی خصوصیات گیاه دارویی سیر تحت تأثیر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی

Table 3- Analysis of variance (means of square) of some characteristics of *Allium sativum* affected by plant growth promoting rhizobacteria and application of organic and chemical fertilizers

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares						عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield
		ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	قطر سوخ Bulb diameter	وزن سوخک در بوته Bulblet weight per plant	تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant			
ریزوباکترهای محرک رشد گیاه PGPR	۲	55.88*	9.48**	2.18ns	3.46ns	8.41**	1695516**	1978402**	
کود آلی و شیمیایی Organic and chemical fertilizer	۳	61.86**	5.81**	19.45**	75.42**	11.44**	2551068**	1147656**	
ریزوباکترهای محرک رشد گیاه×کود آلی و شیمیایی PGPR×Organic and chemical fertilizer	۶	47.70**	5.07**	14.13**	10.47**	2.68**	363791*	611180*	
خطای آزمایشی Experimental error	۲۴	11.04	0.83	0.84	2.60	0.60	141762	95625	
درصد ضریب تغییرات Cv (%)	–	11.02	16.59	4.49	9.03	7.94	8.72	8.22	

***، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار

***, * and ns are significant at the 0.01 and 0.05 of probability level and non-significant, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی خصوصیات گیاه دارویی سیر تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی

Table 4- Mean comparison of some characteristics of *Allium sativum* affected by application of organic and chemical fertilizers

صفات مورد بررسی Studied traits	ورمی کمپوست Vermicompost	کود گاوی Cow manure	کود شیمیایی Chemical fertilizer	شاهد Control
ارتفاع بوته Plant height (cm)	33.13a	27.52c	31.48ab	28.41bc
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	6.35a	5.97ab	5.12bc	4.58c
قطر سوخ Bulb diameter (cm)	20.25b	22.55a	19.66bc	19.26c
تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant	8.46c	9.68b	9.72b	11.22a

در هر ردیف، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند
In each row, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.01$) based on Duncan's multiple range test

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی خصوصیات گیاه دارویی سیر تحت تأثیر اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی

Table 5- Mean comparison of some characteristics of *Allium sativum* affected by interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria and application of organic and chemical fertilizers

تیمارهای کودی Fertilizer treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	قطر سوخ Bulb diameter (cm)	وزن سوخک در بوته Bulblet weight per plant (g)	تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant
نیتروکسین Nitroxin					
ورمی کمپوست Vermicompost	37.33a	8.10a	23.16ab	16.79cd	6.86f
گاوی Cow manure	23.63d	6.59abc	23.16ab	25.32a	10.00bc
شیمیایی Chemical fertilizer	29.90cd	5.29cd	19.50de	16.16d	9.20cde
شاهد control	29.63bcd	5.00cd	17.83e	15.02d	10.66abc
بیوفسفر Biophosphorous					
ورمی کمپوست Vermicompost	33.66ab	7.03ab	18.33e	16.79cd	8.53de
گاوی Cow manure	33.56ab	7.34a	20.66cd	20.21b	8.00ef
شیمیایی Chemical fertilizer	34.53ab	4.56d	21.66bc	19.30bc	9.56cd
شاهد control	28.53bcd	4.11d	20.50cd	15.53d	11.53a
شاهد Control					
ورمی کمپوست Vermicompost	28.40bcd	3.92d	19.26de	17.03cd	15.00def
گاوی Cow manure	25.36d	4.00d	23.83a	20.50b	17.33cd
شیمیایی Chemical fertilizer	33.03abc	5.53bcd	17.83e	16.15d	15.00def
شاهد control	27.06cd	4.63d	19.46de	15.37d	11.66g

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند
* In each column, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range

(۳۳)، سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) (۴۹)، مرزنجوش، زیره سیاه اروپایی (*Carum carvi* L.) (۵۳)، آویشن (*Thymus vulgaris* L.) (۴۴) و ریحان (۱۵) و اسطوخودوس (*Lavandula stoechas* L.) (۳۴) گزارش شده است. فاتما و همکاران (۲۳) گزارش کردند که کودهای زیستی *Azospirillum*، *Azotobacter* و باکتری‌های حل‌کننده فسفات دارای اثر مثبت بر شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه دارویی مرزنجوش بودند. قریب و همکاران (۲۴) طی آزمایشی گلخانه‌ای در گیاه مرزنجوش گزارش کردند که کودهای آلی و زیستی شامل کمپوست، *Azospirillum* و *Azotobacter* بر شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه اثرات قابل‌توجهی داشت. غلامی و همکاران (۲۶) گزارش کردند که ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (ازتوباکتر، آزوسپیریوم و سودوموناس) باعث بهبود خصوصیات رشدی ذرت (*Zea mays* L.) شدند.

اثرات مثبت کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مختلف در آزمایشات متعددی (۴ و ۱۱) مورد تأکید قرار گرفته است. به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی احتمالاً از طریق بهبود خواص شیمیایی و فیزیکی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی (۱۲) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه و از جمله قطر سوخ آن شدند. در یک پژوهش، در کشت ارگانیک ریحان مصرف کمپوست خصوصیات کمی و کیفی گیاه را بهبود بخشید (۲۱). در یک پژوهش اثر کودهای آلی و زیستی مختلف روی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که ورمی کمپوست چه به تنهایی و چه در کاربرد همزمان با کودهای بیولوژیک نیتروکسین و نیتراژین منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه شد (۴۲). در پژوهشی دیگر، اثر منابع کودی مختلف بر کمیت و کیفیت کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که کودهای گاوی و گوسفندی منجر به افزایش عملکرد میوه نسبت به شاهد شدند (۳۰).

وزن و تعداد سوخک در بوته

ریزوباکترهای محرک رشد گیاه وزن سوخک در بوته را تحت تأثیر اثرات مثبت خود قرار دادند، به‌طوری‌که وزن سوخک در بوته ۶ درصد در شرایط کاربرد نیتروکسین و ۴ درصد در شرایط کاربرد بیوفسفر نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۱)، که البته از این نظر تفاوت کودهای زیستی مورد مطالعه با شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۳). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین وزن (۲۲/۰۱ گرم) در تیمار کود گاوی حاصل شد. کودهای ورمی کمپوست و شیمیایی نیز وزن سوخک در بوته را به‌ترتیب ۹ و ۱۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۲).

در پژوهشی دیگر، اثر کودهای آلی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی اسفرزه (*Plantago psyllium* L.)، قدومه شیرازی (*Alyssum homolocarpum* L.)، قدومه شهری (*Lepidium perfoliatum* L.) و تخم شربتی (*Lalementia iberica* L.) مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که تیمار کود گاوی منجر به تولید بیشترین ارتفاع گیاهان در مقایسه با سایر تیمارها شد، ضمن اینکه ارتفاع تمامی گیاهان مورد مطالعه در کودهای ورمی کمپوست، کمپوست قهوه و کمپوست قارچ نیز نسبت به شاهد بیشتر بود (۳۷). پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه بهار گزارش شد که بیشترین وزن خشک گل در تیمار ورمی کمپوست به همراه تلقیح با کود فسفاته بارور بدست آمد (۴۱).

قطر سوخ

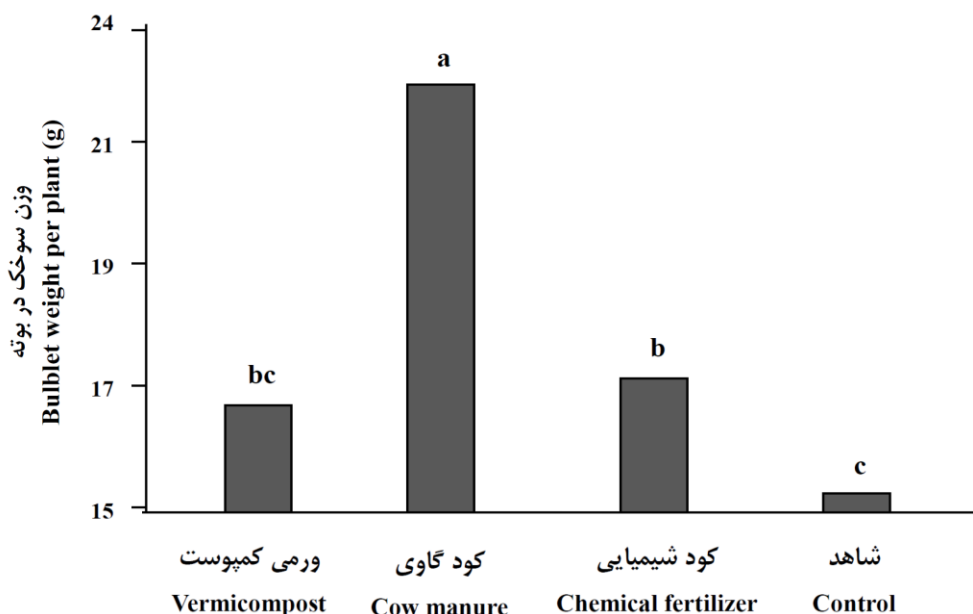
اگر چه اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر قطر سوخ معنی‌دار نبود (جدول ۳)، ولی قطر سوخ در شرایط کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌ترتیب ۴ و ۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۱). قطر سوخ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۳)، به‌طوری‌که هر یک از کودهای ورمی کمپوست، گاوی و شیمیایی به‌ترتیب افزایش ۵، ۱۵ و ۲ درصدی قطر سوخ نسبت به شاهد را سبب شدند که البته از این نظر اختلاف کود شیمیایی با شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۴).

نتایج اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف نشان داد که نحوه‌ی تأثیرگذاری کودهای آلی بر کارایی کودهای نیتروکسین و بیوفسفر در بهبود قطر سوخ بسته به کود زیستی مورد استفاده متفاوت بود، به‌طوری‌که کاربرد همزمان نیتروکسین در بستر کودهای آلی ورمی کمپوست و گاوی قطر سوخ را ۲۳ درصد نسبت به کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین افزایش داد، در حالی‌که بیوفسفر زمانی که جداگانه استفاده شد تأثیر بیشتری در افزایش قطر سوخ نسبت به کاربرد همزمان بیوفسفر و ورمی کمپوست ایفا نمود (جدول ۵). کاربرد جداگانه‌ی کود شیمیایی تأثیر چندانی در بهبود قطر سوخ نداشت، ولی استفاده‌ی همزمان از کود شیمیایی و بیوفسفر منجر به افزایش ۱۸ درصدی قطر سوخ نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود) شد (جدول ۵).

به نظر می‌رسد که ریزوباکترهای موجود در کودهای زیستی از طریق تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین (۱۹) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه شده‌اند. اثرات مثبت کودهای زیستی در بهبود کمی و کیفی برخی گیاهان دارویی ازجمله شوید (*Anethum graveolens* L.) (۳۲)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

کود گاوی وزن سوخک در بوته را به ترتیب ۳۴، ۳۶ و ۴۱ درصد نسبت به کاربرد همزمان این کود با هر یک از کودهای ورمی کمپوست، شیمیایی و کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین افزایش داد.

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین (جدول ۵)، هر دو کود زیستی مورد مطالعه در بستر کود گاوی دارای بیشترین تأثیر بر وزن سوخک در بوته بودند، به عنوان مثال کاربرد همزمان نیتروکسین و



شکل ۲- اثر کودهای آلی و شیمیایی مختلف بر وزن سوخک در بوته گیاه دارویی سیر

Figure 2- Effect of different organic and chemical fertilizers on weight of bulblet per plant in *Allium sativum* L

برای هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each trait, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range

افزایش تعداد سوخک در بوته در مقایسه با کاربرد آنها در بستر کودهای آلی داشت، به عنوان مثال تعداد سوخک در بوته در شرایط کاربرد همزمان نیتروکسین و کودهای ورمی کمپوست و گاوی به ترتیب ۳۶ و ۶ درصد کمتر از تیمار کاربرد جداگانه‌ی نیتروکسین بود (جدول ۵). بیشترین تعداد سوخک در بوته (حدود ۱۲ عدد) در تیمار کاربرد جداگانه‌ی بیوفسفر حاصل شد (جدول ۵).

به نظر می‌رسد که ریزوباکترهای موجود در کودهای زیستی در کنترل قارچ‌های بیماری‌زا مؤثر بوده (۵۲) و از طریق ساز و کارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه شده‌اند (۱). بررسی اثر کودهای زیستی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سرخارگل نشان داد که تمامی کودهای زیستی مورد مطالعه (کاربرد جداگانه و ترکیبی نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور)، بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه را به همراه داشتند، ولی بیشترین وزن خشک برگ، عملکرد ماده‌ی خشک، طول ریشه و تعداد گل در بوته در تیمار ترکیبی نیتروکسین و بیوفسفر

اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر تعداد سوخک در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳)، به طوری که با اعمال کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به ترتیب ۱۴ و ۱۲ درصد از تعداد سوخک در بوته در مقایسه با شاهد کاسته شد (شکل ۱). استفاده از کودهای آلی و شیمیایی نیز دارای اثر منفی بر تعداد سوخک در بوته بود، به طوری که کاربرد کودهای ورمی کمپوست، گاوی و شیمیایی به ترتیب کاهش ۲۵، ۱۴ و ۱۳ درصدی تعداد سوخک در بوته را در مقایسه با شاهد در پی داشتند (جدول ۴). با توجه به اینکه تعداد سوخک‌ها در شرایط استفاده از ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (شکل ۱) و کودهای آلی و شیمیایی مختلف (جدول ۴) با کاهش مواجه شد، به نظر می‌رسد نهاده‌های مورد مطالعه به جای کمک به تولید تعداد زیادی سوخک کم‌وزن و کم‌حجم، اثرات مثبت خود در بهبود عملکرد گیاه را از طریق افزایش وزن و حجم سوخک‌ها نمایان ساختند (شکل ۲).

اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف بر تعداد سوخک در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳)، به طوری که کاربرد جداگانه‌ی کودهای زیستی تأثیر بیشتری در

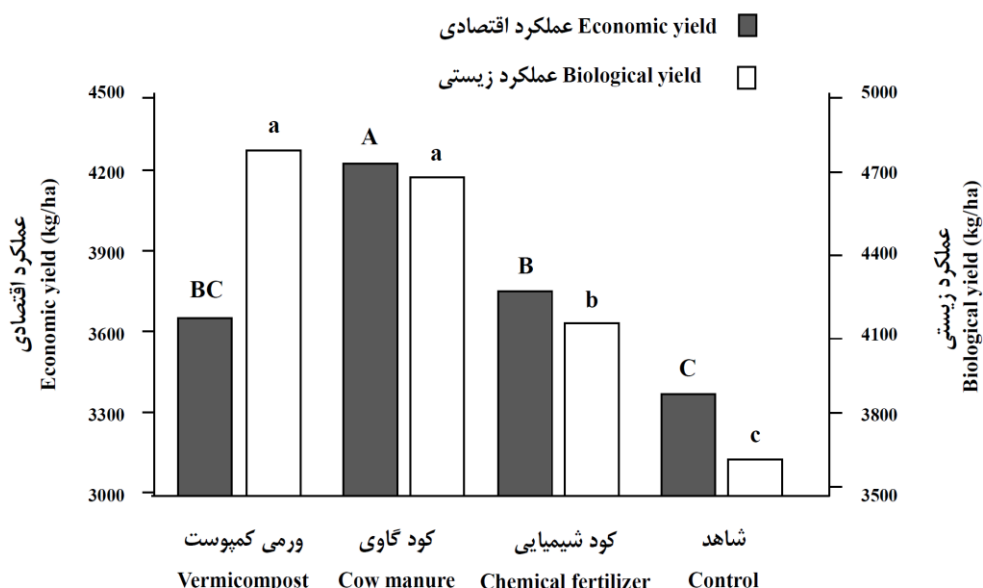
مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی رازیانه نشان داد که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست سبب افزایش تعداد گل، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و مقدار اسانس گیاه مورد نظر گردید (۱۶).

عملکرد زیستی و اقتصادی

ریزوباکترهای محرک رشد گیاه به طور معنی داری بر عملکرد زیستی و اقتصادی تأثیر داشت (جدول ۳)، به طوری که کاربرد کودهای نیتروکسین و بیوفسفر به ترتیب افزایش ۱۶ و ۱۲ درصدی عملکرد زیستی و به ترتیب افزایش ۱۹ و ۱۳ درصدی عملکرد اقتصادی را در مقایسه با شاهد سبب شدند (شکل ۱). همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود تمامی کودهای آلی و شیمیایی مورد مطالعه منجر به افزایش عملکرد زیستی و اقتصادی شدند، به طوری که عملکرد زیستی تحت تأثیر کودهای ورمی کمپوست، گاوی و شیمیایی به ترتیب ۲۴، ۲۲ و ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و کرت های برخوردار از کودهای یاد شده به ترتیب از عملکرد اقتصادی ۸، ۲۰ و ۱۰ درصدی بیشتر در مقایسه با شاهد بهره مند شدند. بیشترین عملکرد زیستی (۴۷۸۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد اقتصادی (۴۲۳۸ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در تیمارهای کود گاوی و ورمی کمپوست بدست آمد (شکل ۳).

مشاهده شد (۳). در یک پژوهش گزارش شد که استفاده از نهاده های اکولوژیک مختلف (اسید هیومیک، نیتروکسین، میکوریزا و استفاده ترکیبی این کودها) منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی و به ویژه وزن و تعداد دانه در بوته ی گندم (*Triticum aestivum* L.) شد (۳۹). قاسمی و همکاران (۲۵) اثر کودهای زیستی مختلف را بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه بررسی و گزارش کردند که کاربرد جداگانه و ترکیبی *Azotobacter* با میکوریزا بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه را به همراه داشت، به طوری که تعداد دانه در سنبله در گیاهان تحت تأثیر *Azotobacter* و *Azotobacter* به علاوه میکوریزا به ترتیب ۱۸ و ۴۱ درصد بیشتر از شاهد بود.

با توجه به وجود عناصر غذایی در کودهای آلی و تأثیری که این کودها در فراهمی و جذب مواد غذایی و رطوبت دارند (۴۰)، افزایش وزن و حجم سوختک در بوته در شرایط استفاده از این کودها منطقی به نظر می رسد. مطالعات متعدد نشان داده اند که کاربرد کودهای آلی بر رشد گیاه و خصوصیات خاک اثر مثبت داشته و مقدار مواد غذایی در دسترس گیاه را افزایش می دهد (۴ و ۱۰). مصرف کودهای آلی باعث کاهش اثرات شوری و افزایش جذب فسفر و نیتروژن شده و در نتیجه بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان را به همراه دارد (۱۲). بر اساس نتایج پژوهشی در گیاه دارویی همیشه بهار، مصرف کودهای آلی به ویژه ورمی کمپوست، افزایش معنی دار تعداد ساقه فرعی در بوته و تعداد گل در بوته را به همراه داشت (۴۱). اثر کودهای آلی و زیستی



شکل ۳- اثر کودهای آلی و شیمیایی مختلف بر عملکرد اقتصادی و زیستی گیاه دارویی سیر

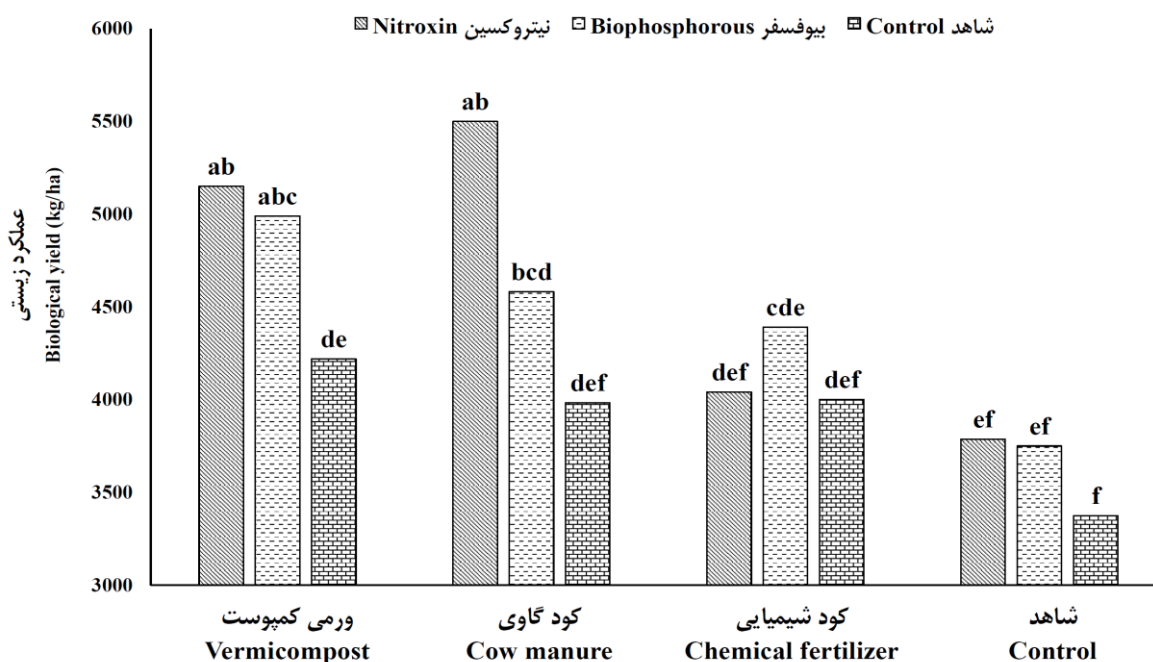
Figure 3- Effect of different organic and chemical fertilizers on economic and biological yield of *Allium sativum* L

برای هر صفت، میانگین های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی داری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

In each trait, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range

ورمی کمپوست، گاوی و شیمیایی عملکرد زیستی را به ترتیب ۲۵، ۱۸ و ۱۵ درصد نسبت کاربرد جداگانه بیوفسفر افزایش داد (شکل ۴). کود شیمیایی تنها زمانی در بهبود عملکرد زیستی مؤثر بود که همراه با بیوفسفر مورد استفاده قرار گرفت و کاربرد جداگانه کود گاوی تأثیر چندانی در افزایش عملکرد زیستی نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود) نداشت (شکل ۴).

در بررسی اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد زیستی مشاهده شد که اثرات هر دو کود زیستی مورد مطالعه در بهبود عملکرد زیستی در شرایط کاربرد کودهای آلی و شیمیایی تشدید شد، به طوری که کاربرد نیتروکسین به همراه کودهای ورمی کمپوست، گاوی و شیمیایی به ترتیب افزایش ۲۶، ۳۱ و ۶ درصدی عملکرد زیستی را نسبت به کاربرد جداگانه این کود سبب شد و بیوفسفر در کاربرد همزمان با کودهای



شکل ۴- اثر متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه × کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد زیستی گیاه دارویی سیر

Figure 4- Interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria × application of different organic and chemical fertilizers on biological yield of *Allium sativum* L

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

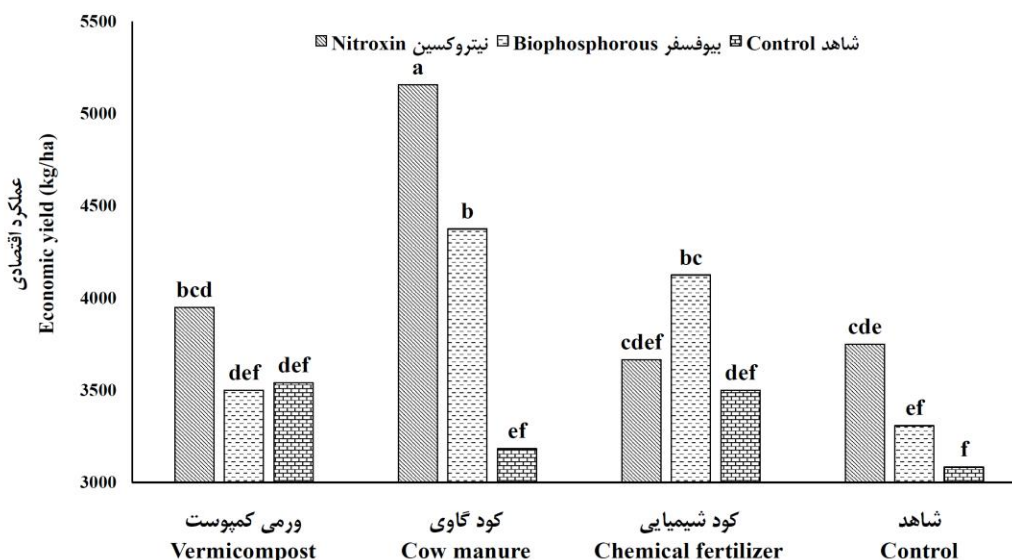
Means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range

مشاهده می‌شود، بین عملکرد زیستی و اقتصادی همبستگی مثبت و معنی‌دار ($R^2 = 0.57^{**}$) وجود داشت، لذا با توجه به اینکه استفاده از ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش عملکرد زیستی شد (شکل ۴)، بهبود عملکرد اقتصادی در شرایط استفاده از این کودها منطقی به نظر می‌رسد.

به نظر می‌رسد که استفاده توأم از ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کودهای آلی از طریق افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی و جلوگیری از آلودگی به عوامل بیماری‌زایی گیاهی باعث بروز اثرات هم‌افزایی این عوامل شده (۷) و در نتیجه عملکرد زیستی و اقتصادی بهبود یافت. سانچزگوین و همکاران (۴۶) در آزمایشی اثر کودهای زیستی را در دو گیاه دارویی بابونه آلمانی و همیشه‌بهار بررسی و

بیشترین عملکرد اقتصادی (۵۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد همزمان نیتروکسین و کود گاوی حاصل شد (شکل ۵). اثرات مثبت کودهای آلی ورمی کمپوست و کود گاوی در بهبود عملکرد اقتصادی در حضور ریزوباکترهای موجود در کود زیستی نیتروکسین تشدید شد، به طوری که عملکرد اقتصادی در کاربرد همزمان نیتروکسین و کودهای ورمی کمپوست و گاوی به ترتیب ۱۰ و ۳۸ درصد بیشتر از کاربرد جداگانه کودهای آلی یاد شده بود (شکل ۵). بیوفسفر زمانی بیشترین تأثیرش را بر عملکرد اقتصادی نشان داد که همزمان با کود گاوی یا کود شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۵). کود شیمیایی به تنهایی اثر چندانی بر عملکرد اقتصادی نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود) نداشت (شکل ۵). همانطور که در شکل ۶

گزارش کردند که کاربرد این کودها در همیشه بهار باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاه شد، درحالی که در بابونه افزایش عملکرد را به همراه داشت، ولی اثری بر کیفیت آن نداشت.

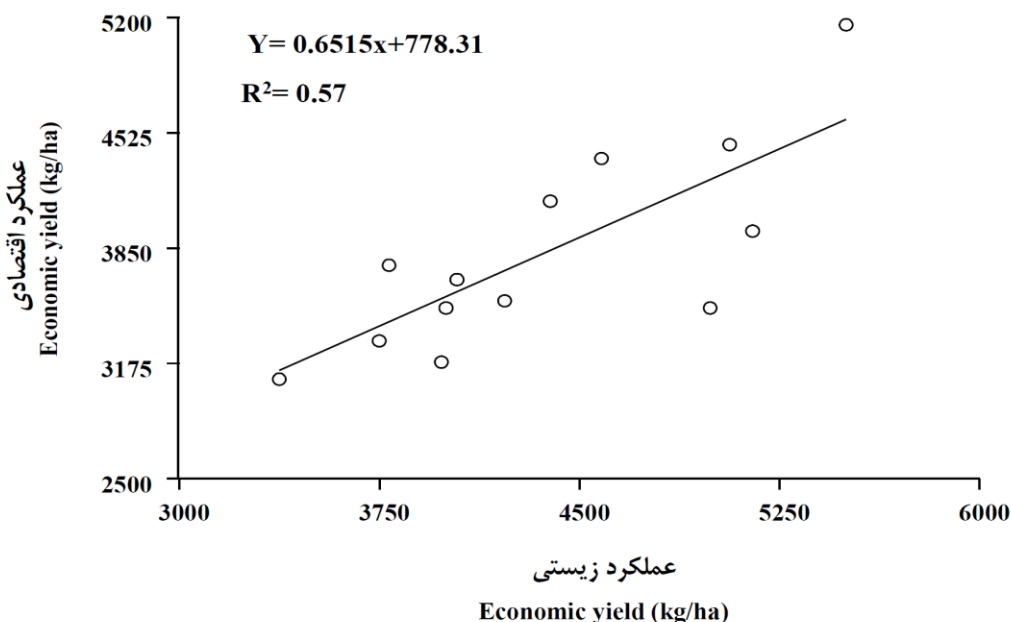


شکل ۵- اثر متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه × کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد اقتصادی گیاه دارویی سیر

Figure 5- Interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria × application of different organic and chemical fertilizers on economic yield of *Allium sativum* L

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

Means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range



شکل ۶- رابطه‌ی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد زیستی گیاه دارویی سیر تحت تأثیر اثرات متقابل ریزوباکترهای محرک رشد گیاه × کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف

Figure 6- Relationship between dry economic yield and biological yield of *Allium sativum* L. affected by interaction effect of plant growth promoting rhizobacteria × application of organic and chemical fertilizers

اثر کودهای آلی مختلف بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه‌ی آلمانی مشاهده شد که کود گاوی دارای بیشترین عملکرد گل خشک بود و بیشترین عملکرد اسانس و مقدار کامازولین به‌ترتیب در تیمارهای کود گاوی و کمپوست بدست آمد (۲۲).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج آزمایش اثر ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کاربرد کودهای آلی و شیمیایی مختلف در اکثر صفات مثبت ارزیابی شد. کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر عملکرد زیستی را به‌ترتیب ۱۶ و ۱۲ درصد و عملکرد اقتصادی را به‌ترتیب ۱۹ و ۱۳ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین مقدار ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد زیستی در بستر کود آلی ورمی کمپوست و بیشترین مقدار قطر سوخ و وزن سوخک در بوته و عملکرد اقتصادی در بستر کود گاوی حاصل شد. بر اساس نتایج حاصله، کارایی کودهای آلی در اکثر صفات مورد مطالعه در حضور ریزوباکترهای موجود در کودهای زیستی تشدید شد، به‌عنوان مثال در کاربرد همزمان نیتروکسین و ورمی کمپوست ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، قطر سوخ و عملکرد زیستی و اقتصادی نسبت به کاربرد جداگانه‌ی ورمی کمپوست افزایش یافت. اعمال کودهای زیستی در بستر کودهای آلی منجر به بروز اثرات هم‌افزایی نهاده‌ها شد، به‌عنوان مثال زمانی که بیوفسفر همراه با کود گاوی استفاده شد عملکرد زیستی و اقتصادی به‌ترتیب ۱۸ و ۲۴ درصد نسبت به تیمار کاربرد جداگانه‌ی بیوفسفر افزایش یافت. کود شیمیایی تنها زمانی در بهبود عملکرد زیستی مؤثر بود که همراه با بیوفسفر مورد استفاده قرار گرفت و کاربرد جداگانه‌ی آن اثر چندانی بر عملکرد اقتصادی نداشت. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد همزمان ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و کودهای آلی سبب بروز اثرات هم‌افزایی آنها شده و ضمن بهبود خصوصیات مختلف سیر، می‌تواند اثرات مخرب ناشی از مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داده و سلامت محصول و پایداری تولید را در درازمدت تضمین کند.

آزاز و همکاران (۱۳)، با بررسی تأثیر کودهای زیستی بر روی گیاه رازیانه گزارش کردند که استفاده از تیمار *Azotobacter* نسبت به شاهد، باعث افزایش ۱۸ درصدی عملکرد گیاه شد. درزی و همکاران (۱۷) اثر کودهای زیستی مختلف را بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بررسی و گزارش کردند که بیشترین عملکرد ماده‌ی خشک در تیمار تلقیح توأم *Azotobacter* و *Azospirillum* بدست آمد. جهان و همکاران (۳۱) با بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد (*Sesamum indicum* L.) گزارش کردند که هر یک از کودهای نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور باعث افزایش ۴۴، ۲۸ و ۲۶ درصدی عملکرد زیستی در مقایسه با تیمار شاهد شدند. رضوانی مقدم و همکاران (۴۳) اثر کودهای زیستی مختلف را بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد بررسی و گزارش کردند که تیمارهای بیوفسفر و نیتروکسین به‌علاوه‌ی باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد زیستی کنگد بودند.

به‌نظر می‌رسد که کودهای آلی از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک (۴۰)، افزایش ظرفیت نگهداری آب (۱۰) و فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی (۱۲)، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده‌ی خشک گیاهی شدند (۱۰) که این مسئله در نهایت به افزایش عملکرد زیستی و اقتصادی انجامیده است. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و عملکرد محصول را افزایش داده‌اند (۸). بروسارد (۱۴) اظهار داشت که افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه شده و بدین ترتیب منجر به افزایش تعادل نیتروژن و کارایی جذب فسفر می‌شود. در یک پژوهش، پس از بررسی اثر کوه‌های آلی و شیمیایی مختلف روی گیاه دارویی اسفرزه مشاهده شد که کاربرد کمپوست در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به کود شیمیایی دارای برتری بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد گیاه در تیمار ۸ تن در هکتار کمپوست بدست آمد (۳۵). انجام پژوهشی بر روی ریحان نشان داد که کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست منجر به افزایش عملکرد زیستی گیاه نسبت به شاهد شد (۶). پس از بررسی

منابع

- 1- Abdul Jaleel C., Manivannan P., Sankar B., Kishorekumar A., Gopi R., Somasundaram R., and Panneerselvam R. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 60:7-11.
- 2- Abera T., Feyissa D., and Yusuf H. 2005. Effect of inorganic and organic fertilizer on grain yield of maize climbing bean intercropping and soil fertility in Western Oromiya, Ethiopia. *Conference on International Agriculture Research for Development*. Stuttgart-Hohenheim, Pp: 1-9.
- 3- Agha Alikhani M., Iranpour A., and Naghdi Badi H. 2013. Changes in agronomical and phytochemical yield of

- purple coneflower (*Echinaceae purpurea* (L.) Moench) under urea and three biofertilizers application. The Journal of Medical Research, 12: 121-136.
- 4- Ahmadabadi Z., Ghajar Sepanlou M., and Bahmanyar M.A. 2012. Effect of vermicompost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of *Borago officinalis*. Iranian Journal of Crops Improvement, 13: 1-12. (In Persian with English summary).
- 5- Ahmadian A., Ghanbari A., and Galavi M. 2006. Effect of animal manure on quantitative and qualitative yield and chemical composition of essential oil in cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Field Crops Research, 4: 1-10. (In Persian with English summary).
- 6- Anwar M., Patra D.D., Chand S., Alpesh K., Naqvi A., and Khanuja S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 36: 1737-1746.
- 7- Artursson V., Finlay R.D., and Jansson J.K. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Environmental Microbiology, 8: 1-10.
- 8- Arun K.S. 2002. A Handbook of Organic Farming Pub. Agrobios, India.
- 9- Atiyeh R.M., Subler S., Edwards C.A., Bachman G., Metzger J.D., and Shuster W. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia, 44: 579-590.
- 10- Atiyeh R.M., Edwards C.A., Sulber S., and Metzger J.D. 2001. Pigmanure vermin compost as component of a horticultural bedding plant medium: effect on physiochemical properties and plant growth. Bioresources Technology, 78: 11-20.
- 11- Azizi M., Razavi M., Hasanazadeh Khayyat M.H., Lakzian A., and Neamati H. 2009. Effect of various levels of vermicompost and irrigation on morphologic characteristic of *Matricaria recutita* Var. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24: 82-93. (In Persian with English summary).
- 12- Azeez J.O., Van Averbek W., and Okorogbona A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology, 101: 2499-2505.
- 13- Azzaz N.A., Hassan E., and Hamad E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3: 579-587.
- 14- Brussard L., and Ferrera-Cenato R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. New York: Lewis publishers, U.S.A, 168p.
- 15- Copetta A., Lingua G., and Berta G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza, 16: 485-494.
- 16- Darzi M.T., Ghalavand A., Rejali F., and Sefidkon F. 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22: 278-292. (In Persian with English summary).
- 17- Darzi M.T., Haj Seyyed Mohammad Hadi M.R., and Rejali F. 2012. Effect of cattle manure and biofertilizers on biomass yield, seed yield and oil content of *Coriandrum sativum*. Journal of Medicinal Plants, 11: 77-91. (Persian with English Summary).
- 18- Delate K. 2000. Heenah mahyah student from herb trail. Leopold center for sustainable agriculture. Annual Reports, Iowa State University. Ames, IA.
- 19- Egamberdiyeva D. 2005. Plant-growth-promoting rhizobacteria isolated from a Calcisol in a semi-arid region of Uzbekistan: Biochemical characterization and effectiveness. Journal of the Plant Nutrition and Soil Science, 168: 94-99.
- 20- Eghball B., Binford G.D., Power J.F., and Anderson F.D. 1995. Maize temporal yield variability under long term manure and fertilizer application: Fractal analysis. Soil Science Society of America Journal, 59: 1360-1364.
- 21- Elgendy S.A., Hosni A.M., Omer E.A., and Reham M.S. 2001. Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (*Ocimum basilicum*) grown organically in newly reclaimed and in Egypt. Arab Universities Journal of Agricultural Science, 9: 915-933.
- 22- Fallahi J., Koocheki A., and Rezvani Moghaddam P. 2008. Investigating the effects of organic fertilizers on quantity index and the amount of essential oil and chamazulene in chamomile (*Matricaria recutita*). Iranian Journal of Water, Soil and Plant in Agriculture, 8: 157-168. (In Persian with English summary).
- 23- Fatma A.G., Lobna A.M., and Osman N.M. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth, yield and essential Oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) Plant. International Journal of Agriculture and Biology, 10: 381-387.
- 24- Gharib F.A., Moussa L.A., and Massoud O.N. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. International Journal of Agricultura and Biology, 10: 381-387.
- 25- Ghasemi A. 2009. Medicinal and aromatic plants, identifying and studying their effects. Publications of Islamic Azad University, Shahrkord. (Persian with English Summary).

- 26- Gholami A., Biari A., and Nezarat S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. World Academy of Science, Engineering and Technology, 49: 19-24.
- 27- Girish N., and Umesha S. 2005. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on bacterial canker of tomato. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 38: 235-243.
- 28- Golmohammadzadeh S., Ghanbari S., Hisseini Valiki S.R., and Hasannia H. 2015. Impact of vermicompost and chemical fertilizer on yield, growth and essential oil of garlic (*Allium sativum* L.). International Journal of Life Science, 9: 44-48.
- 29- Hoseini Mazinani S.M., and Hadipoor A. 2014. Improve the quality and quantity of *Calendula officinalis* L. via biofertilizers application. Journal of Medicinal Plants, 13: 83-93. (Persian with English Summary).
- 30- Jahan M., Amiri M. B., Aghhavani Shajari M., and Tahami M.K. 2013. Quantity and quality of *cucurbita pepo* L. as affected by winter cover crops (*Lathyrus sativus* and *Trifolium resopinatum*), PGPRs and organic manures. Iranian Journal of Field Crops Research, 11: 337-357. (In Persian with English summary).
- 31- Jahan M., Amiri M.B., and Ehyae H.R. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of *Sesamum indicum* L. with application of cover crops of *Lathyrus* sp. And Persian clover (*Trifolium respinatum* L.). Agroecology, 5: 1-15. (Persian with English summary).
- 32- Kapoor R., Giri B., and Mukerji K.G. 2002. *Glomus macrocarpum*: potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18: 459-463.
- 33- Kapoor R., Giri B., and Mukerji K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foenicudum vulgare* mill.) on mycorrhizal inoculation supplemented with P- fertilizer. Bioresource Technology, 93: 307-311.
- 34- Kapoor R., Chaudhary V., and Bhatnagar A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza, 17: 581- 587.
- 35- Khandan A., Astaraee A., Nassiri Mahallati M., and Fotovvat A. 2004. Effects of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of *Plantago ovata* Forsk. Iranian Journal of Field Crops Research, 3: 245-253. (In Persian with English summary).
- 36- Kızılkaya R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of springwheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering, 33:150-156.
- 37- Koochehi A., Amirmoradi Sh., Shabahang J., and Kalantari Khandani S. 2013. Effect of organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* Forssk., *Alyssum homolocarpum* L., *Lepidium perfoliatum* L., and *Lalementia iberica* L. Agroecology, 5: 16-26. (In Persian with English summary).
- 38- Manaffee W.F., and Kloepper J.W. 1994. Application of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: "Soil biota management in sustainable farming systems". CSIRO, Pub. East Melbourne, Australia. pp: 23-31.
- 39- Massoud O.N., Afifi M.M.I., El-Akshar Y.S., and El-Sayed G.A.M. 2013. Impact of biofertilizers and humic acid on the growth and yield of wheat grown in reclaimed sandy soil. Research Journal of Agriculture and Biological, 9: 104-113.
- 40- Padmavathiamma P.K., Li L.Y., and Kumari U.R. 2008. An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. Bioresource Technology, 99: 1672-1681.
- 41- Rezaee M., and Baradaran R. 2011. Effects of biofertilizers on the yield and yield components of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29: 635-650. (In Persian with English summary).
- 42- Rezvani Moghaddam P., Aminghafuri A., Bakhshae S., and Jafari L. 2013. Evaluation of effect of biofertilizer and organic fertilizer on some quantitative characteristics and amount of oil of *Satureja hortensis* L. Agroecology, 5: 105-112. (In Persian with English summary).
- 43- Rezvani Moghaddam P., Amiri M.B., and Ehyae H.R. 2015. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 13: 34-42. (Persian with English summary).
- 44- Richter J., Stutzer M., and Schellenberg I. 2005. Effects of mycorrhization on the essential oil content and composition of aroma components of marjoram (*Marjorana hortensis*), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and caraway (*Carum carvi* L.). 36th International Symposium on Essential Oils, 4-7 September, Budapest, Hungary.
- 45- Sahin F., Cakmakci R., and Kantar F. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. Plant and Soil, 265: 123-129.
- 46- Sanches Govin E., Rodrigues Gonzales H., and Carballo Guerra C. 2005. Influencia de los abonos organicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 10: 1.
- 47- Sangwan P., Kaushik C.P., and Garg V.K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. Bioresource Technology, 99: 2442-2448.
- 48- Senula A., and Keller R.J. 2000. Morphological characterization of a garlic core collection and establishment of a

- virus-free in vitro genebank. Allium Improvement Newsletter, 10: 3–5.
- 49- Shaalan M.N. 2005. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis*). Egypt Journal of Agriculture Research, 83: 271.
- 50- Sharma V., Sharma A., and Kansal L. 2010. The effect of oral administration of *Allium sativum* extracts on lead nitrate induced toxicity in male mice. Food and Chemical Toxicology, 48: 928–936.
- 51- Tang X., and Cronin D.A. 2007. The effects of brined onion extracts on lipid oxidation and sensory quality in refrigerated cooked Turkey breast rolls during storage. Food Chemistry, 100: 712–718.
- 52- Vessey J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil, 255: 571–586.
- 53- Vestberg M., Saari K., Kukkonen S., and Hurme T. 2005. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil. Mycorrhiza, 15: 447-458.
- 54- Vivas A., Barea J.M., Biro B., and Azcon R. 2006. Effectiveness of autochthonous bacterium and mycorrhizal fungus of trifolium growth, symbiotic development and soil enzymatic activities in Zn contaminated soil. Journal of Applied Microbiology, 100: 587-598.
- 55- Yadegari M., Asadirahmani H., Noormohammadi G., and Ayneband A. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolis vulgaris*. Journal of Plant Nutrition, 33: 1733-1743.



Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Yield and Yield Components of Garlic Medicinal Plant (*Allium sativum* L.) under the Conditions of Different Organic and Chemical Fertilizers Application

Y. Esmaeelian¹- M.B. Amiri^{2*}- S. Askari Naeeni³- J. Moradi Sadr⁴- F. Heidari Amale⁵

Received: 25-12-2016

Accepted: 01-12-2017

Introduction: In recent years, the effect of exogenous organic amendments on soil properties and plant growth characteristics has received renewed attention. Although the utilization of mineral fertilizers could be viewed as the best solution in terms of plant productivity, this approach is often inefficient in long-term in tropical ecosystems due to the limited ability of low-activity clay soils to retain nutrients. Intensive use of agrochemicals in agricultural systems is also known to have irreversible effects on soil and water resources. Vermicompost is currently being promoted to improve soil quality, reduce water and fertilizer needs and therefore increase the sustainability of agricultural practices in tropical countries. Vermicomposting is a process which stabilizes organic matter under aerobic and mesophilic conditions through the joint action of earthworms and microorganisms. The products of vermicomposting have been successfully used to suppress plant pests and diseases, as well as increase crop productivity. Cow manure is an excellent fertilizer containing nitrogen, phosphorus, potassium and other nutrients. It also adds organic matter to the soil which may improve soil structure, aeration, soil moisture-holding capacity, and water infiltration. Biofertilizers are defined as preparations containing living cells or latent cells of efficient strains of microorganisms that help plants' nutrients uptake by their interactions in the rhizosphere when applied through seed or soil. They accelerate certain microbial processes in soil which augment the extent of availability of nutrients in a form easily assimilated by plants. Very often microorganisms are not as efficient in natural surroundings as one would expect them to be and therefore artificially multiplied cultures of efficient selected microorganisms play a vital role in accelerating the microbial processes in soil. Garlic (*Allium sativum* L.) is a very powerful medicinal plant that is often underestimated. Garlic is easy to grow and can be grown year-round in mild climates. Garlic cloves are used for consumption (raw and cooked) or for medicinal purposes. They have a pungent characteristic, spicy flavor that mellows and sweetens considerably with cooking.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of biofertilizers and organic and chemical fertilizers on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.), a split plot experiment based on RCBD with three replications was conducted in 2015-2016 growing seasons, in Gonabad University, Iran. Main plot included different organic and chemical fertilizers (1- vermicompost, 2- cow manure, 3- chemical fertilizer and 4- control) and sub plot included plant growth promoting rhizobacteria (nitroxin, biophosphorous and control). In order to determine physico-chemical properties of soil, sampling was performed at the depth of 0 to 30 cm. Before cultivation, 7 and 30 t.ha⁻¹ vermicompost and cow manure were added to the soil, respectively. Nutrient requirement of garlic for nitrogen, phosphorous and potassium from the chemical source was considered 40, 50 and 60 kg.ha⁻¹. For application of biofertilizers, bulblets inoculated with plant growth promoting rhizobacteria for 15 minutes. Distance in and between rows was considered 10 and 20 cm, respectively. Weeds were controlled manually three times. At the end of the growing season, economic yield, biological yield, plant height, shoot dry weight, bulb diameter, bulblet weight per plant, bulblet volume per plant and bulblet number per plant were measured. Analysis of data variance was performed by using SAS software (Ver 9.1).

Results and Discussion: The results showed that simple effect of chemical fertilizer on bulb diameter was not significant but combined application of chemical fertilizer and biophosphorous increased bulb diameter as much as 18% compared to control. Combined application of nitroxin and cow manure increased bulblet weight per plant by 41% compared to single application of nitroxin. Biophosphorous plus vermicompost, cow manure and chemical fertilizer increased biological yield, respectively, by 25, 18 and 15% compared to single application of these fertilizers. The highest economic yield obtained in treatment of nitroxin plus cow manure.

1 and 2- Assistant Professors of Gonabad University

(*- Corresponding Author Email: amiri@gonabad.ac.ir)

3, 4 and 5- B. Sc. Students of Plant Production, Gonabad University

Organic and biological fertilizers are among the most significant resources for improvement of agricultural soil quality and increase in the yield of different medicinal plants. It has been reported that these ecological inputs provide favorable conditions for plant growth and development through improvement of physical, chemical and biological properties of the soil (10, 39), therefore, it can be concluded that improvement in most studied traits in the present study was due to the use of organic fertilizers. Fallahi et al. (22) reported the positive effects of organic and biological fertilizers on the improvement of quantitative and qualitative characteristics in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.).

Conclusion: In general, the results of this research showed that combined use of organic and biological inputs can improve quantitative characteristics of plant, and thus decrease the environmental risks of chemical inputs.

Keywords: Biological Yield, Biophosphorous, Crop Health, Eco-Friendly, Nitroxin



اثر دمای پایین بر خصوصیات فیزیولوژی و بیوشیمیایی برخی ژنوتیپ‌های شبه پرتقال در شمال کشور

صالح محمدی^{۱*} - حمیدرضا خزاعی^۲ - احمد نظامی^۳ - یحیی تاجور^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۸

چکیده

پرتقال از محصولات باغی حساس به تنش دمای پایین بوده، لذا در این مطالعه میزان آسیب‌پذیری به تنش دمای پایین در شرایط محیطی کنترل شده نسبت به سطوح تیمار دمای (۳، ۰، ۳- و ۶- درجه سلسیوس) در شش ژنوتیپ بومی شبه پرتقال (شماره ۶-۱) رقم حساس (پرشین لایم) و رقم مقاوم (انشو) مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن بود که تیمارهای دما، ژنوتیپ و اثر متقابل این دو در صفات‌های پراکسیداسیون لیپید، پرولین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، نشت یونی، آب‌گزیدگی، کلروفیل a و کلروفیل کل معنی‌دار بوده است. این در حالی است که کربوهیدرات محلول تنها تحت تأثیر عامل ساده ژنوتیپ معنی‌دار شد. بر صفات رنگدانه‌های کلروفیل b و کارتنوئید نیز هیچ یک از تیمارهای اعمال شده تأثیر معنی‌دار نداشت. بیشترین مقدار آب‌گزیدگی (۹۹/۳۳ درصد)، نشت یونی (۹۱/۶۳ درصد) و واکنش پراکسیداسیون لیپید (با میانگین ۳/۳۳ میکروگرم در گرم وزن تر برگ) در شاهد حساس پرشین لایم در دمای ۶- درجه سلسیوس ثبت گردید. در مقابل، بیشترین مقدار پرولین (۳۲/۰۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۷۳/۳۶٪) نیز در شاهد متحمل انشو در دمای ۳- درجه سلسیوس ثبت گردید. در بین ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال مورد بررسی در این پژوهش تحت شرایط تنش دمای پایین نیز واکنش‌های متفاوتی مشاهده شد. بر این اساس بعد از شاهد متحمل انشو، ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره یک در مقابل کاهش دما پایداری بهتر داشت. این در حالی بود که در بین ژنوتیپ‌های شبه پرتقال مورد مطالعه، در اغلب صفات تخریبی اندازه‌گیری شده، ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۶ در جایگاه آماری مشابه و یا نزدیک به شاهد حساس پرشین لایم قرار داشت. قرار گرفتن سرشاخه ژنوتیپ‌ها در معرض تنش سرما افزایش مالون دی‌آلدئید را به دنبال داشت. در این شرایط به دلیل افزایش فعالیت‌های اکسیداتیو تجمع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز، گلووتاتیون پراکسیداز و کاتالاز افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداسیون لیپید، پرولین، رادیکال آزاد، ژنوتیپ مرکبات، کلروفیل

مقدمه

جزء محصولات مناطق نیمه گرمسیری و متعلق به خانواده روتاسه^۵ بوده که اغلب گیاهان تجاری موجود در این خانواده به دلیل همیشه سبز بودن، حساس به تنش دمای پایین هستند (۲۹). تنش دمای پایین جزء تنش‌های غیر زیستی است که از اثرات منفی آن بر گیاهان می‌توان به اختلال در فتوسنتز، تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن، آسیب به غشاء سلولی، تخریب رنگدانه‌های گیاهی و اسیدهای نوکلئیک، اشاره کرد (۲۸). یکی از اثرات منفی تنش دمای پایین، اختلال در فرآیند انتقال الکترون در عرض غشاء تیلاکوئید بوده که منجر به تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن شده که می‌تواند، تخریب کلروفیل‌های گیاهی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی را به همراه داشته باشد (۱۶ و ۳۱).

یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی دنیا مرکبات است (۱۰) که در ایران نیز کشت و پرورش آن، جایگاه ویژه‌ای دارد. در بین استان‌های تولید کننده مرکبات در کشور، مازندران با عملکرد ۱/۸۸ میلیون تن، رتبه اول تولید را به خود اختصاص داده است (۲). مرکبات

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: Email: saleh.mohammadi92@yahoo.com

۴- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.59361

شمال کشور و بروز چالش‌های فراوان اقتصادی و اجتماعی، ضرورت فعالیت در زمینه کاهش این خسارت الزامی به نظر می‌رسد. نظر به ماهیت ژنتیکی تحمل به تنش دمای پایین (پلی ژن بودن) این گونه به نظر می‌رسد غربالگری ارقام بومی بر اساس مقاومت به سرما و شناخت سازوکارهای درگیر در آن با هدف انتخاب ارقام مناسب یکی از اولویت‌های مهم در برنامه‌های به‌نژادی و به‌زراعی مرکبات در مناطق نیمه‌گرمسیری است. استفاده از ارقام مقاوم یکی از راهکارهای منطقی و کم‌هزینه برای تولید پایدار در هر منطقه است. که انتخاب ژنوتیپ متحمل و انجام فعالیت‌های به‌زراعی مناسب، می‌تواند در تعدیل این آسیب موثر واقع گردد. با توجه به وجود تنوع ژنوتیپ‌های بومی مرکبات در کشور، هدف از اجرای این پژوهش، شناسایی میزان تحمل‌پذیری ژنوتیپ‌های بومی پرتقال در مقابل تنش دمای پایین در شمال کشور است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش سال طی سال‌های ۹۴ - ۱۳۹۳ در ایستگاه ستادی پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری شهر رامسر با هدف تعیین میزان تحمل به دمای پایین شش ژنوتیپ بومی شبه پرتقال در ۴ سطح دمایی (۳، ۰، -۳، -۶)، در مقایسه با شاهد متحمل انشو و حساس پرشین لایم (به تنش دمای پایین) اجرا شد. به این منظور مواد گیاهی با ویژگی‌های زیر از کلکسیون ذخائر ژرم پلاسمر مرکبات شمال کشور که در شهرستان تنکابن (ایستگاه کترا) مستقر بوده، شاخه‌های یک‌ساله برگدار به طول ۳۰ سانتی‌متر طی سه مرحله در نیمه دوم آذر، دی و بهمن ماه تهیه و پس از علامت‌گذاری، درون دستگاه فریزر ترموگرادیان^۱ قرار گرفته شد.

ژنوتیپ ۱ یا شبه تامسون: عادت رشدی پخش و گسترده، شکل تاج کروی با شاخه‌های متراکم است و برگ‌ها ساده با پهنک بیضی شکل، حاشیه پهنک صاف، نوک باریک و دارای گوشوارک باریک و کشیده می‌باشند. میوه‌های این ژنوتیپ با وزن ۲۳۸/۳ گرم و طول ۷۳/۶۶ میلی‌متر و قطر ۸۲/۵۳ میلی‌متر دارای ۱۲ برچه بوده که بطور میانگین ۱۱ بذر دارند و رنگ گوشت در زمان رسیدن نارنجی می‌باشد. ژنوتیپ ۲ یا شبه خونی: عادت رشدی پخش و گسترده، شکل تاج کروی با تراکم شاخه متوسط است. برگ‌ها ساده و پهنک بیضی شکل، حاشیه پهنک صاف، نوک باریک و بدون گوشوارک می‌باشند. وزن میوه‌های این ژنوتیپ ۲۸۸/۱۴ گرم و طول میوه ۴۹/۵۹ میلی‌متر و قطر آن ۵۴/۵۶ میلی‌متر می‌باشد. ۱۱ برچه بدون بذر در هر میوه وجود دارد و رنگ گوشت در زمان رسیدن نارنجی - قرمز است. ژنوتیپ ۳ یا شبه پرتقال: عادت رشدی پخش و گسترده، شکل

یکی از واکنش‌هایی که در حضور انواع رادیکال‌های فعال اکسیژن سرعت پیدا می‌کند پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی است که باعث تولید آلدئیدهایی مثل مالون‌دآلدئید (MDA) می‌شود (۲۴) رادیکال‌های فعال اکسیژن می‌توانند با گروه‌های متیل اسیدهای چرب غیر اشباع وارد واکنش شده و رادیکال‌های فعال اسید چرب تولید نمایند. رادیکال‌های شکل گرفته بسیار واکنش‌گر بوده که قادر به شروع واکنش‌های زنجیره‌ای پراکسیداسیون لیپید می‌باشند. تداوم این وضعیت موجب از هم گسیختگی ساختار غشاء و خروج آب و یون‌ها از سلول می‌شود (۶). مطالعه انجام گرفته بر روی برخی از ارقام تاک (۱۷) و انار (۲۷) مشخص کرد که با کاهش دما پراکسیداسیون غشا و نشت یونی افزایش یافت.

در شرایط ذکر شده برخی گیاهان سعی می‌کنند تا از طریق تغییراتی در فرایندهای‌های فیزیولوژیکی و بکارگیری سیستم‌آنتی‌اکسیدانی، بقاء خویش را حفظ کنند (۲۹). یکی از مسائل مطرح سازگاری در زمان وقوع تنش یخبندان، حفظ محتوی آب و جلوگیری از انجماد سیتوپلاست بوده که عموماً گیاهان از طریق افزایش پروتئین و کربوهیدرات سعی در مقابله با چالش ذکر شده می‌نمایند (۲۱). مقدار پروتئین آزاد در بسیاری از گیاهان در واکنش به تنش‌های محیطی مانند تنش سرما و خشکی افزایش می‌یابد و این واکنش فیزیولوژی می‌تواند بر مقاومت ماده گیاهی تحت تنش تأثیرگذار باشد. در گزارش علمی نقش عمده پروتئین در پایداری گیاهان تحت تنش را به تأثیر این اسیدآمین به پتانسل اسمزی مرتبط دانستند. افزایش مقاومت به سرما با مقدار کربوهیدرات‌های محلول نیز در ارتباط است (۱). بر این اساس در پژوهش‌های انجام شده در مدیریت کم‌آبایی سیب انار و مرکبات (۳۱) این گونه عنوان شده است که مدیریت کم‌آبایی با تأثیرگذاری بر افزایش تولید ترکیبات موثر بر پتانسیل اسمزی توانسته بر سازگاری بیشتر آنها نسبت به تنش دمای پایین، موثر باشد اینگونه گزارش شده است که تجمع کربوهیدرات‌های محلول و اسیدآمین پروتئین به سبب تلغیظ شیره سلولی، دمای انجماد را کاهش داده و باعث حفظ محتوای آب گیاهی و افزایش مقاومت به دمای پایین می‌شوند. سازگاری به سرما موجب تجمع ترکیبات فنولی می‌شود که این ترکیبات به‌طور مثبت با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ارتباط دارد (۱۷).

علاوه بر شاخص‌های فیزیولوژیکی بیان شده، برخی صفات وجود داشته که می‌توانند به صورت مورفولوژی در ارزیابی میزان آسیب‌پذیری گیاهان تحت تنش یخبندان، مورد استفاده قرار گیرند (۲۹). از جمله این صفات در مرکبات می‌توان به آب‌گزیدگی برگ در زمان تنزل دما و یا تغییر رنگ این اندام بعد از وقوع تنش اشاره داشت (۳۰).

با توجه به وقوع دوره‌ای تنش یخبندان (سال ۱۳۸۶ و ۱۳۹۲) در

اسیدآمین پرولین بر اساس روش بیتس و همکاران (۸) سنجش شد. پراکسیداسیون لیپیدهای غشا طبق روش کامپوز و همکاران، براساس غلظت مالون‌دی‌آلدهید تولید شده (در اثر آسیب به غشا) و سپس واکنش آن با تیوباریبوتیک اسید که ترکیب رنگی تیوباریبوتیک اسید- مالون‌دی‌آلدهید تشکیل می‌دهد، اندازه‌گیری گردید (۹). مقدار ظرفیت آنتی اکسیدانی مطابق روش فولکی و فرانسیس (۱۴) مورد بررسی قرار گرفت. استخراج و اندازه‌گیری قندهای محلول نیز با استفاده از روش اوموکولی (۲۳) انجام پذیرفت. سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید مطابق روش آرنون (۴) اندازه‌گیری شد.

تجزیه آماری

داده‌های حاصل از این پژوهش بر مبنای آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار تجزیه‌ی واریانس و سپس میانگین‌ها از طریق آزمون توکی در سطح ۵ درصد از طریق نرم‌افزار SAS مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) بیانگر آن بود که تیمارهای دما، ژنوتیپ و اثر متقابل این دو در صفت‌های پراکسیداسیون لیپید، پرولین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، نشت یونی، آب‌گزیدگی، کلروفیل a و کلروفیل کل معنی‌دار بوده است. این در حالی است که کربوهیدرات محلول تنها تحت تأثیر عامل ساده ژنوتیپ معنی‌دار گردید. بر صفات رنگدانه‌های کلروفیل b و کاروتنوئید نیز هیچ یک از تیمارهای اعمال شده تأثیر معنی‌دار نداشت.

مقایسه میانگین داده‌های حاصل از آب‌گزیدگی (جدول ۲) بیانگر آن بود که مقدار این صفت با توجه به نوع ژنوتیپ با تنزل دما افزایش داشت. به طوری‌که در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد کمترین میزان آب‌گزیدگی برگ در شاهد انشو ثبت شد. در نقطه مقابل در دمای ذکر شده، بیشترین مقدار آب‌گزیدگی برگ در نمونه‌های شاهد حساس پرشین‌لایم مشاهده گردید. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد نیز واکنش‌های متفاوتی ملاحظه شد به طوری که ژنوتیپ شماره ۱ با میانگین آب‌گزیدگی ۲۸/۲۷ درصد نسبت به سایر ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال دیگر در این پژوهش، آب‌گزیدگی کمتر داشت. این در حالی بود که در ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال‌های مورد بررسی در این پژوهش، بیشترین مقدار این صفت ۴۸/۲۷ درصد بود که در ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۶ ثبت گردید (جدول ۲). گزارش مشابهی در خصوص تأثیر تنش یخبندان بر آب‌گزیدگی برگ گیاهچه بذری هلو (۲۰) و ارقام حساس مرکبات (۳۰) ارائه شده که مطابق نتایج این پژوهش است.

تاج پهن با تراکم شاخه کم است. برگ‌ها ساده و بیضی شکل با حاشیه صاف و دارای گوشوارک باریک و مثلثی شکل می‌باشند. وزن میوه ۱۴۰/۷ گرم و طول آنها ۷۱/۳۲ میلی‌متر و قطر ۷۰/۷۸ میلی‌متر می‌باشد. هر میوه ۱۰ برچه و تعداد ۴-۱۱ بذر دارد و رنگ گوشت در زمان رسیدن نارنجی است.

ژنوتیپ شماره ۴ یا شبه پرتقال محلی: عادت رشدی پخش و گسترده، شکل تاج پهن و تراکم شاخه متوسط است. برگ‌ها ساده و بیضی شکل با حاشیه صاف و نوک تیز همراه با گوشوارک باریک و کشیده می‌باشند. وزن میوه ۱۷۴/۴۲ گرم و طول ۶۴/۹۴ میلی‌متر و قطر ۷۳/۲۸ میلی‌متر می‌باشد که تعداد ۱۴-۱۰ برچه و ۱۹-۱۰ بذر در هر میوه وجود دارد و رنگ گوشت در زمان رسیدن نارنجی است.

ژنوتیپ شماره ۵ یا شبه خونی: عادت رشدی پخش و گسترده، شکل تاج پهن با تراکم شاخه کم است. برگ‌ها ساده و بیضی شکل، حاشیه صاف، نوک باریک و دارای گوشوارک با پهنای متوسط و مثلثی شکل می‌باشند. وزن میوه ۱۳۵/۸۶ گرم و طول ۶۴/۲۲ میلی‌متر و قطر ۶۵/۱۵ میلی‌متر است که ۱۴-۱۰ برچه و تعداد ۴-۱۱ بذر در هر میوه وجود دارد و رنگ گوشت در زمان رسیدن نارنجی- قرمز است.

ژنوتیپ شماره ۶ یا شبه والنسیا: عادت رشدی پخش و گسترده، شکل تاج کروی و شاخه‌ها متراکم است. برگ‌ها ساده و بیضی شکل، حاشیه صاف، نوک باریک و دارای گوشوارک چسبیده و باریک و کشیده می‌باشند. وزن میوه ۱۴۶/۶۴ گرم و طول میوه ۶۶/۹۵ میلی‌متر و قطر ۶۸/۷۴ میلی‌متر است که ۱۲ برچه و ۱۱ بذر در هر میوه وجود دارد و رنگ گوشت در زمان رسیدن زرد است.

شروع کاهش دمای دستگاه از دمای ۶ درجه سلسیوس بود. کاهش دمای دستگاه یک درجه سلسیوس به ازای هر ساعت بود که پس از رسیدن به هر تیمار دمایی، نمونه‌ها به مدت ۳ ساعت در دماهای ذکر شده نگهداری و پس از اتمام این دوره زمانی (۳ ساعت) نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری صفات انجام گردید. با توجه به ماهیت بروز علائمی هم‌چون نشت یونی و آب‌گزیدگی برگ، بلافاصله بعد از هر تیمار دمایی، شاخص‌های ذکر شده بررسی شدند. بر این اساس آب‌گزیدگی برگ با محاسبه سطح آب‌گزیده پشت برگ نسبت به سطح کل با استفاده از دستگاه سطح‌سنج برگ (مدل AM300 از انگلستان) بر اساس درصد محاسبه گردید (۲۶). سنجش نشت یونی نیز با استفاده از روش ارائه شده مکالم و مگ دونالد (۲۲) بررسی شد. به منظور اندازه‌گیری صفاتی همچون پرولین، کربوهیدرات محلول، رنگدانه‌های گیاهی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء در مراحل بعد از تنش، نمونه‌ها را سریعاً در ازلت مایع، منجمد و سپس در فریزر ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری و سپس در مراحل بعدی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر دمای پایین بر واکنش های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ های شبه پرتقال
Table 1- Analysis variance of the low temperature stress on biochemical and physiological reaction of like orange native genotypes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی CF	میانگین مربعات Means of squares									
		آب گزیدگی Water soaking	نشت یونی Electrolyte leakage	لیپید پراکسیداسیون Lipid peroxidation MDA	پروлін Proline	ظرفیت آنتی اکسیداتی Antioxidant Capacity	کربوهیدرات Carbohydrate	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاروتنوئیدها Carotenoid
ژنوتیپ Genotype	7	*1418.997	*782.570	1.550*	*179.654	*630.476	*116.079	0.726*	0.106 ^{ns}	0.852*	0.019 ^{ns}
دما temperature	3	*9137.640	*13110.620	8.516*	*614.375	*1190.448	7.350 ^{ns}	0.279*	0.093 ^{ns}	0.588*	0.0026 ^{ns}
ژنوتیپ و دما Temperature & Genotype	21	*491.708	*477.253	0.427*	*22.876	*125.155	10.019 ^{ns}	0.088*	0.0090 ^{ns}	0.103*	0.012 ^{ns}
خطا Error	64	3.265	1.0821	0.016	0.482	5.688	6.641	0.038	0.008	0.059	0.020
CV%		12.162	4.503	9.926	5.418	5.794	9.737	10.683	18.144	10.399	25.104

***، * و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار
***, * and ^{ns} Significant at 1% level, 5% level and not significant, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل دما × ژنوتیپ بر درصد آب‌گزیدگی برگ ژنوتیپ‌های شبه پرتقال

Table 2- Interaction effect of temperature × genotype on water soaking percentage of semi-orange genotypes leaves

میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype						شاهد متحمل Resistant Control		دما Temperature (°C)
	1	2	3	4	5	6	شاهد حساس Sensitive Control	شاهد متحمل Resistant Control	
0.00D	0 ⁱ	0 ⁱ	0 ⁱ	0 ⁱ	0 ⁱ	0 ⁱ	0 ⁱ	0 ⁱ	3
2.60C	0 ⁱ	5.27 ^{hi}	0 ⁱ	0 ⁱ	5.27 ^{hi}	5.27 ^{hi}	5 ^{hi}	0 ⁱ	0
14.20B	5.27 ^{hi}	20.27 ^f	5.27 ^{hi}	5.27 ^{hi}	12.27 ^g	15.27 ^{fg}	50 ^b	0 ⁱ	-3
42.62A	28.27 ^e	42.27 ^{cd}	46.27 ^{bc}	32.27 ^e	38.27 ^d	48.27 ^b	99.33 ^a	6 ^h	-6
	8.39D	16.95B	12.89C	9.39D	13.95C	17.20B	38.58A	1.5E	میانگین Mean

در هر ستون و ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون توکی اختلاف معنی‌دار ندارند (حروف کوچک برای اثرات متقابل و حروف بزرگ برای اثرات ساده)
Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level using Tukey test.

شماره ۶ ثبت گردید (جدول ۳). در خصوص اثرات کاهش دما در افزایش نشت یونی گزارش‌های متعددی ارائه شده که می‌توان به مطالعات صورت گرفته روی گیاهچه مکزیکن لایم در مرکبات (۱۵) و درختان زیتون تحت شرایط کنترل شده تنش یخبندان (۷) اشاره داشت. در توجیه وقوع هم‌زمان نشت یونی و آب‌گزیدگی می‌توان این گونه استدلال داشت که احتمالاً وقوع یخبندان می‌تواند از طریق افزایش نشت یونی، موجب خروج آب از درون سلول به فضای بیرون شده که در چنین وضعیتی بروز پدیده آب‌گزیدگی برگ نیز قابل ملاحظه خواهد بود. بنابراین افزایش هم‌زمان نشت یونی و پدیده آب‌گزیدگی برگ نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش نیز می‌تواند تأیید کننده این استدلال باشد.

مقایسه میانگین نشت یونی (جدول ۳) نشان داد که با توجه به نوع ژنوتیپ، بیشترین میزان این صفت در دمای ۶- سانتی‌گراد رخ داد. به طوری که در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد کمترین میزان نشت یونی برگ (۱۳/۵۵ درصد) در شاهد انشو ثبت شد. در نقطه مقابل بیشترین مقدار نشت یونی برگ (۹۱/۶۳ درصد) در نمونه‌های شاهد حساس پرشین لایم ملاحظه گردید. در بین ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال مورد مطالعه در دمای ۶- درجه نیز واکنش‌های متفاوتی مشاهده شد. به طوری که ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۱ با ۴۱/۵۰ درصد نشت یونی نسبت به سایر ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال مورد مطالعه در این پژوهش، نشت یونی کمتر داشت. این در حالی بود که در ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال مورد بررسی در این پژوهش، بیشترین مقدار نشت یونی ۸۱/۱۱ درصد بود که در ژنوتیپ بومی شبه پرتقال

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر میزان نشت یونی (درصد) ژنوتیپ‌های شبه پرتقال

Table 3- Interaction effect of temperature × genotype on electrolyte leakage (percent) of semi-orange genotypes

میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype						شاهد متحمل Resistant Control		دما Temperature (°C)
	1	2	3	4	5	6	شاهد حساس Sensitive Control	شاهد متحمل Resistant Control	
8.13D	8.39 ^{j-m}	8.60 ^{j-m}	8.07 ^{klm}	7.94 ^{klm}	7.63 ^{klm}	8.60 ^{j-m}	8.88 ^{j-m}	6.97 ^m	3
9.50C	8.72 ^{j-m}	10.62 ^{h-l}	9.01 ^{j-m}	8 ^{klm}	10.95 ^{h-k}	11.58 ^{hij}	9.75 ^{j-m}	7.42 ^{lm}	0
17.12B	11.74 ^{hij}	39.80 ^e	12.72 ^{hi}	11.50 ^{hij}	17.79 ^f	18.52 ^f	16.33 ^{fg}	8.56 ^{j-m}	-3
57.66A	41.50 ^e	68.52 ^c	71.83 ^c	45.29 ^d	47.85 ^d	81.11 ^b	91.63 ^a	13.55 ^{gh}	-6
	17.58E	31.88A	25.40C	18.18E	21.05D	29.95B	31.65A	9.12F	میانگین Mean

در هر ستون و ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون توکی اختلاف معنی‌دار ندارند (حروف کوچک برای اثرات متقابل و حروف بزرگ برای اثرات ساده)
Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level using Tukey test.

مالون دآلدئید در گرم در وزن تر برگ) مربوط به شاهد مقاوم انشو بود. بعد از شاهد متحمل انشو، ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۱ با میانگین تولید ۱/۱۲ میکروگرم در گرم وزن تر برگ مالون دآلدئید در جایگاه بعدی قرار گرفت. بیشترین میزان این صفت نیز ۳/۳۳ میکروگرم در گرم وزن تر برگ مالون دآلدئید بود که در شاهد حساس

پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء از علائم تخریب تنش دمای پایین است که در این پژوهش با توجه به نوع ژنوتیپ بیشترین پراکسیداسیون لیپید در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد ثبت گردد. از این رو مقایسه میانگین داده‌های ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این دما نشان داد که (جدول ۴) کمترین میزان واکنش (با ۰/۷۸ میکروگرم

پرشین لایم ثبت شد. در بین ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال نیز ملاحظه گردید میزان این صفت در ژنوتیپ شماره ۶، ۲/۵۶ میکروگرم در گرم وزن تر برگ بوده که از نظر رتبه آماری، قبل از شاهد حساس قرار گرفت. در پژوهش‌های متعددی به ارتباط خسارت تنش دمای

پایین و افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء اشاره شده که در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های انجام شده روی ارقام انگور (۳۱)، عناب (۱۵) و قهوه (۹) اشاره داشت.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دما × ژنوتیپ بر میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (میکروگرم در گرم وزن تر برگ) ژنوتیپ‌های شبه پرتقال

Table 4- Interaction effect of temperature × genotype on lipid peroxidation of semi-orange genotypes

میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype						شاهد حساس Sensitive Control	شاهد متحمل Resistant Control	دما Temperature(°C)
	1	2	3	4	5	6			
0.81C	0.83 ^{f-i}	0.82 ^{f-i}	0.86 ^{f-i}	0.87 ^{f-i}	0.88 ^{f-i}	0.86 ^{f-i}	0.81 ^{g-i}	0.59 ⁱ	3
0.89C	0.82 ^{f-i}	0.87 ^{f-i}	0.91 ^{f-i}	0.89 ^{f-i}	0.89 ^{f-i}	1.12 ^{e-h}	0.98 ^{e-i}	0.69 ⁱ	0
1.36B	0.93 ^{e-i}	1.20 ^{efg}	1.23 ^{ef}	1.33 ^e	1.22 ^{efg}	1.87 ^d	2.34 ^{bc}	0.78 ^{hi}	-3
2.11A	1.12 ^{e-h}	2.41 ^{bc}	2.45 ^{bc}	2.11 ^{cd}	2.15 ^{bcd}	2.56 ^b	3.33 ^a	0.78 ^{hi}	-6
	0.92D	1.32C	1.36C	1.3C	1.28C	1.60B	1.86A	0.71E	میانگین Mean

در هر ستون و ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون توکی اختلاف معنی‌دار ندارند (حروف کوچک برای اثرات متقابل و حروف بزرگ برای اثرات ساده)
Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level using Tukey test

تولید پرولین ۵/۲۹ میلی گرم در گرم وزن تر برگ کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص داد. به طوری که از نظر صفت ذکر شده شاهد حساس پرشین لایم (با میانگین تولید ۸/۷۳ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) در مقابل ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۲ واکنش بهتری داشت. در گزارش‌های علمی ارائه شده این گونه عنوان شده است که تجمع پرولین آزاد می‌تواند با تأثیرگذاری بر تنظیمات اسمزی و در مواقعی خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، نسبت به متحمل‌سازی گیاهان مؤثر گردد (۵ و ۱۸). در پژوهش انجام شده روی زردآلو تحت تنش دمای پایین به اثر تجمع پرولین بر پایداری این درخت تحت تنش دمای پایین اشاره شده که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد (۱).

در پژوهش مذکور صفت پرولین نیز تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ و دمای پایین بود (جدول ۵). لذا مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است که با کاهش دما تا ۳- درجه سانتی‌گراد میزان این اسیدآمین رو به افزایش نهاد و مجدداً در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد میزان این اسیدآمین قدری تنزل داشت. بر این اساس بیشترین پرولین، متعلق به شاهد متحمل انشو (۳۲/۰۱ میلی گرم در گرم وزن تر برگ) در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد بود. پس از آن ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۱ با مقدار ۱۹/۶۲ میلی گرم در گرم وزن تر برگ پرولین در رتبه دوم قرار داشت. در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد مقدار اسیدآمین پرولین در تمامی نمونه‌ها در پایین‌ترین سطح بود. بر این اساس در بین نمونه‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۲ با میانگین

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر میزان پرولین (میلی گرم در گرم وزن تر برگ) ژنوتیپ‌های شبه پرتقال

Table 5- Interaction effect of temperature × genotype on proline of semi-orange genotypes

میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype						شاهد حساس Sensitive Control	شاهد متحمل resistant Control	دما Temperature (°C)
	1	2	3	4	5	6			
7.33D	6.40 ^{pq}	5.29 ^q	7.27 ^{n-q}	7.17 ^{opq}	7.29 ^{n-q}	7.62 ^{nop}	8.73 ^{l-o}	8.89 ^{k-o}	3
9.83C	7.29 ^{n-q}	6.43 ^{pq}	9.44 ^{j-n}	9.93 ^{j-m}	8.25 ^{m-p}	9.17 ^{j-o}	10.76 ^{l-l}	17.37 ^d	0
18.01A	19.62 ^c	14.84 ^{e-h}	13.73 ^{fgh}	17.40 ^{dc}	16.27 ^{de}	12.73 ^{hi}	17.49 ^{dc}	32.01 ^a	-3
16.11B	17.40 ^{dc}	12.95 ^{ghi}	11.21 ^{ij}	15.51 ^{def}	15.11 ^{efg}	11.10 ^{ijk}	16.40 ^{de}	29.17 ^b	-6
	12.68 B	9.88D	10.41 D	12.50CB	11.73 C	10.16D	13.34 B	21.86 A	میانگین Mean

در هر ستون و ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون توکی اختلاف معنی‌دار ندارند (حروف کوچک برای اثرات متقابل و حروف بزرگ برای اثرات ساده)
Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level using Tukey test.

ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۱ با ۶۷/۵۱ درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در رتبه بعدی قرار داشت. کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز ۳۸/۲۲ درصد بود که در ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۶ ثبت شد که نسبت به نمونه شاهد حساس (پرشین لایم) نیز در رتبه آماری پایین‌تر قرار گرفت.

مقایسه میانگین اثر متقابل تنش دمای پایین و ژنوتیپ بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (جدول ۶) نشان داد که با توجه به نوع ژنوتیپ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با تنزل دما افزایش یافت. به طوری که روند افزایش این صفت تا دمای ۳- درجه سانتی‌گراد ادامه داشت. از این رو بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۷۳/۳۶ درصد بود که در شاهد متحمل انشو در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد ثبت گردید. بعد از آن

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (درصد) ژنوتیپ‌های شبه پرتقال
Table 6- Interaction effect of temperature × genotype on antioxidant capacity of semi-orange genotypes

میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype						شاهد حساس Sensitive Control	شاهد متحمل Resistant Control	دما Temperature(°C)
	1	2	3	4	5	6			
33.92D	36.13 ^{d-h}	33.38 ^{gh}	31.40 ^{gh}	36.34 ^{d-h}	34.02 ^{gh}	30.80 ^h	33.97 ^{gh}	35.35 ^{e-h}	3
36.68C	39.80 ^{c-f}	35.73 ^{e-h}	33.75 ^{gh}	38.79 ^{c-g}	36.47 ^{d-h}	33.15 ^{gh}	35.51 ^{e-h}	40.29 ^{c-f}	0
48.97A	67.51 ^a	40.80 ^{c-f}	38.82 ^{c-g}	44.77 ^c	42.45 ^{cde}	38.22 ^{c-h}	45.82 ^c	73.36 ^a	-3
45.09B	55.81 ^b	38.29 ^{c-h}	36.31 ^{d-h}	41.79 ^{cde}	39.47 ^{c-f}	35.71 ^{e-h}	43.71 ^{dc}	69.63 ^a	-6
	49.81B	میانگین Mean	35.07FE	40.42C	38.1DCE	34.47F	39.75DC	54.66A	میانگین Mean

در هر ستون و ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون توکی اختلاف معنی‌دار ندارند (حروف کوچک برای اثرات متقابل و حروف بزرگ برای اثرات ساده)
Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level using Tukey test.

کلروفیل بالاتری داشت.

در مورد میزان کلروفیل کل نیز مشاهده گردید که شاهد متحمل انشو در دمای صفر درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داده بود. پس از آن ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۱ با میانگین کلروفیل کل ۲/۶۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در جایگاه دوم قرار داشت. در نقطه مقابل کمترین میزان کلروفیل کل ۱/۶۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بود که در شاهد حساس پرشین لایم در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در بین ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال مورد مطالعه نیز ملاحظه گردید که کمترین مقدار کلروفیل کل (۱/۷۹) میکروگرم در گرم وزن تر برگ در ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۶ در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد ثبت شد که از لحاظ آماری در جایگاه قبل از شاهد حساس پرشین لایم قرار گرفت (جدول ۸).

احتمالاً کاهش کلروفیل a و کل در ژنوتیپ‌های مورد نظر می‌تواند ناشی از اکسیداسیون این رنگدانه‌ها در غشاء تیلاکوئید باشند (۱۲). به عبارت دیگر افزایش پراکسیداسیون لیپید (ناشی از افزایش تجمع رادیکال‌های فعال اکسیژن) به موازات کاهش رنگدانه‌های کلروفیل می‌تواند توجیه‌کننده تفسیر فوق باشد. در ارزیابی واکنش دانه‌های لیمو آب در مواجهه با تنش یخبندان، تخریب رنگدانه‌های کلروفیل اشاره شده که با نتایج این آزمایش هماهنگی دارد (۱۳).

همانطور که قبلاً اشاره شد یکی از اثرات مخرب تنش دمای پایین تجمع رادیکال‌های فعال اکسیژن است که افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند با خنثی‌سازی رادیکال‌های مربوطه، در محافظت گیاهان تحت تنش دمای پایین مؤثر باشد (۲۵) به طوری که در پژوهش پایداری نهال زالزالک (۱۹) و میوه نارنگی انشو در مرکبات (۱۱) تحت تنش دمای پایین افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گزارش شده که تأیید‌کننده نتایج حاصل است.

صفت کلروفیل a تحت تأثیر سه عامل دما، ژنوتیپ و برهمکنش آنها معنی‌دار گردید. بر این اساس مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (جدول ۷) که کمترین میزان این رنگدانه ۱/۲۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بوده که در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد در شاهد حساس پرشین لایم مشاهده شد. پس از آن در بین ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال مورد مطالعه ژنوتیپ بومی شماره ۴ با ۱/۴۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد، مقدار کمتری از این صفت را به خود اختصاص داده بود که از نظر آماری در جایگاه ماقبل آخر (قبل از شاهد حساس پرشین لایم) قرار گرفت. در نقطه مقابل بیشترین میزان کلروفیل a در شاهد متحمل انشو در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد ثبت شد. در بین ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال‌های مورد مطالعه نیز مشاهده گردید که بعد از شاهد متحمل انشو، ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۱ در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد (۲/۱۴) میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) نسبت به سایر نمونه‌های مورد مطالعه، محتوی

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر میزان کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر برگ) ژنوتیپ‌های شبه پرتقال

Table 7- Interaction effect of temperature × genotype on chlorophyll a of semi-orange genotypes

میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype						شاهد حساس Sensitive Control	شاهد متحمل resistant Control	دما Temperature (°C)
	1	2	3	4	5	6			
1.97A	2.03 ^{a-e}	1.98 ^{a-e}	1.96 ^{a-e}	1.70 ^{c-f}	1.78 ^{b-f}	2.01 ^{a-e}	1.89 ^{a-f}	2.45 ^a	3
1.86BA	1.89 ^{a-f}	1.91 ^{a-e}	1.88 ^{a-f}	1.55 ^{def}	1.63 ^{def}	2 ^{a-e}	1.66 ^{def}	2.33 ^{abc}	0
1.74B	1.73 ^{b-f}	1.76 ^{b-f}	1.74 ^{b-f}	1.40 ^{ef}	1.48 ^{ef}	1.99 ^{ae}	1.52 ^{def}	2.34 ^{ab}	-3
1.75B	2.14 ^{a-d}	1.57 ^{def}	1.55 ^{def}	1.81 ^{b-f}	1.88 ^{a-f}	1.47 ^{ef}	1.27 ^f	2.32 ^{abc}	-6
	1.95B	1.81CBD	1.78CBD	1.61D	1.69CD	1.87CB	1.58D	2.36A	میانگین Mean

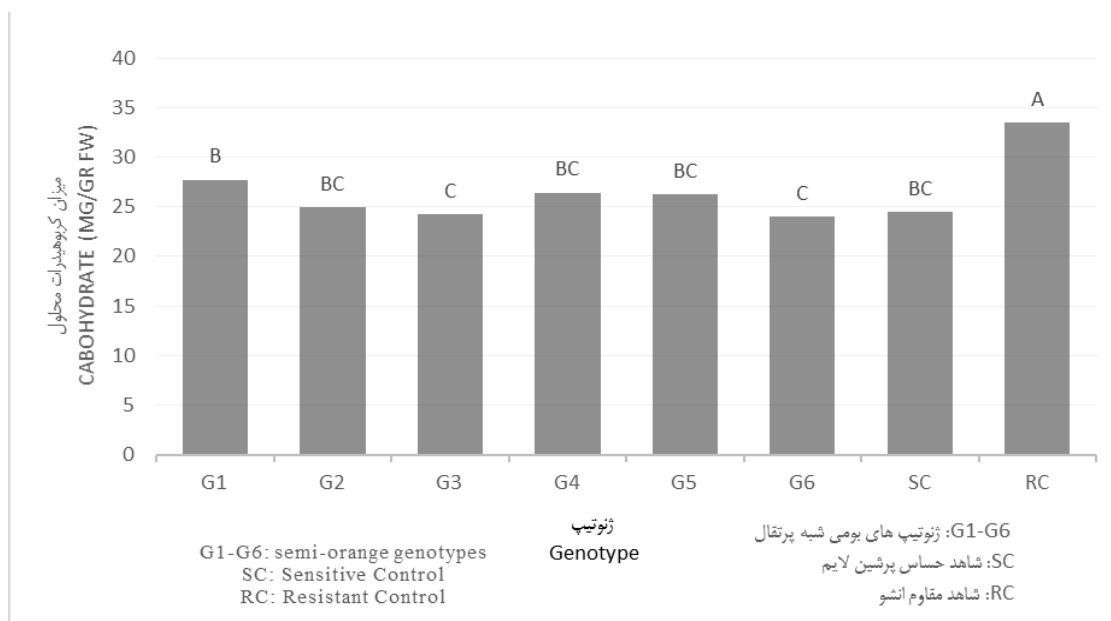
در هر ستون و ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون توکی اختلاف معنی‌دار ندارند (حروف کوچک برای اثرات متقابل و حروف بزرگ برای اثرات ساده)
Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level using Tukey test.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر میزان کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر برگ) ژنوتیپ‌های شبه پرتقال

Table 8- Interaction effect of temperature × genotype on total chlorophyll of semi-orange genotypes

میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype						شاهد حساس Sensitive Control	شاهد متحمل resistant Control	دما Temperature(°C)
	1	2	3	4	5	6			
2.51A	2.63 ^{a-d}	2.47 ^{a-f}	2.44 ^{a-f}	2.26 ^{a-f}	2.32 ^{a-f}	2.47 ^{a-f}	2.55 ^{a-e}	2.93 ^{ab}	3
2.43A	2.54 ^{a-e}	2.38 ^{a-f}	2.34 ^{a-f}	2.17 ^{b-f}	2.23 ^{a-f}	2.44 ^{a-f}	2.41 ^{a-f}	2.97 ^a	0
2.32B	2.32 ^{a-f}	2.11 ^{c-f}	2.08 ^{def}	1.95 ^{def}	2.01 ^{def}	2.31 ^{a-f}	2.17 ^{b-f}	2.89 ^{abc}	-3
2.19B	2.65 ^{a-d}	1.92 ^{def}	1.89 ^{def}	2.27 ^{a-f}	2.34 ^{a-f}	1.79 ^{ef}	1.69 ^f	2.94 ^{ab}	-6
	2.53B	2.22C	2.19C	2.16C	2.22C	2.25CB	2.20C	2.93A	میانگین Mean

در هر ستون و ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون توکی اختلاف معنی‌دار ندارند (حروف کوچک برای اثرات متقابل و حروف بزرگ برای اثرات ساده)
Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% level using Tukey test



شکل ۱- اثر ژنوتیپ‌های شبه پرتقال بر میزان کربوهیدرات محلول میوه

Figure 1- Effect of semi-orange genotype on fruit solution carbohydrate

پراکسیداز و کاتالاز افزایش یافت. در این پژوهش اثر متقابل دما و ژنوتیپ بر پراکسیداسیون لیپید، پرولین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، نشت یونی، آبگریزی، کلروفیل a و کلروفیل کل معنی‌دار بود. این در حالی است که کربوهیدرات محلول تنها تحت تأثیر عامل ساده ژنوتیپ معنی‌دار گردید. بر صفات رنگدانه‌های کلروفیل b و کارنتنوئید نیز هیچ یک از تیمارهای اعمال شده تأثیر معنی‌دار نداشت. در بین ژنوتیپ‌های بومی شبه پرتقال مورد بررسی در این پژوهش تحت شرایط تنش دمای پایین نیز واکنش‌های متفاوتی مشاهده شد. بر این اساس بعد از شاهد متحمل انشو، ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره یک در مقابل کاهش دما پایداری بهتر داشت. این در حالی بود که در بین ژنوتیپ‌های شبه پرتقال مورد مطالعه، در اغلب صفات تخریبی اندازه‌گیری شده، ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۶ در جایگاه آماری مشابه و یا نزدیک به شاهد حساس پرشین‌لایم قرار داشت. تنش سرما باعث افزایش نشت الکترولیت‌ها شد و مقادیر کلروفیل گیاه را در مراحل ابتدایی پس از اعمال تنش کاهش داد.

همان‌طور که گفته شد، صفت کربوهیدرات تنها تحت تأثیر ژنوتیپ معنی‌دار گردید. لذا مقایسه مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن بود که بیشترین میزان کربوهیدرات محلول ۳۳/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که در شاهد مقاوم انشو مشاهده شد. پس از آن بیشترین محتوی کربوهیدرات ۲۷/۷۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که در ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۱ ثبت گردید. کمترین میزان این صفت نیز ۲۴/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ بود که در ژنوتیپ بومی شبه پرتقال شماره ۶ ثبت گردید.

نتیجه‌گیری کلی

قرار گرفتن سرشاخه ژنوتیپ‌ها در معرض تنش سرما در شرایط فریزر ترموگرادیان، منجر به اختلال در فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک آنها شد و افزایش مقادیر مالون دی‌آلدهید را به دنبال داشت. در این حالت و احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت‌های اکسیداتیو تجمع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون

منابع

- 1- Afshary H., Zahedy R., Parvaneh T., and ZadeBaghery M. 2014. Effect of salicylic acid on proline soluble sugar and electrolyte leakage in two apricot' cultivar under cold stress. Journal of Crops Improvement (Journal of agriculture). 16:127-138 (in Persian).
- 2- Annual statistics. Horticultural Crops. 2014. Ministry of Jihad-Keshavarzi Iran. (In Persian)
- 3- Arji. E., Hasani B., and Ghamarniya H. 2015. Effects of deficit irrigation on growth characteristics and the quantity and quality of Golden Delicious apples. Journal of Horticulture Science. 29:610-620 (in Persian).
- 4- Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23:112-121.
- 5- Ashraf M., and Foolad M.R. 2007. Role of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Enviro. Exp. Bot. 59:206-216.
- 6- Bandyopadhyay U., Das D., and Banerjee R.K. 1999. Reactive oxygen species: Oxidative damage and pathogenesis. Curr. Sci. India. 77:658-666.
- 7- Bartolozzi F., Mencuccini M., and Fontanazza G. 2001. Enhancement of frost tolerance in olive shoots in vitro by cold acclimation and sucrose increase in the culture medium. Biomed. Life. Sci. 67:299-302.
- 8- Bates I S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil, 39:205-207.
- 9- Campos P., Quartin V., Ramalho J.C., and Nunes M.A. 2003. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea* sp. Plants journal of Plant Physiology. 160: 238-292.
- 10- Close T.J. 1997. Dehydrins: a commonality in the response of plants to dehydration and low temperature. Physiology of Plant. 100: 291-296.
- 11- Fatahimoghadam J., Kiaeshkevarian M., and Tajvar Y. 2012. Investigation of Naringin Content and Antioxidant Activity in 14 Citrus Fruit Varieties in Response to Freezing Stress, Plant Production Technology, 12:11-25. (in Persian with English abstract).
- 12- Flexas J., Badger M., Chow W.S., Medrano H., and Osmond C.B. 1999. Analysis of the relative increase in photosynthetic O₂ uptake when photosynthesis in grapevine leaves is inhibited following low night temperatures and or water stress. Plant. Physiol. 121:675-684.
- 13- Fotouhi Ghazvini R., Baghbanha M.R., Hatamzadeh A., and Heidari M. 2008. Effect of water stress on freezing tolerance of Mexican lime (*Citrus aurantifolia* L.) seedling. Hort. Environ. Biotechnol. 49:267-280.
- 14- Fuleki F., and Francis J.F. 1986. Quantitative method for anthocyanin determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry Juice. Journal of Food Science. 33: 78-83.
- 15- Gao J.C., Wang H. X., and Li X. X. 2010. Relationship between soluble proteins, MDA, and jujube (*Ziziphus*

- mauritiana*) tree cold hardiness. Beifang Yuanyi (Northern Horticulture). 23: 18-20.
- 16- Hinch DK., and Schmitt JM. 1992. Freeze-thaw injury and cryoprotection of thylakoid membranes. In *Water and Life* Edited by: Somero GN, Osmond CB, Bolis CL. Berlin: Springer: 1992:316-337.
- 17- Karimi R., Ershadi A., Asnaashari M., and Mashhadiakbarboojar M. 2015. Seasonal variation in the content of soluble protein, total phenol and MDA and Their relationship with cold tolerance of vine varieties. *Agriculture Crops Management*. 16:999-1013. (in Persian).
- 18- Kavikishore P.B., Sangam S., Amrutha R.N., Laxmi P.S., Naidu K.R., Rao S., Reddy K.J., Therianppan P., and Sreenivasulu N. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth. *Curr.Sci.*88:424-438.
- 19- Kirakosyan A., Seymour E., Kaufman P.B., Warber S., Bolling S., and Chang S.C. 2003. Antioxidant Capacity of Polyphenolic Extracts from Leaves of *Crataegus laevigata* and *Crataegus monogyna* (Hawthorn) Subjected to Drought and Cold Stress. *J. Agric. Food Chem.* 51(14): 3973–3976.
- 20- Leng P., and Qi J.X. 2003. Effect of anthocyanin on David peach (*Prunus davidiana* Franch) under low temperature stress. *Sci. Hortic-Amsterdam*. 97: 27-39
- 21- Mashayekhy K., Sadeghy H., Akbarpoor V., Atashy S., Ghasemy Y., and Moosavy Zadeh S. 2014. Changes in leaf carbohydrates and fruit throughout the growing season in the nectarines Redgold the weather conditions .*Gorgan, Journal of Horticultural Science (agricultural science and technology)*. 9.28:1-9. (in Persian)
- 22- McCollum T.G., and McDonald R.E. 1991. Electrolyte leakage, respiration and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. *Horticulture Science*, 26: 1191-1192.
- 23- Omokolo N.D., Tsala N.G., and Djocogue P.F. 1996. Changes in carbohydrate, amino acid and phenol content in cocoa pods from three clones after infection with *Phytophthora megakarya* Bra. and Grif. *Annals of Botany*.77:153–158.
- 24- Qiujie D., Bin Y.S., Xiao Z., and Wang Z. 1996. Flooding induce membrane damage, lipid oxidation and activated oxygen generation in Corn leaves. *Plant Soil*. 179: 261-268
- 25- Ranney T.G., Bassuk and Whitlow T.H. 1991. Osmotic adjustment and solute constituents in leaves and roots of waterstressed cherry trees. *Am. Hort. Sci.* 116: 684-688.
- 26- Sala J.M., and Lafuente M.T. 2000. Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin. *Fruits to chilling. Postharvest Biol. Tec.* 20: 81–89.
- 27- Salahvarzi Y., Davarinezhad GH., Tehranifar A., Nemati H., and Nezami A. 2010. Physiochemical responses of six pomegranate cultivars from Razavi Khorasan under freezing stress. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*.11: 217-230.(in Persian).
- 28- Shanker A.K., and Venkateswarlu B. 2011. Abiotic Stress in Plants Mechanisms and Adaptations. *InTech Croatia* 428 p.
- 29- Tajvar Y., Fotouhi Ghazvini R., HamidOughly Y., and HassanSajedi R. 2011. Physiological and biochemical responses of Page mandarin on citrange rootstock to low temperature stress. *Plant Biology*. 3.9:1-12 (in Persian with English abstract).
- 30- Tajvar Y., FotouhiGhazvini R., HamidOughly Y., and Hasan Sajed R. 2012. A Study of Rootstock and Low Temperature Effects on Antioxidant Reaction of Page Mandarin. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*. 12.3:307-316. (in Persian)
- 31- Zhang J., Wu X., Niu R., Liu Y., Liu N., Xu W., and Wang Y. 2012.Cold resistance evaluation in 25 wild grape species. *Vitis*. 51(4): 153-160.



The Effect of Low Temperature on some Physiological and Biochemical Trait of some Semi-orange Genotype in the North Iran

S. Mohammadi^{1*}- H. R. Khazaie²- A. Nezami³- Y. Tajvar⁴

Received: 01-01-2017

Accepted: 30-08-2017

Introduction: Among citrus producing provinces in the country, Mazandaran province ranks first with 1.88 million tons yields. Orange is one of the horticulture crop which is sensitive to low temperature stress. Low temperature stress is one of the abiotic stresses that its negative effects is the disruption of the electron transfer process through the thylacoid membrane. Activated oxygen radicals can be reacted with methyl unsaturated fatty acid groups and produce active fatty acid radicals. Very reactive formed radicals are capable of initiating lipid peroxidation chain reactions, which leads to the accumulation of free oxygen radicals that can lead to degradation of plant chlorophylls and membrane peroxidation and disruption of photosynthesis, accumulation of ROS, damage to cell membranes, destruction of plant pigments and nucleic acids. Plants can resist against low temperature stress by water saving and utilization of antioxidant system. The amount of free proline in many plants increases in response to environmental stresses such as cold and drought stress, and this physiological response can affect the resistance of the herbal substance under stress. Due to the diversity of citrus native genotypes in the country, the aim of this study was to determine the tolerance of native genotypes against low temperature stress in north of the country.

Materials and Methods: This experiment was conducted during the years 2015_2016 at the Citrus and Semi-Traditional Fruit Research Center in Ramsar with the aim of determining the low temperature tolerance of six native pseudo orange genotypes at 4 temperature levels (3, 0, -3, -6), compared to The test was carried out by Unsho and Sensitive Persian Lime (low temperature stress). Therefore, in this study, the vulnerability to low-stress conditions in controlled environmental conditions was compared with that of temperature treatments (3, 0, -3 and -6 degrees Celsius) in six genotypes of native pseudo-orange (number 1-6) sensitive cultivar (Persian lime) and resistant cultivars (Unsho) were investigated. This experiment was conducted as a factorial in a completely randomized design. The results of analysis of variance showed that temperature, genotype and interaction of these two treatments were significant in lipid peroxidation, proline, antioxidant capacity, ion leakage, hydroxylation, chlorophyll a and chlorophyll content. The temperature of the device began to decrease at a temperature of 6 °C. The temperature of the device was 1 °C / hour, after which the samples were kept at the specified temperatures for 3 hours and at the end of this period (3 Clock) sampling was performed to measure the traits. Accordingly, the leaf aquaculture was calculated by calculating the leaf area using a leaf surface gauge device. Ionic leakage measurements were also investigated using the method of the conversation and Meg Donald method. The presence of genotypes under cold stress led to an increase in malondialdehyde. In these conditions, due to increased oxidative activity, the accumulation of antioxidant compounds such as superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase increased. The data obtained from this research were based on factorial experiment in a completely randomized design with three replications of analysis of variance and then averages were compared by Tukey test at 5% level using SAS software.

Results: Orange is a low temperature stress sensitive horticultural plant. Therefore, in this study, the vulnerability to low temperature stress in controlled environment (3, 0, -3 and -6 degrees Celsius) in six native pseudo orange genotypes (No.1-6) sensitive cultivars (Persian Lime) and resistant cultivars (Unsho) were studied. This experiment was conducted as a factorial in a completely randomized design. The results of analysis of variance showed that temperature, genotype and interaction of these two treatments were significant in lipid peroxidation, proline, antioxidant capacity, ion leakage, hydroxylation, chlorophyll a and chlorophyll content. Meanwhile, soluble carbohydrate was only affected by the simple factor of genotype. No effects on chlorophyll b and carotenoid pigments were significant. The highest incidences (99.33%), ion leakage (91.63%) and lipid peroxidation reaction (with a mean of 3.33 µg / kg of fresh leaf weight) were recorded in sensitive lamb speed control at 6 °C. In contrast, the highest amount of proline (32.01 mg / g leaf weight) and antioxidant capacity (73.36%) was recorded in the control group at 3 °C. Among the native pseudo-orange

1, 2 and 3- Ph.D. Student and Professors of Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Ferdowsi University Of Mashhad, Iran, Respectively

(*-Corresponding Author Email: saleh.mohammadi92@yahoo.com)

4- Assistant Professor of Horticultural Science Research Institute, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran

genotypes, in this study, different reactions were also observed under low-temperature stress conditions. Accordingly, after the control of the bird, the native pseudo-orange genotype number one was better than the one under temperature decrease. However, in most of the studied orange genotypes, in most of the destructive traits, the native pseudo-orange genotype number 6 was in the same statistical position or close to the sensitive Peninsula. The presence of genotypes under cold stress led to an increase in malondialdehyde. In these conditions, due to increased oxidative activity, the accumulation of antioxidant compounds such as superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase increased.

Keywords: Citrus genotype, Chlorophyll, Free radical, Lipid peroxidation



ارزیابی ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی میوه‌ی ارقام جدید نارنگی نوشین و شاهین طی دوره انبارداری

جواد فتاحی مقدم^{۱*} - سیده الهام سیدقاسمی^۲ - کاظم نجفی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۸

چکیده

طی دورگ‌گیری ۲۰ ساله (۱۳۶۸ تا ۱۳۸۸) در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، ارقام نوشین (نارنگی کلمانتین × پرتقال سالوستینا) و شاهین (نارنگی کلمانتین × پرتقال هاملین) معرفی شدند. قابلیت این ارقام جهت نگهداری در انبارهای معمولی و سردخانه قبل از توصیه به کشت گسترده باید مورد بررسی قرار می‌گرفت. بدین منظور طی دو سال میوه‌ها پس از برداشت، بر اساس طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به مدت ۶۰ روز در انبار معمولی (دمای ۷-۱۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۷۰-۶۰ درصد) و سردخانه (دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۸۵ درصد) قرار داده شدند. با نمونه‌برداری در زمان برداشت و فواصل زمانی ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز از انبار، ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و حسی میوه‌ها بررسی شد. صفات مورد بررسی شامل درصد عصاره، کاهش وزن، سهولت پوست‌گیری، رنگ پوست (L^* ، a^* ، b^* ، زاویه رنگ، کروما و CCI)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های حسی بود. نتایج نشان داد کاهش وزن رقم نوشین بین ۷-۸ درصد و شاهین بین ۵/۱۱-۳/۴۵ درصد بود. پوست میوه‌های شاهین در پایان انبارداری آسان‌تر از ابتدای انبارداری جدا شد. در میان شاخص‌های رنگ پوست، فقط CCI نوشین در شروع انبار معمولی کمتر از پایان بود. مقدار TSS:TA در انبار معمولی (نوشین با مقدار ۳۹/۶۴ و شاهین با مقدار ۱۳/۳۴) در سطح بالاتری از سردخانه (نوشین با مقدار ۳۱/۰۴ و شاهین با مقدار ۱۳/۶۲) قرار داشت. EC، TI، TA، TSS، pH، EC، میزان ضایعات، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی طی نگهداری در سردخانه و انبار معمولی به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) کاهش پیدا کرد. نارنگی شاهین به ترتیب با مقدار ۳/۷۴ و ۲۶/۱۹ درصد از میزان شدت و درصد لکه‌پوستی بالایی در انبار معمولی برخوردار بود. بر اساس ارزیابی‌های فیزیکیوشیمیایی و حسی نارنگی نوشین قابلیت نگهداری حداکثر ۲۰ روز و شاهین حداکثر ۴۰ روز در انبار را دارند.

واژه‌های کلیدی: انبار، شاهین، کیفیت، نارنگی، نوشین

مقدمه

ارقام جدید مرکبات با عملکرد و کیفیت مناسب هستند.

ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی میوه تحت عواملی چون حمل‌ونقل ضعیف تا بازار، دما و شرایط نگهداری تغییر می‌نماید. نارنگی‌های جدید جدای از روش تولید آن‌ها، تحت تأثیر این عوامل قرار گرفته که میزان اثرپذیری آن‌ها باید مورد مطالعه قرار گیرد. از سال‌ها قبل این موضوع مورد توجه پژوهشگران پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری کشور بوده است تا ارقامی را تولید نمایند که علاوه بر هم‌پوشانی در میوه‌دهی، فصول بیشتری از سال را تولید میوه نموده و قابلیت نگهداری جهت عرضه تدریجی به بازار را نیز داشته باشند. گزارش شده است طی برنامه‌ی اصلاح رقم، پروژه‌ای از سال ۱۳۶۸ در چهار فاز به مدت ۲۱ سال در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری با هدف تولید رقم زودرس تا دیررس اجرا شد. با اجرای این برنامه اصلاحی سرانجام در سال ۸۹ ارقام نوشین (دو رگ نارنگی

مرکبات در ایران با میزان تولید ۴۳۴۵۲۴۷ تن رتبه اول را در بین محصولات باغبانی دارد. از این مقدار میزان ۶۵۰۲۲۳ تن مربوط به تولید نارنگی در سطحی حدود ۱۴ هزار هکتار است (۲). در سطح دنیا نیز ایران از نظر میزان تولید کل مرکبات در رتبه هفتم و به‌طور خاص تولید نارنگی در رتبه دهم قرار دارد (۱۳). علاوه بر رقابت کشورهای تولیدکننده مرکبات جهت در اختیار قرار گرفتن بازار این محصول، بازارهای مصرف داخل و خارج نیز متقاضی تنوع در ارقام و به‌ویژه

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، کارشناسی ارشد و کارشناس مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران

(*)- نویسنده مسئول:

(Email: j.fattahi@areeo.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.61653

چنین نتیجه‌ی تغییرات در ترکیبات زیست‌فعال طی متابولیسم طبیعی میوه و شدت تنفس طی دوره انبارداری است (۳۳).

در پژوهشی ویژگی‌های کیفی ارقام نوشین و شاهین فقط در زمان برداشت (به‌عنوان ارقام میان‌رس) با هدف معرفی رقم بررسی شد (۱۹). بر اساس پیشنهادات فازهای اولیه‌ی این برنامه اصلاحی، در سال‌های اخیر نیاز بود که قابلیت نگهداری این ارقام در انبارهای معمولی و سردخانه بر اساس ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی به‌تفصیل مورد بررسی قرار گیرد تا گسترش و توصیه به کاشت این ارقام با اطلاعات دقیق‌تر انجام شود. بنابراین هدف از این پژوهش ارزیابی توان انبارمانی دو رقم جدید نارنگی نوشین و شاهین بر اساس صفات کیفی و حسی مختلف بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: در این پژوهش از میوه‌های نوشین

C. reticulata cv Clementine × *C. sinensis* cv. (Salustiana) و شاهین (*C. reticulata* cv Clementine × *C. sinensis* cv. Hamlin) روی پایه نارنج طی دو سال استفاده شد. میوه‌ها از جهات مختلف درخت (۱۵ عدد میوه از سه درخت) به‌صورت تصادفی انتخاب و ارزیابی زمان برداشت (نقطه صفر انبارداری) انجام شد. با رسیدن میزان بریکس ارقام به هفت (۱۲)، بخشی از میوه‌ها به تعداد ۳۰ عدد در هر جعبه (سه جعبه پلاستیکی - اصطلاحاً شش کیلویی - برای هر رقم معادل سه تکرار) با هدف ارزیابی انبارمانی این ارقام به دو نوع انبار شامل انبار معمولی (دمای ۷-۱۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۶۰-۷۰ درصد) و سردخانه (دمای ۵-۷ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۸۵ درصد) منتقل شدند. به فواصل زمانی صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز ویژگی‌های مختلف فیزیکی‌شیمیایی و حسی میوه مورد ارزیابی قرار گرفت.

ضخامت پوست میوه: ضخامت پوست میوه با استفاده از دستگاه کولیس دیجیتال مدل Digit-Cal ساخت سوئیس بر حسب میلی‌متر با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

کاهش وزن میوه: تعداد ۵ عدد میوه از هر تکرار به‌صورت ثابت در نظر گرفته شد و در هر مرحله از نمونه‌گیری وزن شد. درصد کاهش وزن از رابطه‌ی $(\text{وزن اولیه} / (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})) = \text{درصد کاهش وزن}$ محاسبه شد.

درصد عصاره: عصاره میوه با استفاده از آب‌میوه‌گیر دستی استخراج شد. با محاسبه درصد نسبت وزن عصاره به وزن میوه، محاسبه شد.

تعداد بذرها: با یک برش عرضی در ناحیه قطر میوه، بذرها از داخل گوشت خارج و سپس شمارش شدند.

کلماتین در پرتقال سالوستیانا) و شاهین (دو رنگ نارنگی کلماتین در پرتقال هاملین) معرفی شدند (۱۶ و ۱۹).

به‌طور کلی نارنگی‌ها نسبت به پرتقال‌ها قابلیت نگهداری به مدت طولانی در انبار و یا سردخانه را ندارند. مشکل طعم و مزه نارنگی‌ها طی نگهداری موضوعی است که مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (۳۱ و ۳۹). گرچه تغییر در ویژگی‌های شیمیایی چون مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون طی انبارداری به‌خوبی ثبت شده است لیکن کمتر به وضعیت طعم و مزه میوه نارنگی با روش آنالیز حسی میوه پرداخته شده است. به‌طور کلی بدطعمی میوه را مرتبط با کاهش در ترکیبات آلدئیدی، تریپ‌ها و الکل‌ها دانسته‌اند (۳۹). دمای انبار نقش مهمی در کیفیت طعم نارنگی‌ها دارد. گرچه دمای نگهداری نارنگی‌ها بین ۵ تا ۸ درجه‌ی سانتی‌گراد گزارش شده است لیکن اغلب دمای ۴-۳ درجه‌ی سانتی‌گراد سبب کاهش ضایعات به‌ویژه در زمان استفاده از غلظت‌های کم قارچ‌کش‌ها می‌شود (۳۹).

ارقام از نظر قابلیت نگهداری در دماهای متفاوت با هم اختلاف دارند. گزارش شده که نارنگی مورکات در مقایسه با نارنگی اواری طعم بهتری طی ۶ هفته نگهداری در دمای ۸ درجه نسبت به صفر یا ۴ درجه سانتی‌گراد داشت؛ لیکن دمای نگهداری اثر معنی‌داری روی مواد آروما نداشت. علت آن نسبت بالای مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون در دمای ۸ درجه بود. وقتی رقم حساس به آسیب سرمایی چون اُدم^۱ در دمای دو درجه به مدت ۴ هفته نگهداری شد این دما اثر منفی روی طعم میوه در مقایسه با دمای ۵ و ۸ داشت که دلیل آن تجمع تریپ‌ها در این دما بود (۳۹).

ترکیبات زیست‌فعال موجود در پوست و گوشت میوه نیز علاوه بر داشتن ارزش غذایی سبب بالا بردن تحمل میوه به شرایط تنش پس از برداشت نیز می‌شوند. از طرفی میزان این ترکیبات مفید نیز می‌تواند تحت تأثیر نوع رقم و شرایط نگهداری میوه قرار گیرد. گزارش شده است که دمای پایین انبار سبب تولید بیشتر فنل در میوه می‌شود که خود نوعی واکنش به تنش دمایی است. بدین‌صورت که ترکیب ال فنیل آلانین توسط آنزیم PAL به ترانس-سینامیک اسید تبدیل شده که با هیدروکسیلاسیون و یا متیلاسیون این ماده سایر اسیدهای هیدروکسیلاسیون تولید می‌شوند (۳۰). به‌طور کلی میزان ویتامین C طی رسیدن و پیری که در انبار اتفاق می‌افتد کاهش می‌یابد. در این راستا گزارش شده است که پرتقال‌های تامسون ناول و والنسیا با بالغ شدن و طی انبار طولانی مدت کاهش د ویتامین C نشان دادند (۱ و ۲۸). بدیهی است که با کاهش ترکیبات زیست‌فعال، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها نیز کاهش می‌یابد. کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه مرکبات در ضمن نگهداری طولانی مدت را به کاهش ترکیبات فنلی و ویتامین C در آن‌ها نسبت داده‌اند (۱۵). هم

(۲۰۰۳) با اندکی تغییر انجام شد (۲۷). میزان فنل کل با استفاده از معادله خط استاندارد ($y = 0.0013x + 0.04$) به صورت میلی گرم در گرم (mg GAE/g) به دست آمد.

ظرفیت آنتی اکسیدانی: برای این منظور ابتدا نمونه‌ها به نسبت ۱:۱۰ رقیق شدند. سپس ظرفیت آنتی اکسیدانی گوشت و پوست میوه از روش خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل) اندازه‌گیری شد (۶). فعالیت مهار رادیکال DPPH از فرمول درصد خنثی‌کنندگی رادیکال $DPPH = 100 (1 - As/Ac)$ محاسبه شد. در این معادله Ac جذب رادیکال DPPH بدون عصاره به عنوان کنترل، As جذب DPPH به علاوه نمونه است.

آسکوربیک اسید: غلظت آسکوربیک اسید عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ترکیب DCPIP (۲، ۶- دی کلروفنل ایندوفنل) توسط آسکوربیک اسید در طول موج ۵۲۰ نانومتر (نانودراپ مدل ND-۱۰۰۰ ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد (۵). با استفاده از معادله به دست آمده از خط استاندارد $y = -0.0006x + 0.16$ میزان آسکوربیک اسید محاسبه شد.

آنالیز حسی: جهت آزمون حسی در پایان دوره‌ی انبارداری، تعداد ۹ ارزیاب به صورت تصادفی از مجموع کارکنان زن و مرد با رده‌های سنی و شغلی مختلف انتخاب شدند و به ویژگی‌هایی چون خصوصیات ظاهری پوست و گوشت، عطر، طعم، شیرینی، ترشی، تلخی و پذیرش کلی میوه نمره دادند. حدود نمره‌ها در دامنه‌ی ۱ تا ۱۰ و به صورت ۱=ضعیف، ۵=رضایت‌بخش و ۱۰=عالی بود.

تجزیه‌ی آماری داده‌ها: پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌های کمی با آنالیز مرکب دوساله در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی و در سطح احتمال معنی‌داری متناظر انجام شد. داده‌های توصیفی مربوط به صفت سهولت پوست‌گیری، شدت لکه انباری و ارزیابی حسی با استفاده از آزمون ناپارامتری چند گروهی وابسته فریدمن^۴ در برنامه SPSS نسخه ۱۹ محاسبه شد.

نتایج و بحث

میزان کاهش وزن و درصد عصاره میوه

هر دو شاخص (کاهش وزن و درصد عصاره) طی انبارداری تغییر معنی‌داری نداشتند. درصد کاهش وزن میوه طی انبارداری در نارنگی نوشین بین ۸-۷ درصد و در نارنگی شاهین بین ۱۱/۵-۳/۴۵ درصد بود (جدول ۱). پیگا و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که کاهش وزن

سهولت پوست‌گیری: به این منظور پوست میوه‌ها با دست جدا و از نظر سهولت پوست‌گیری به صورت ۱: آسان، ۲: متوسط، ۳: سخت رتبه‌بندی شد.

رنگ پوست میوه: رنگ پوست در نقطه میانی میوه‌ها توسط دستگاه کرومومتر مدل CR400 – Minolta ساخت ژاپن اندازه‌گیری شد. در این روش مقادیر a^* ، b^* و L^* زاویه رنگ (Hue angle) و کروما (Chroma) قرائت و سپس با فرمول $CCI = 1000 a^*/L^*.b^*$ شاخص رنگ برون بر میوه مرکبات به روش جیمز و همکاران (۱۹۸۱) محاسبه شد (۲۰).

مواد جامد محلول^۱، اسیدیت^۲ قابل تیتراسیون^۳ و

TSS/TA: مقدار TSS با استفاده از دستگاه رفرکتومتر چشمی مدل Atago-ATC-20E ساخت ژاپن با دامنه ۲۰-۰ درصد اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری TA، از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال استفاده شد. میزان TA از حاصل ضرب حجم سود مصرفی در عدد ۰/۰۶۴ و بر حسب درصد اسید سیتریک به دست آمد. پس از اندازه‌گیری TSS و TA، نسبت TSS:TA محاسبه شد (۳۸).

شاخص تکنولوژی^۳ مقدار TI از حاصل ضرب درصد عصاره

در مواد جامد محلول تقسیم بر ۱۰۰ به دست آمد (۲۳).

pH و هدایت الکتریکی (EC) عصاره: میزان pH با

استفاده از دستگاه pH متر مدل inoLab WTW ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. جهت تعیین EC آب میوه نیز از دستگاه EC سنج مدل Easy Mettler Toledo ساخت چین، بر اساس واحد میلی زیمنس بر سانتی‌متر استفاده شد.

درصد لکه‌های پوستی و شاخص شدت لکه‌ها: به منظور

تعیین درصد لکه‌های پوستی، تعداد کل میوه‌هایی که لکه ظاهری نشان داده بودند (لکه پوستی) بر کل میوه در هر تیمار تقسیم و به صورت درصد بیان شد. نمره لکه پوستی به صورت صفر (بدون صدمه)، ۱ (ملایم، با تعداد لکه پوستی کم)، ۲ (متوسط) و ۳ (شدید) گروه‌بندی شد و میزان شاخص طبق فرمول (کل میوه‌های بررسی شده/تعداد میوه‌ی هر گروه × نمره لکه‌ی هر گروه) = شاخص لکه‌ی پوستی محاسبه شد (۳).

عصاره‌گیری از پوست و گوشت میوه: پوست و گوشت

میوه پس از جدا شدن، با استفاده از حلال متانول (به نسبت ۱:۲) عصاره‌گیری شد. عصاره‌ها برای انجام آزمایش‌های بعدی در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

میزان فنل کل: اندازه‌گیری میزان فنل کل با روش

Folin-ciocalteu و اسپکتروفتومتری به روش میبرز و همکاران

1- Total soluble solid (TSS)

2- Total acid (TA)

3- Technology Index (TI)

4- Friedman

میوه‌های مرکبات بر اثر از دست دادن آب، در ضمن انبارداری علاوه بر رطوبت انبار، بستگی زیادی به طول دوره نگهداری و دمای انبار نیز دارد (۳۲). درصد کاهش وزن در نارنگی نوشین بالاتر از نارنگی شاهین بود که نشان‌دهنده تفاوت در حساسیت ارقام است. به‌طور مشابه لواسکالزو و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که میزان کاهش وزن میوه‌ها طی انبارداری در ارقام مختلف مرکبات تفاوت معنی‌داری داشت. آن‌ها نشان دادند که این تفاوت به خاطر اختلاف در ضخامت پوست یا پوشش‌های حفاظت‌کننده روی پوست مثل واکس‌های روی کوتیکول است که موانع طبیعی در مقابل خروج آب از میوه را ایجاد می‌کند (۲۶). میزان کاهش وزن ارتباط زیادی به رطوبت نسبی محیط انبار نیز دارد. اگر شرایط رطوبت انبار اصلاح نشود، از دست دادن رطوبت بیش‌ازحد میوه در بلندمدت، منجر به چروکیدگی میوه، نرم

شدن و کاهش بازاریابی میوه می‌شود (۱۸). به‌طور کلی درصد عصاره نیز در رقم نوشین بین ۳۴-۳۸ درصد و در رقم شاهین بین ۴۷-۵۲ درصد طی دو ماه انبارداری متغیر بود (جدول ۱). در این پژوهش نوع رقم در کاهش درصد عصاره طی نگهداری کاملاً مؤثر بود و در رقم نوشین نسبت به شاهین درصد عصاره به طور معنی‌داری کاهش بیش‌تری در سردخانه داشت. معمولاً روند کاهش در عصاره میوه طی نگهداری در برخی منابع گزارش شده است (۴). فقط در صورتی که میوه به‌صورت بالغ برداشت شود طی نگهداری کیسه‌های آب‌میوه افزایش حجم داده و میزان عصاره افزایش می‌یابد (۱). در این آزمایش درصد آب‌میوه در هر دو شرایط نگهداری تغییر معنی‌داری نکرد.

جدول ۱- اثر مدت انبارداری بر کاهش وزن و درصد عصاره‌ی میوه‌ی نارنگی‌های نوشین و شاهین در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه

Table 1- Weight loss and juice percentage of Noushin and Shahin mandarin fruits at harvesting time and during common and cold storages

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	کاهش وزن (%) Weight loss (%)		درصد عصاره Juice percentage (%)	
	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
نارنگی نوشین Noushin mandarin				
0	0.00 b*	0 b	36.11 a	36.11 ab
20	7.36 a	6.47 a	38.49 a	34.73 b
40	6.99 a	5.68 a	38.40 a	37.86 a
60	7.36 a	5.85 a	36.68 a	38.66 a
نارنگی شاهین Shahin mandarin				
0	0.00 d*	0.00 d	49.85 a	49.85 a
20	4.00 c	3.45 c	51.87 a	47.51 a
40	4.27 b	5.16 a	47.16 a	51.37 a
60	5.11 a	4.59 b	48.74 a	48.62 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر صفت و رقم در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی‌داری با هم دارند

*Values in the same column for each variable and variety having different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Tukey test

سهولت پوست‌گیری

نتایج آزمون آماری نشان داد که میزان کای اسکوار این صفت در نارنگی شاهین در انبار معمولی ۷/۹۶ و سطح معنی‌داری آن ۰/۰۵ بود که حاکی از قبول فرض H_1 مبنی بر تغییر معنی‌دار سهولت پوست‌گیری در این رقم طی نگهداری در انبار معمولی بود. میوه شاهین در سردخانه و نوشین در هر دو شرایط نگهداری دارای سهولت پوست‌گیری یکسان بودند (جدول ۲). نارنگی‌ها و سایر ارقامی که به‌صورت تازه مصرف می‌شوند علاوه بر داشتن خصوصیات ظاهری و کیفی مطلوب، باید دارای پوستی نازک با قابلیت جدا شدن راحت از

گوشت میوه باشند (۸). بر اساس آزمون فریدمن، میوه‌های شاهین در ابتدای انبارش پوست چسبیده‌تری به گوشت داشتند و در پایان انبارداری میوه پوست به آسانی از گوشت جدا می‌شد (جدول ۲).

میزان شاخص‌های رنگ پوست میوه

کلیه‌ی شاخص‌های رنگ پوست میوه ارقام نوشین و شاهین در هر دو شرایط نگهداری طی انبارش تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. فقط شاخص رنگ‌گیری پوست (CCI) رقم نوشین در شروع نگهداری در انبار معمولی کمتر از پایان بود.

جدول ۲- میزان سهولت پوست‌گیری نارنگی‌های نوشین و شاهین طی نگهداری در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه
Table 2- Amount of easy peeling of Noushin and shahin mandarins at harvesting time and during common and cold storage

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	نارنگی شاهین Shahin mandarin		نارنگی نوشین Noushin mandarin	
	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
0	2.2 ± 0.35*	2.2 ± 0.35	1	1
20	2.5 ± 0.00	1.17 ± 0.29	1	1
40	1.25 ± 0.25	1.5 ± 0.5	1	1
60	1.58 ± 0.14	1.33 ± 0.14	1	1
Chi-square	7.96	6.54	-	-
Sig	0.047	0.09	-	-

*Mean ± Sd

نتایج به دست آمده، کاهش در میزان TA را در هر دو شرایط سردخانه و انبار معمولی نشان داد (جدول ۵). شاخص اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) میزان اسیدهای آلی در عصاره میوه‌ها را نشان می‌دهد. اسیدسیتریک و اسید مالیک اسیدهای آلی غالب در مرکبات هستند. اسیدهای دیگر مانند تارتاریک، بنزوئیک، اگزالیک و سوکسینیک اسید هم به مقدار جزئی در مرکبات وجود دارند (۲۲). معمولاً طی انبارداری میزان تنفس میوه به‌ویژه در دماهای بالاتر (انبار معمولی) افزایش می‌یابد. کاهش میزان اسیدیته موجود در میوه مرکبات به‌ویژه در انبار با دمای بالا (۱۵ درجه سانتی‌گراد) به مقدار زیادی توسط آنزیم آکونیتاز و ایزوسیتریک‌دی‌هیدروژناز کنترل می‌شود (۳۷). این واکنش منجر به کاهش اسیدهای آلی شده که خود باعث افزایش طعم مطلوب در عصاره میوه می‌شود (۲۵).

به‌طور کلی مقادیر شاخص‌های رنگ هر دو رقم در دامنه استاندارد تعریف شده مرکبات بود (جداول ۳ و ۴). بر اساس گزارش راکس و باری (۲۰۰۶) مقادیر ۷۰-۶۵ برای درخشندگی، مقادیر کمتر از ۸۰ برای زاویه رنگ و مقادیر بیشتر از ۶۰ برای کروما به‌عنوان مقادیر استاندارد برای رنگ پوست پرتقال بیان شده‌اند (۳۶).

میزان شاخص‌های TSS:TA و TA, TSS

میزان TSS میوه در هر دو نوع انبار به‌ویژه در رقم شاهین افزایش یافت (جدول ۵). دلیل این افزایش تجمع بیشتر ترکیبات قندی و یا افزایش غلظت آن در نتیجه‌ی کاهش عصاره میوه طی انبارداری می‌تواند باشد (۱). افزایش میزان TSS سبب طعم مطلوب میوه در زمان مصرف می‌شود.

جدول ۳- میزان شاخص‌های L^* , a^* و b^* نارنگی‌های نوشین و شاهین در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه
Table 3- Amount of L^* , a^* , b^* indices in Noushin and Shahin mandarins at harvesting time and during common and cold storage

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	L^*		a^*		b^*	
	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
نارنگی نوشین Noushin mandarin						
0	64.24 a*	64.24 a	16.77 b	16.77 a	72.72 a	72.72 a
20	66.36 a	66.29 a	18.57 ab	15.99 a	74.18 a	74.17 a
40	64.05 a	65.74 a	21.8 a	18.71 a	74.35 a	73.36 a
60	63.35 a	64.23 a	22.36 a	20.25 a	73.62 a	75 a
نارنگی شاهین Shahin mandarin						
0	60.24 a*	60.24 a	31.82 b	31.82 a	64.21 a	64.21 a
20	58.52 a	59.23 a	31.73 b	33.50 a	63.03 a	66.55 a
40	57.26 a	62.44 a	34.04 a	34.10 a	62.00 a	64.60 a
60	58.18 a	57.93 a	34.99 a	32.15 a	64.62 a	61.61 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر صفت و رقم در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی‌داری با هم دارند

*Values in the same column for each variable and variety having different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Tukey test

جدول ۴- میزان شاخص‌های کروما، زاویه رنگ و رنگ‌گیری نارنگی‌های نوشین و شاهین در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه

Table 4- Amount of Chroma, hue and CCI indices in Noushin and Shahin mandarins at harvesting time and during common and cold storage

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	Chroma		hue		CCI	
	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
نارنگی نوشین Noushin mandarin						
0	74.69 a	74.69 a	77.14 a	77.14 a	3.54 b	3.54 a
20	76.49 a	75.99 a	75.95 a	77.90 a	3.78 ab	3.24 a
40	77.51 a	75.63 a	73.67 a	75.55 a	4.6 ab	3.92 a
60	66.84 a	76.64 a	73.47 a	74.68 a	4.72 a	4.21 a
نارنگی شاهین Shahin mandarin						
0	71.67 a	71.67 a	64.1 a	64.10 a	8.23 a	8.23 a
20	70.57 a	74.53 a	63.17 a	63.27 a	8.66 a	8.51 a
40	70.75 a	73.14 a	61.51 a	62.21 a	9.67 a	8.48 a
60	73.5 a	69.51 a	61.55 a	62.35 a	9.33 a	9.11 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر صفت و رقم در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم دارند
*Values in the same column for each variable and variety having different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Tukey test

میزان قند و اسید می‌شود (۹). کاهش میزان اسیدیته به دلیل تبدیل سیتریک‌اسید به مواد دیگر در دوره انبارداری است (۲۹). از طرفی میزان قند محلول میوه‌ها به‌طور معمول طی انبارداری افزایش می‌یابد بنابراین نسبت این دو شاخص افزایش می‌یابد.

با مشاهده داده‌های TSS:TA مشخص شد که این نسبت در پایان انبارش بالاترین بود هرچند در انبار معمولی (در نوشین با مقدار ۳۹/۶۴ و در شاهین با مقدار ۱۳/۳۴) در سطح بالاتری از سردخانه (در نوشین با مقدار ۳۱/۰۴ و در شاهین با مقدار ۱۳/۶۲) قرار داشت (جدول ۵). نگهداری میوه‌های مرکبات به مدت طولانی باعث تغییر

جدول ۵- میزان شاخص‌های TSS، TA و TSS:TA نارنگی‌های نوشین و شاهین در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه
Table 5- Amount of TSS, TA and TSS:TA indices in Noushin and Shahin mandarins at harvesting time and during common and cold storage

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	TSS (%)		TA (%)		TSS:TA	
	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
نارنگی نوشین Noushin mandarin						
0	11.53 b	11.53 b	0.57 a	0.57 a	20.43 c	20.43 c
20	12.71 a	12.29 ab	0.53 a	0.56 a	24.01 bc	22.08 bc
40	13.07 a	11.89 ab	0.48 a	0.47 ab	27.64 b	25.73 b
60	13.06 a	12.72 a	0.34 b	0.41 b	39.64 a	31.04 a
نارنگی شاهین Shahin mandarin						
0	12.62 b	12.62 c	1.42 a	1.42 a	9.00 c	9.00 c
20	12.60 b	13.60 b	1.16 b	1.23 ab	10.96 b	11.31 b
40	13.12 ab	13.87 ab	1.20 b	1.13 b	11.11 b	12.56 ab
60	14.32 a	14.61 a	1.08 b	1.09 b	13.34 a	13.62 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر صفت و رقم در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی‌داری با هم دارند
*Values in the same column for each variable and variety having different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Tukey test

همراه با شیرینی میوه است چون میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه کاهش و TSS افزایش می‌یابد (۷).

شاخص تکنولوژی یا TI

هر دو رقم نوشین و شاهین به‌طور معنی‌داری افزایش در TI طی نگهداری در سردخانه و انبار معمولی نشان دادند (جدول ۶). شاخص تکنولوژی یک شاخص مهم در صنعت مرکبات محسوب می‌شود که مقادیر بالاتر آن به معنی کیفیت خوب آب‌میوه و مناسب بودن آن رقم برای صنایع تبدیلی است (۲۳). این مقدار برای ارقامی چون پرتقال تامسون، نارنگی انشو، نارنگی یاشار به ترتیب ۴/۵۴، ۵/۱۳ و ۶/۵ گزارش شده است (۱۲ و ۳۸). میزان این شاخص در نارنگی نوشین با پرتقال تامسون و نارنگی انشو، در نارنگی شاهین به نارنگی یاشار مطابقت داشت. تعیین میزان این شاخص در ارقام جدید معرفی شده حتی در شرایط انبارداری نیز مهم است، زیرا ممکن است در زمانی که بازار از میوه اشباع بوده و قیمت پایین است از میوه‌های انباری نیز جهت صنایع آب‌میوه‌گیری استفاده شود.

میزان ضایعات و لکه‌های پوستی میوه نارنگی نوشین و شاهین

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو رقم نوشین و شاهین به‌استثنای شاهین در سردخانه میزان ضایعات بیش از ۵ درصد بود (جدول ۷). به‌طور کلی شدت و درصد لکه‌های پوستی در نارنگی شاهین بالاتر بود. در انبار معمولی نارنگی شاهین با مقدار ۳/۷۴ و ۲۶/۱۹ درصد به ترتیب از میزان شدت و درصد لکه پوستی بالایی برخوردار بودند (جدول ۸). به‌طور مشابه در گزارشی نارنگی "کلماتین نولز" لکه‌های بیشتری ناشی از عارضه فروپاشی پوست^۱ نسبت به "اوروال" نشان داد (۴۰). لکه‌های پوستی در مرکبات بستر مناسبی جهت فعالیت قارچ‌های عامل پوسیدگی هستند. به همین دلیل نارنگی شاهین که به این لکه‌ها حساس‌تر بود به همان نسبت دارای ضایعات بیشتری نیز بود. پوست نارنگی نوشین مقاومت خوبی به لکه‌های پوستی در انبار نشان داد. علت ضایعات نوشین می‌تواند شکاف‌های ریز پوستی باشد که به دلیل جدا بودن از گوشت معمولاً طی حمل‌ونقل میوه ممکن است در پوست ایجاد شود و این خود راهی برای نفوذ قارچ‌های پنیسیلیومی است.

پیگا و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی اثر انبارداری روی پرتقال‌های خونی و تامسون نشان دادند که نسبت TSS:TA میوه مرکبات طی دوره انبارداری افزایش یافت. آن‌ها بیان کردند که دمای انبار تأثیر زیادی بر روی میزان افزایش این شاخص داشته است (۳۲). نسبت قند به اسید کل، شیرینی یا ترشی میوه مرکبات را بیان می‌کند. اگر مقدار TSS:TA برای پرتقال و نارنگی در محدوده ۸ تا ۱۰ باشد میوه برای اغلب مصرف‌کنندگان ملس و مناسب خواهد بود. اگر این مقدار در محدوده بالاتر از ۱۹ تا ۲۰ قرار گیرد به خاطر شیرینی بیش از حد، میوه مورد نظر مورد استقبال اکثر مصرف‌کنندگان قرار نمی‌گیرد (۲۴).

هدایت الکتریکی یا EC عصاره میوه

در مورد همه نمونه‌های موردبررسی در این تحقیق، مقدار EC طی نگهداری در سردخانه و در انبار معمولی افزایش پیدا کرد (جدول ۶). این حالت نشان‌دهنده نرم‌تر شدن گوشت نارنگی‌ها طی دوره انبارداری می‌باشد که در مورد مرکبات، خصوصاً نارنگی، یک خصوصیت منفی محسوب می‌شود. افزایش در مقدار EC خصوصاً در نارنگی‌های نوشین و شاهین در انبار معمولی به‌مراتب بیشتر از سردخانه بود که می‌تواند نشان‌دهنده مناسب بودن سردخانه برای نگهداری این نمونه‌ها نسبت به انبار معمولی باشد. در نارنگی شاهین شاخص EC در پایان انبارش به میزان جزئی مقادیر بالاتری داشتند (جدول ۶).

میزان EC در حقیقت بیان‌کننده میزان نشت سلولی در فضای بین سلولی است که در طول رسیدن و انبارداری افزایش می‌یابد (۱۴). این شاخص برآوردی از میزان عناصر معدنی چون منیزیم، پتاسیم و فسفر محلول در آب‌میوه نیز می‌باشد. به همین دلیل از آن به‌عنوان شاخص فیزیکی بلوغ و یا شاخص کیفی مناسب برای میوه‌های انباری نیز یاد می‌شود. این شاخص به‌طور غیرمستقیم میزان نرم و آبکی شدن میوه طی فرآیند پیری را بیان می‌کند (۱۱).

pH عصاره میوه

بطور کلی میزان pH نمونه‌ها طی نگهداری افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). در نارنگی شاهین سطح pH در پایان انبارداری کمتر از نوشین بود؛ بدین معنا که اسیدیته آن بالاتر بود. میزان pH با اسیدیته رابطه عکس دارد و هرچه pH کمتر باشد میزان اسیدیته‌های آلی موجود در مرکبات بیشتر است. پر مقدارترین اسید آلی موجود در مرکبات سیتریک اسید است (۱۱ و ۴۱). اسیدیته‌های آلی معمولاً در میوه‌های بالغ و یا میوه‌هایی که در مراحل اولیه رسیدن هستند کم بوده و طی نگهداری در انبار نیز تا مدتی پایدار می‌ماند. در حالتی که میوه‌ها به‌طور رسیده برداشت می‌شوند سطح pH افزایش می‌یابد که

جدول ۶- میزان EC، pH و TI نارنگی‌های نوشین و شاهین در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه
Table 6- Amount of EC, pH and TI in Noushin and Shahin mandarins at harvesting time and during common and cold storage

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	هدایت الکتریکی EC (ms.cm)		pH		شاخص تکنولوژی TI (%)	
	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
نارنگی نوشین Noushin mandarin						
0	2.18 b*	2.18 b	4.40 d	4.40 c	4.16 b	4.16 b
20	2.13 b	2.20 b	4.60 c	4.47 c	4.88 a	4.26 b
40	2.48 a	2.28 b	4.87 b	4.78 b	5.02 a	4.50 ab
60	2.51 a	2.74 a	5.51 a	5.33 a	4.79 a	4.92 a
نارنگی شاهین Shahin mandarin						
0	2.13 b*	2.13 a	3.69 b	3.69 b	6.29 ab	6.29 b
20	2.17 ab	2.07 a	3.99 a	4.37 a	6.53 ab	6.46 b
40	2.44 a	2.27 a	3.74 b	3.76 b	6.15 b	7.09 a
60	2.40 ab	2.28 a	3.82 ab	3.80 b	6.96 a	7.09 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر صفت و رقم در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی‌داری با هم دارند
*Values in the same column for each variable and variety having different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Tukey test

جدول ۷- میزان ضایعات نارنگی‌های نوشین و شاهین طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه
Table 7- Losses amount of Noushin and Shahin mandarins during common and cold storage

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	ضایعات میوه نوشین (%) Noushin fruit losses		ضایعات میوه شاهین (%) Shahin fruit losses	
	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
20	6.00 a*	2.08 a	0.00 b	0.00 a
40	4.59 A	5.16 a	2.15 ab	1.07 a
60	5.77 A	5.38 a	5.08 a	2.51 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی‌داری با هم دارند
*Values in the same column for each variable having different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Tukey test

جدول ۸- شدت و درصد لکه‌های پوستی نارنگی‌های نوشین و شاهین در پایان انبارداری در انبار معمولی و سردخانه
Table 8- Skin disorder index and percentage of Noushin and Shahin mandarins at the end of common and cold storage

رقم Variety	نوع انبار Storage type	شدت لکه پوستی Skin disorder index	درصد لکه پوستی Rind disorder percent
نارنگی نوشین Noushin mandarin	انبار معمولی Common S.	0.01 ± 0.01*	1.33 ± 1.15
	سردخانه Cold S.	0.05 ± 0.05	4.67 ± 4.16
نارنگی شاهین Shahin mandarin	انبار معمولی Common S.	3.74 ± 5.93	26.19 ± 11.1
	سردخانه Cold S.	2.3 ± 2.43	18.09 ± 1.65

*Mean ± Sd

میزان فنل کل میوه

در تحقیق حاضر میزان ترکیبات فنلی در کل نارنگی‌های مورد بررسی طی نگهداری در سردخانه و انبار کاهش پیدا کرد که میزان این کاهش کاملاً وابسته به نوع رقم بود چراکه میزان کاهش ترکیبات فنلی نارنگی شاهین نسبت به رقم نوشین بیشتر بود (جدول ۹). به

نظر می‌رسد مقدار ترکیبات فنلی مرکبات بسته به عواملی چون نوع رقم، زمان برداشت و شرایط نگهداری میوه‌ها متفاوت است (۱۷). همچنین میزان کاهش در سردخانه کمتر از انبار معمولی بود (جدول ۹)؛ به دلیل اینکه میوه‌های نگهداری شده در شرایط دمایی پایین با تولید بیشتر فنل در مواجهه با تنش دمایی سطح بالای فنل را حفظ می‌کنند. بدین‌صورت که ترکیب ال-فنیل آلانین توسط آنزیم PAL

به ترانس-سینامیک اسید تبدیل شده که با هیدروکسیلاسیون و یا (۳۰).
متیلاسیون این ماده سایر اسیدهای هیدروسینامیک تولید می‌شود

جدول ۹- میزان فنل کل و ویتامین C میوه نارنگی نوشین و شاهین در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه

Table 9- Amount of total phenol and vitamin C in Noushin and Shahin mandarins at harvesting time and during common and cold storage

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	فنل کل پوست Peel phenolics (mg.g ⁻¹ FW)		فنل کل گوشت Pulp phenolics (mg.g ⁻¹ FW)		ویتامین C گوشت Pulp vitamin C (mg.100g ⁻¹ FW)	
	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
نارنگی نوشین Noushin mandarin						
0	0.46 a	0.33 a	0.34 a	0.38 a	25.33 a	30.00 a
20	0.47 a	0.32 b	0.31 a	0.36 b	23.67 a	24.67 a
40	0.34 b	0.18 c	0.30 a	0.33 c	15.33 ab	21.00 ab
60	0.23 b	0.13 d	0.22 b	0.27 d	9.33 b	14.33 b
نارنگی شاهین Shahin mandarin						
0	0.41 a	0.41 a	0.153 b	0.153 b	58.30 a	58.3 a
20	0.37 a	0.39 a	0.143 d	0.148 c	66.55 a	58.05 a
40	0.40 a	0.36 a	0.147 c	0.17 a	63.80 a	69.8 a
60	0.38 a	0.35 a	0.163 a	0.153 b	71.80 a	58.55 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر صفت و رقم در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی‌داری با هم دارند

*Values in the same column for each variable and variety having different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Tukey test

بودن میزان ویتامین ث در گوشت میوه نارنگی شاهین است که به‌ندرت در نارنگی‌ها چنین مقداری گزارش شده است. در جدول ۹ بین ۵۸ تا حدود ۷۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه آمده است.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت میوه

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هر دو رقم نارنگی با گذشت از زمان برداشت در هر دو بافت پوست و گوشت میوه روند کاهشی داشت (جدول ۱۰). فعالیت آنتی‌اکسیدانی DPPH رابطه مستقیمی با وجود ترکیبات فنلی چون کافئیک‌اسید، پی-کوماریک اسید و سیناپیک اسید که آب‌دوست هستند (تعداد گروه هیدروکسیل مؤثر است) دارد (۳۴). بر اساس داده‌های جدول ۹، میزان آسکوربیک اسید نقش زیادی در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نداشته است چرا که رابطه سینرژیک بین آسکوربیک اسید و ترکیبات فنلی نیز گزارش شده است (۲۱). کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه مرکبات در ضمن نگهداری طولانی مدت را به کاهش ترکیبات فنلی و ویتامین C در آن‌ها نسبت دادند (۱۵). همچنین احتمالاً به تغییر میزان ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط می‌شود که نتیجه تغییرات متابولیکی و شدت تنفس طی دوره انبارداری است (۳۳).

به‌طور مشابه اسکارپا^۱ و همکاران (۲۰۰۱) نیز بیان کردند که کاهش فنل کل تحت تأثیر زمان و دمای نگهداری قرار دارد، طوری که با نگهداری ۶ ماهه آب‌پرتقال در دمای پایین مقدار فنل کل ۱۰-۲۰ درصد کاهش یافت (۱۰). لوسکالزو و همکاران (۲۰۰۴) دلیل کاهش ترکیبات فنلی طی انبارداری را به فرآیند پیری نسبت داده‌اند (۲۶) چراکه اسید فرولیک و کوماریک به پی-ونیل‌گایاکول^۲ و پی-ونیل‌فنل^۳ (علت بدطعمی میوه‌ها در انبارداری طولانی) در مرحله پیری میوه تبدیل می‌شود (۳۵).

میزان ویتامین C میوه

بر اساس داده‌های جدول ۹ مشخص شد که در نارنگی نوشین میزان ویتامین ث طی نگهداری در هر دو انبار کاهش یافتند؛ هرچند مقدار آن در انبار معمولی با مقدار ۹/۳۳ میلی‌گرم در گرم کمترین بود. در این راستا گزارش‌هایی در دست است که پرتقال تامسون ناول کاهشی ۶۰ درصدی و پرتقال والنسیا با بالغ شدن و طی انبار طولانی مدت کاهش در ویتامین C نشان دادند (۱ و ۲۸). نکته قابل توجه بالا

- 1- Escarpa et al
- 2- P-vinylguaiacol
- 3- P-vinylphenol

جدول ۱۰- میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی پوست و گوشت میوه نارنگی نوشین و شاهین در زمان برداشت و طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه

Table 10- Peel and pulp antioxidant capacity of Noushin and Shahin mandarins at harvesting time and during common and cold storage

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	ظرفیت آنتی اکسیدانی پوست (%) Peel antioxidant capacity (%)		ظرفیت آنتی اکسیدانی گوشت (%) Pulp antioxidant capacity (%)	
	انبار معمولی Common S.		سردخانه Cold S.	
	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	انبار معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
نارنگی نوشین Noushin mandarin				
0	77.35 a*	72.68 a	69.51 a	56.58 b
20	75 a	70.75 ab	67.04 a	61.81 a
40	65.62 a	68.02 b	53.01 b	48.77 c
60	46.2 b	47.97 c	40.9 c	40.62 d
نارنگی شاهین Shahin mandarin				
0	29.84 b*	29.84 c	38.76 b	38.76 a
20	45.18 ab	58.74 a	45.66 a	40.31 a
40	52.26 ab	49.87 b	42.09 ab	44.26 a
60	55.41 a	62.15 a	39.54 b	41.47 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت برای هر صفت و رقم در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی‌داری با هم دارند

*Values in the same column for each variable and variety having different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Tukey test

آنالیز حسی میوه

داده‌ها نشان داد که میزان تغییر و یکسان نبودن امتیازات (فرض H_1) در خصوص نارنگی نوشین طی نگهداری در انبار معمولی در مورد صفات وضعیت ظاهری پوست و گوشت میوه، عطر، طعم و بدطعمی میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. این ویژگی‌ها در میوه شاهین به‌استثنای طعم آن در انبار معمولی و ظاهر پوست در سردخانه نیز تغییر معنی‌داری داشت. بدین‌صورت که ضمن افزایش امتیاز بدطعمی میوه به‌ویژه در روزهای ۴۰ و ۶۰ انبارداری سایر ویژگی‌ها نیز تا پایان انبارداری امتیاز کمتری گرفتند. میوه‌های قرار داده شده در سردخانه در روز ۴۰ انبارداری نیز امتیاز در حد رضایت‌بخش برخلاف انبار معمولی (عمدتاً تا روز ۲۰ انبارداری) را داشتند (جدول ۱۱).

از نظر صفات شیرینی، ترشی و تلخی فقط امتیازات نارنگی شاهین و آن‌هم در سردخانه تفاوت معنی‌دار داشت. از نظر اعضای پتل میزان تلخی میوه‌ها طی انبارداری افزایش یافته است. در مجموع بر اساس امتیازات مربوط با شاخص پذیرش کلی میوه، نارنگی نوشین در شرایط انبار معمولی نسبت به سردخانه مورد قبول قرار نگرفت. نارنگی شاهین در هر دو شرایط نگهداری در پایان انبارداری امتیاز در حد رضایت‌بخش کسب نمودند (جدول ۱۱). بر اساس نتایج ارزیابی حسی نارنگی نوشین بیشتر از ۲۰ روز قابلیت نگهداری در انبار معمولی ندارد درحالی‌که در سردخانه کیفیت آن بهتر حفظ می‌شود. نارنگی

شاهین قابلیت نگهداری بیش از ۴۰ روز در انبار معمولی و سردخانه را ندارد. هم‌چنین مشخص شد که این ارقام جدید نیز همانند سایر نارنگی‌ها برای نگهداری طولانی‌مدت به ویژه در انبار معمولی مناسب نیستند. ویژگی‌های ظاهری نارنگی‌ها (لکه‌های پوستی) به‌ویژه در نارنگی شاهین در اواخر دوره نگهداری به میزان زیادی کاهش پیدا کرد که نشان‌دهنده کاهش کیفیت ظاهری و در نتیجه کاهش رقبت مصرف‌کنندگان به خرید این نارنگی در پایان دوره نگهداری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نارنگی نوشین به رطوبت کم انبار حساس بوده و آب از دست‌دهی بالایی دارد. هم‌چنین به دلیل زودرس بودن، میزان TSS:TA آن طی انبارداری به‌سرعت افزایش می‌یابد. از طرفی پوست میوه شاهین به‌شدت به لکه‌های پوستی حساس بوده و نباید در انبار با دما و رطوبت پایین نگهداری شوند. بر اساس ارزیابی‌های فیزیکیوشیمیایی و حسی، نارنگی نوشین قابلیت نگهداری حداکثر ۲۰ روز و شاهین حداکثر ۴۰ روز در انبار را دارند و همانند سایر نارنگی‌ها برای نگهداری طولانی‌مدت به ویژه در انبار معمولی مناسب نیستند.

جدول ۱۱- نتایج ارزیابی حسی میوه‌های نارنگی نوشین و شاهین طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه

Table 11- Results of Sensory evaluation of Noushin and Shahin mandarins at harvesting time and during common and cold storage

مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	ظاهر پوست Peel appearance		ظاهر گوشت Pulp appearance		عطر Aroma		طعم Flavor		بدطعمی Off-flavor	
	انبار		انبار		انبار		انبار		انبار	
	معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	معمولی Common S.	سردخانه Cold S.	معمولی Common S.	سردخانه Cold S.
نارنگی نوشین Noushin mandarin										
0	7.33 ± 2.08*	7.33 ± 2.08	7.33 ± 0.58	7.33 ± 0.58	6.33 ± 1.53	6.33 ± 1.53	8 ± 1	8 ± 1	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58
20	6.33 ± 0.58	7 ± 1	6.67 ± 0.58	7.33 ± 0.58	5.33 ± 1.15	5.67 ± 0.58	6.67 ± 1.53	7.67 ± 0.58	2 ± 0.00	1.33 ± 0.58
40	5 ± 1	6 ± 1	4.67 ± 0.58	6.67 ± 0.58	4.67 ± 1.15	5.33 ± 1.15	5.33 ± 0.58	7 ± 1	3.33 ± 0.58	2 ± 1
60	3.33 ± 0.58	6 ± 1	3.33 ± 0.58	5.67 ± 0.58	4 ± 0.00	5 ± 0.00	3.33 ± 0.58	6.67 ± 1.15	4.33 ± 1.15	3 ± 1
Chi-square	7.18	1.39	8.79	7.2	4.04	2.63	8.46	4.6	8.57	7.2
Sig	0.066	0.71	0.03	0.07	0.26	0.45	0.037	0.2	0.036	0.066
نارنگی شاهین Shahin mandarin										
0	7.11 ± 1.9	7.11 ± 1.9	8.89 ± 0.93	8.89 ± 0.93	6.89 ± 0.93	6.89 ± 0.93	6.22 ± 2.05	6.22 ± 2.05	2 ± 1.94	2 ± 1.94
20	7.67 ± 0.71	7.67 ± 1	8.44 ± 0.73	8.56 ± 1.01	7.11 ± 1.05	7.56 ± 0.88	6.33 ± 1.58	7.56 ± 1.01	1.44 ± 1.01	1.22 ± 0.44
40	7.67 ± 1.32	7.44 ± 1.13	7.44 ± 1.24	7.67 ± 1.22	6.33 ± 0.87	6.44 ± 0.73	6.67 ± 0.5	6.56 ± 0.88	1.78 ± 0.97	1.78 ± 1.39
60	4.44 ± 1.88	6.33 ± 2.12	5.67 ± 1.58	5.78 ± 2.22	4.11 ± 1.61	4.44 ± 1.81	5.11 ± 1.83	5.33 ± 2	4.56 ± 2.4	3.78 ± 3.03
Chi-square	11.89	4.38	16.68	18.96	16.82	15.67	4.78	11.51	14.2	11.34
Sig	0.008	0.22	0.001	0.000	0.001	0.001	0.19	0.009	0.003	0.01

* Mean ± Sd

ادامه جدول ۱۱- نتایج ارزیابی حسی میوه‌های نارنگی نوشین و شاهین طی نگهداری در انبار معمولی و سردخانه

Continued Table 11- Results of Sensory evaluation of Noushin and Shahin mandarins at harvesting time and during cold and common storage

نارنگی نوشین Noushin mandarin								
مدت انبارداری (روز) Storage period (day)	شیرینی Sweetness		ترشی Sourness		تلخی Bitterness		پذیرش کلی Acceptance	
	انبار معمولی		انبار معمولی		انبار معمولی		انبار معمولی	
	Common S.	Cold S.	Common S.	Cold S.	Common S.	Cold S.	Common S.	Cold S.
0	8 ± 1*	8 ± 1	1.33 ± 0.58	1.33 ± 0.58	1 ± 0.00	1 ± 0.00	7 ± 0.00	7 ± 0.00
20	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	1 ± 0.00	1 ± 0.00	1.67 ± 1.15	1 ± 0.00	6 ± 1	6.67 ± 0.58
40	8.33 ± 0.58	8 ± 0.00	1 ± 0.00	1.33 ± 0.58	3.33 ± 0.58	1.67 ± 1.15	4.67 ± 0.58	6 ± 1
60	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	1 ± 0.00	1.33 ± 0.58	4 ± 1	2 ± 1	2.33 ± 1.53	6 ± 1
Chi-square	3	2	3	1.29	7.17	3.8	8.46	4.5
Sig	0.39	0.57	0.392	0.73	0.067	0.28	0.037	0.21
نارنگی شاهین Shahin mandarin								
0	5.33 ± 1.94	5.33 ± 1.94	3.22 ± 1.98	3.22 ± 1.99	1 ± 0.00	1 ± 0.00	6.56 ± 1.59	6.56 ± 1.59
20	6.78 ± 0.83	6.56 ± 2.18	2.11 ± 1.96	1.78 ± 0.83	1.11 ± 0.33	1.67 ± 1.66	6.67 ± 1.22	7.11 ± 1.17
40	6.22 ± 2.17	6.33 ± 2.12	1.44 ± 0.73	1.67 ± 0.71	1.33 ± 0.71	1.33 ± 0.71	6.22 ± 0.67	6.22 ± 0.97
60	4.89 ± 2.03	4.78 ± 1.86	1.89 ± 1.36	1.56 ± 0.88	2 ± 0.87	2 ± 0.71	3.89 ± 1.27	4.67 ± 1.94
Chi-square	5.57	7.99	5.32	9.38	11.49	10.68	14.57	15.83
Sig	0.13	0.05	0.15	0.02	0.009	0.01	0.002	0.001

*Mean ± Sd

سیاسگزاری

نیمه گرمسیری (رامسر) است که از حمایت مالی آن واحد سیاسگزاری می‌شود.

این مقاله بخشی از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۹۱۱۴۳-۱۷۱۴-۱۷ پژوهشکده مرکبات و میوه‌های

منابع

- 1- Abdul-Fatawu A., Adjei Y., and Sadick M. 2014. Effect of maturity stage and storage duration on physico-chemical properties of citrus (*Citrus sinensis* var. late Valencia). Faculty of Agribusiness and Communication Sciences, University for Development Studies, Ghana.
- 2- Agricultural products statistics. 2015. Planning, Economy, Information and Communication of Technology Center. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. (in Persian)
- 3- Alferez F. 2005. Low relative humidity at harvest and before storage at high humidity influence the severity of postharvest peel pitting in citrus. *Horticultural Science*, 130(2): 225-231.
- 4- Alirezanezhad A., and Ramin A. 2006. Effect of 8 citrus rootstock types on storage life of Marsh and Robby red garpefruit varieties. *Journal of Agricultural Science of Iran*, 37 (3):443- 455. (in Persian)
- 5- Bor J.Y., Chen H.Y., and Yen G.C. 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54: 1680- 1686.
- 6- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., and Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebens Wissen and Technology*, 28: 25-30.
- 7- Cepeda J.S., Bringas E., and Balz M. 1993. Ascorbic acid and quality losses of Valencia oranges stored on trees. *Horticulture Science*, 28:581.
- 8- Dou H., and Gmitter F. 2007. Postharvest quality and acceptance of LB8-9 Mandarin as a New Fresh Fruit Cultivar. *Horticulture Technology*, 17(1): 72-77.
- 9- Echeveria E.D., and Valich J. 1988. Carbohydrate and enzyme distribution in protoplasts from 'Valencia' orange juice sac. *Phytochemistry*, 27:73-76.
- 10- Escarpa A., and Gonzahes M.C. 2001. Approach to the content of total extractable phenolic compounds from different food samples by comparison of chromatographic and spectrophotometric methods. *Analytica Chimica Acta*, 427: 119-127.
- 11- Esteve M.J., Frigola A., Rodrigo C., and Rodrigo D. 2005. Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish refrigerated orange juices. *Food and Chemical Toxicology*, 43: 1413-1422.
- 12- Fatahi Moghadam J., Madani S., Seyed Ghasemi S.E., Kiaeshkvarian M., Mohamadalyan Y., Golain B., Shavakhi F., Najafi K., and Yazdanparast J. 2016. Investigation of harvesting time and storage potential of new mandarins based on physicochemical characteristics and nutrition value. Final Report of Project. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran Citrus Research Institute. (in Persian with English abstract)
- 13- FAO. 2015. Citrus fruit fresh and processed annual statistics. Commodities and Trade Division, FAO of the UN, Rome.
- 14- Feng G.H., and Yangb Y.L. 2005. Kinetics of relative electrical conductivity and correlation with gas composition in modified atmosphere packaged bayberries (*Myrica rubra*). *LWT- Food Science and Technology*, 38: 249-254.
- 15- Gardner P.T., White T.A.C., Mcphail D.B., and Duthie G.C. 2000. The relative contribution of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, 68: 471-474.
- 16- Golein B., Mohamad-Aliyan Y., Ebrahimi Y., and Nazerian F. 2012. Introduction of Yashar as late ripening mandarin. *Journal of Research findings in Crops and Horticultural Plants*, 1: 11-25. (in Persian)
- 17- Gorinstein S., Martin-Belloso O., Park Y., Haruenkit R., Lojek A., Ciz M., Caspi A., Libman I., and Trakhtenberg S. 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry*, 74: 309-315.
- 18- Iqbal M., Khan M.N., Zafar M., and Munir M. 2012. Effect of harvesting date on fruit size, fruit weight and total soluble solids of feutrell's early and kinnow cultivars of Mardan (*Citrus reticulata*) on the economic conditions of farming community of Faisalabad. *Sarhad Journal of Agriculture*, 28(1): 19-21.
- 19- Jahangirzadeh E., Rastegar H., Hayatbakhsh E., and Mohamad-Aliyan Y. 2009: Selection from F1 progenies hybrid of sweet orange × clementine and evaluation of their clematical adaptation in North and South of Iran (second stage). Final report of project. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran Citrus Research Institute, 47-17-17-93103. (in Persian with English abstract)
- 20- Jimenez C.M., Cuquerella J., and Martinez-Javaga J.M. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, 2: 750-753.
- 21- Kahkonen M.P., Hopia A.I., and Heinonen M. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of*

- Agricultural and Food Chemistry, 49: 4076- 4082.
- 22- Karadeniz F. 2004. Main organic acid distribution of authentic citrus juices in Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28: 267-271.
- 23- Kluge R.A., Luiza M., Jomori L., Jacomino A.P., Carolina M., Vitti D., and Padula M. 2003. Intermittent warming in 'Tahiti' lime treated with an ethylene Inhibitor. Postharvest Biology and Technology, 29: 195-203.
- 24- Ladaniya M.S. 2008. Citrus fruit biology, technology, and evaluation. Academic Press is an imprint of Elsevier. USA, pp: 593.
- 25- Ladaniya M.S. 2011. Physico-chemical, respiratory and fungicide residue changes in wax coated mandarin fruit stored at chilling temperature with intermittent warming. Journal of Food Science Technology, 48(2): 150-158.
- 26- Loscalzo R., Innocari T., Summa C., Morelli R., and Rapisarda P. 2004. Effect of thermal treatment on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. Food Chemistry, 85: 41-47.
- 27- Meyers K.J., Watkins C.B., Pritts M.P., and Liu R.H. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 6887-6892.
- 28- Mohammad Hosseini Z., Hashemi M., Mohammadi A., Badie F., Eshghi S., Ahmadi K., and Ghanati K. 2013. Study on bioactive compounds and antioxidant activity of Thomson navel orange during storage. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 1: 209- 217. (in Persian)
- 29- Murata T. 1977. Studies on the postharvest physiology and storage of citrus fruit. VII. Acid metabolism in 'Satsuma' mandarin fruit during storage. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 46: 283-287.
- 30- Naczek M., and Shahidi F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 41: 1523-1542.
- 31- Obeland D., Collin S., Sievert J., and Arpaia M.L. 2013. Mandarin flavor and aroma volatile composition are strongly influenced by holding temperature. Postharvest Biology and Technology, 82: 6-14.
- 32- Piga A., Aquino D., and Agabbio M. 2000. Influence of cold storage and shelf-life on quality of Salustiana, orange fruits. Fruits, 55: 37-44.
- 33- Plaza L., Crespo I., de Pascual-Teresa S., De Ancos B., Sanchez-Moreno C., Muoz M., and Cano M.P. 2011. Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage. Food Chemistry, 124: 646-51.
- 34- Puttongsiri T., and Haruenkit R. 2010. Changes in ascorbic acid, total polyphenol, phenolic acids and antioxidant activity in juice extracted from coated Kiew Wan tangerine during storage at 4, 12 and 20°C. Journal of Natural Sciences, 44: 280 – 289
- 35- Rapisarda P., Bellomo S.E., and Intelisano S. 2001. Storage temperature effect on blood orange fruit quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 3230-3235.
- 36- Roux S., and Barry G. 2006. Preharvest manipulation of rind pigments of *Citrus* spp. MS Thesis, Department of Horticultural Science, and Stellenbosch University.
- 37- Sadka A., Dahana E., Cohena L., and Marsh K.B. 2000. Aconitase activity and expression during the development of lemon fruit. Physiologia Plantarum, 108: 255-262.
- 38- Taheri H., Fattahi-Moghadam J., Mohammad-Alian Y., Seyed-Ghasemi S.E., Shabanian Z., Jourbonian I., Najafi K., and Shishegaran A. 2014. Study of the fungicide (Paya) effect on citrus fruit rots and quality in storage. Final report of project. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran Citrus Research Institute. (in Persian with English abstract)
- 39- Tietel Z., Plotto A., Fallik E., Lewinsohn E., and Porat R. 2010. Taste and aroma of fresh and stored mandarins. Journal of Science Food and Agriculture, 91: 14-23.
- 40- Van Rensburg P.J.J., and Bruwer M. 2000. Factors influencing rind breakdown of 'Clementine' mandarin fruit. Proceedings of the International Society of Citriculture, 3:1173.
- 41- Wutscher H.K., and Bowman K.D. 1999. Performance of 'Valencia' orange on 21 rootstock in central Florida. Horticultural Science, 34: 622-644.



Evaluation of Physico-biochemical Characteristics of Fruits in New Varieties of Noushin and Shahin Mandarins During Storage

J. Fatahi Moghadam^{1*} S. E. Seyed Ghasemi²- K. Najafi³

Received: 29-01-2017

Accepted: 30-08-2017

Introduction: According to a breeding program that was carried out in Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Noushin (*C. reticulata* cv Clementine × *C. sinensis* cv. Salustiana) and Shahin (*C. reticulata* cv Clementine × *C. sinensis* cv. Hamlin) mandarins were released by using crossing method in 20-year program. In general, mandarins do not have the ability of being kept in common or cold storage for long time compared to oranges. The main problem is the change of fruit taste during storage, therefore, it is an attracted subject for researchers. Furthermore, storage temperature plays an important role in the quality of the taste of mandarins. The new released mandarins, which have not been yet studied completely for their storability, need to be evaluated. Therefore, the aim of this study was to investigate fruit physico-chemical and sensory characteristics of Noushin and Shahin varieties in common and cold storages for two years.

Materials and Methods: In this study, fruits of Noushin and Shahin mandarins were harvested at seasonal harvesting time and then placed in cold storage (5 °C and 85% RH) and common storage (7-10 °C and 60-70 %RH) based on completely randomized design with three replications for 60 days every year. Fruits on days 0 (at harvesting time), 20, 40 and 60 of storage were sampled. Various physico-chemical and sensory characteristics were evaluated including juice percentage, weight loss, peel color indices (L*, a*, b*, hue angle, chroma and CCI), total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), technological index (TI), skin disorder index (SDI), pH, electrical conductivity (EC), total phenolic, ascorbic acid, antioxidant capacity and sensory parameters during experiment. Statistical analysis of the data was performed using statistical software MSTAT-C. Analysis of variance combined in a randomized complete design (two years) with three replications for each variety.

Results and Discussion: The results showed that the amount of fruit weight loss and juice percentage did not show significant changes during storage. The ranges of weight loss in Noushin and Shahin varieties were 7-8% and 3.45-5.1%, respectively. Generally, peeling in Shahin was harder than Noushin but it gradually decreased until the end of storage. With the exception of citrus color index (CCI) in Noushin that was high at the beginning of storage, other color indices had no significant differences according to the type of variety and storage. Totally, TSS: TA ratio increased during storage depending on the type of storage, so that the ratio was higher (Noushin with 39.64 and Shahin with 13.34) in common storage than cold storage (Noushin with 31.04 and Shahin with 13.62) at the end of storage. Amount of electrical conductivity (EC) and technological index (TI) increased significantly in both varieties and storages. Shahin variety with 3.74 and 26.19% was so sensitive to rind disorder index and rind disorder percentage, respectively. Phenolic compounds in both varieties declined during both cold and common storages. The amount of reduction depends on the type of mandarin, with Shahin showing higher decline than Noushin variety. Besides, the content of ascorbic acid and antioxidant capacity in both peel and pulp showed a decreasing pattern with the passing of harvesting time during storage. According to sensory analysis, Noushin fruit can be stored in common storage for 20 days and in cold storage for 40 days. Moreover, results revealed that Shahin fruits did not have storability more than 40 days in common and cold storages.

Conclusion: Generally, Noushin variety was sensitive to low moisture of the storage and fruits lost extra moisture during storage. Since Noushin was an early ripening variety, TSS: TA ratio increased rapidly at the end of storage. Although Noushin had the lowest ascorbic acid content but its fruit antioxidant capacity was higher than shahin at the end of storage. On contrast, Shahin was a mid-ripening variety with higher ascorbic acid content. On the other hand, shahin peel was so sensitive to skin disorder index (SDI), therefore it should not be maintained in low moisture and temperature storage. Based on sensory analysis and physicochemical measurements, Noushin can be stored for 20 days and shahin for 40 days in common and cold storage. Finally, we found that Noushin and Shahin cannot be maintained in storage longer than other mandarins.

Keywords: Mandarin, Noushin, Quality, Shahin, Storage

1, 2 and 3- Assistant Professor, Master Science and Bachelor, Horticultural Science Research Institute, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: j.fattahi@areeo.ac.ir)



کاربرد پس از برداشت پلی آمین اسپرمیدین در شرایط غوطه‌وری بر کیفیت انبارمانی و عمر قفسه‌ای میوه انبه (*Mangifera indica* L.)

مرجان السادات حسینی^۱ - سید مرتضی زاهدی^{۲*} - مهدیه کریمی^۳ - اصغر ابراهیم زاده^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۲

چکیده

این پژوهش به منظور تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر کیفیت و عمر پس از برداشت یک رقم انبه محلی میناب صورت گرفت. در این بررسی میوه‌ها با پلی آمین اسپرمیدین در غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار به روش غوطه‌وری به مدت ۳۰ دقیقه تیمار و سپس به مدت ۲۴ روز در انبار با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۵-۹۰ درصد نگهداری شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. اندازه‌گیری صفات در زمان‌های صفر، ۸ و ۱۶ روز انجام گرفت و صفاتی از قبیل تغییرات وزن، سفتی، شاخص طعم، میزان فنل، ویتامین ث، ویژگی‌های کیفی (پی‌اچ، اسیدیته قابل تتراسیون و مواد جامد محلول) و ارزیابی حسی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که میوه‌های شاهد، وزن، سفتی و کیفیت ظاهری و بیوشیمیایی کمتری در مقایسه با بقیه تیمارها نشان دادند. تیمار اسپرمیدین به ویژه غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین در طول دوره انبارمانی سبب حفظ ویتامین ث و کاهش از دست دادن آب میوه از طریق پوست و کند کردن روند تغییرات پی‌اچ، اسیدیته قابل تتراسیون، مواد جامد محلول کل شد. همچنین میوه‌های این تیمارها میزان فنل، رنگ، مزه، شاخص طعم و عطر مطلوب‌تری داشتند.

واژه‌های کلیدی: انبه، انبارمانی، پلی آمین، غوطه‌وری، فنل

مقدمه

انبه (*Mangifera indica* L.) یک میوه گرمسیری بومی هند می‌باشد که در سال ۲۰۱۴ تولید جهانی آن نزدیک به ۴۵ میلیون تن رسید (۱۲). انبه از نظر ارزش غذایی سرشار از فیبر، ویتامین ث، پلی‌فنول‌ها و کارتنوئیدها است و علاوه بر مصرف تازه‌خوری و آبمیوه، به عنوان طعم دهنده، رنگ و اسانس در صنایع غذایی کاربرد دارد. در ایران کشت انبه محدود به استان‌های جنوب کشور است و استان هرمزگان با سطح زیر کشت ۲۰۴۴ هکتار بالاترین سطح زیر کشت در کل کشور دارا می‌باشد (۱).

انبه از جمله میوه‌های فرازگرا است و رسیدگی آن به وسیله اتیلن برون‌زاد یا درون‌زاد صورت می‌گیرد. در طول رسیدن میوه انبه

تغییرات مختلف کیفی و تغذیه‌ای از جمله تغییر در رنگ، نرم شدن بافت، تجمع قندها، اسیدهای آلی، افزایش طعم و مزه، عطر و مواد بیوشیمیایی گیاهی صورت می‌گیرد (۴۱). انبه یک میوه سرشار از منابع ویتامین ث می‌باشد به طوری که مصرف روزانه یک عدد می‌تواند نیاز روزانه یک فرد بالغ را به طور کامل رفع کند (۴۲). دوره انبارداری برای میوه انبه می‌تواند یک دوره تنش‌زا به دلیل افزایش فرآیندهای اکسیداسیون محسوب شود و به دلیل ایجاد تغییرات ظاهری و بیوشیمیایی نامطلوب از جمله کاهش ویتامین ث، نرم شدن و فساد، بررسی روش‌های افزایش ماندگاری این میوه از اهمیت بالایی برخوردار است (۴۱). پیشنهاد شده است که روش‌های جلوگیری از افزایش اتیلن در میوه می‌تواند عمر پس از برداشت میوه‌های فرازگرا را افزایش دهد (۳۹). روش‌های تجاری گوناگونی برای کاهش اتیلن برون‌زاد از جمله اتمسفر کنترل شده (۴۸) انجام شده است. اما جلوگیری از تولید اتیلن درون‌زاد میوه، نیاز به شناسایی و کاربرد ترکیبات شیمیایی ویژه و بدون خطر برای سلامتی انسان دارد.

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی،

دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۲ و ۴- استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

(*)- نویسنده مسئول: S.M.Zahedi@maragheh.ac.ir (Email: S.M.Zahedi@maragheh.ac.ir)

۳- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا،

همدان

رسیده) از یک باغ انبه در میناب (استان هرمزگان) تهیه و بلافاصله به آزمایشگاه مرکزی پارک علم و فناوری در شهر همدان منتقل گردید. این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید عامل اول شامل غلظت‌های مختلف اسپرمیدین (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و عامل دوم زمان‌های مختلف انبارمانی (صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ روز) بود. میوه‌های سالم و یکنواخت از لحاظ اندازه، شکل، رنگ و درجه رسیدگی انتخاب گردیدند و پس از شستشو با آب و خشک کردن، ویژگی‌های اولیه ظاهری و شیمیایی برای روز صفر اندازه‌گیری شدند.

محلول‌های تیمار در مقادیر صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین (SIGMA) ساخته شد. برای تیمار شاهد نیز از یک لیتر آب مقطر استفاده شد. نمونه‌ها تحت تیمار یک بار غوطه‌وری به مدت ۳۰ دقیقه داخل محلول اسپرمیدین قرار گرفتند. مدت زمان انبارمانی ۲۴ روز، دمای انبار ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری‌ها در روزهای صفر، ۸، ۱۶ و ۲۴ انجام گردید که شامل:

تغییرات وزن

میوه‌های انبه در هر تیمار با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم قبل از شروع آزمایش و نیز به فواصل معین در طول نگهداری در انبار وزن شدند و درصد کاهش وزن از طریق رابطه زیر به دست آمد (۳۸):

$$100 \times (\text{وزن اولیه} / \text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد کاهش وزن}$$

سفتی

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج^۴ مدل (OSK-10576) اندازه گرفته شد. میزان فشار دستگاه بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع محاسبه شد (۱۵).

فنل کل

جهت تعیین محتوای فنل کل بافت میوه، از معرف فولین-سیکالتو^۵ استفاده شد. از ترکیب مقدار نیم گرم از بافت میوه با ۳ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد استفاده و ۳۰۰ میکرولیتر از آن با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده (۱۰ درصد) به آن اضافه گردید. پس از پنج دقیقه ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد به آن افزوده شد و پس از ۹۰ دقیقه قرار گرفتن روی شیکر، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (ساخت شرکت پرکین-المیر، آمریکا) در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد و با مقایسه با منحنی

پلی‌آمین‌ها^۱ با ساختار آلیفاتیک نیتروژن، گروه ترکیبات طبیعی شناخته شده در حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها هستند (۱۳). در گیاهان، پلی‌آمین‌های اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین به خاطر پیش ماده مشترک اس-آدنوزیل-متیونین^۲ با اتیلن، در تولید رقیب یکدیگر و در فرآیند رسیدن و پیری متضاد عمل می‌کنند و بنابراین یک احتمال قوی وجود دارد که پلی‌آمین‌ها می‌توانند فرآیند تأخیر رسیدگی میوه‌های فرازگرا را تنظیم کنند. پلی‌آمین‌ها به مولکول‌های آلی حیاتی سلول از جمله پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، پکتین‌ها و انواع مختلفی از آنزیم‌ها به ویژه پکتین استراز می‌چسبند و فعالیت آن‌ها را تنظیم می‌کنند (۲۴). همچنین پلی‌آمین‌ها با نقش کاتیونی خود، همانند کاتیون‌های معدنی، فعالیت آنزیم پکتین استراز (۱۸)، پلی‌گالاکتروناز و لیبواکسیژناز (۴۶) را در گوشت میوه کاهش می‌دهند.

مالیک و سینگ (۲۳) پلی‌آمین‌ها را به عنوان مواد ضد پیری^۳ میوه انبه معرفی کردند. سایر بررسی‌ها نشان داده‌اند که استفاده بیرونی پلی‌آمین‌ها کیفیت میوه را از طریق بهبود رنگ، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش می‌دهند (۴۶). کاربرد برون‌زاد پلی‌آمین‌ها بر روی سیب (۴۷)، توت فرنگی (۳۱)، انبه (۲۳)، انار (۲۷)، هلو (۶) و انگور (۱۷) باعث نگهداری سفتی و کیفیت بافت در طول انبارمانی شده است. کاربرد قبل از برداشت پلی‌آمین‌ها روی انبه (۲۳) کاهش آنزیم‌های نرم کننده دیواره سلولی و روی گوجه فرنگی (۲۱) و آووکادو (۴۶) کاهش چشمگیر آنزیم ACC اکسیداز را سبب شده است. همچنین تیمار پلی‌آمین پوترسین اثر مثبتی بر ظاهر، طعم، نسبت اسید به قند و وزن میوه انبه (۱۶) و زردآلو (۱۰) داشته است. میوه‌های کیوی تیمار شده با اسپرمیدین، فنل کمتر (کاهش گسی)، آنتی‌اکسیدان کل و سفتی بیشتری نسبت به شاهد داشتند و اسپرمیدین تأثیر مثبتی بر کیفیت کلی میوه داشت (۱۷). تیمار اسپرمیدین روی انگور، علاوه بر بهبود کیفیت ظاهری میوه، فنل و آنتی‌اکسیدان کل و آنتوسیانین‌ها را افزایش داد (۲۹).

با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از این مطالعه بررسی غلظت‌های مختلف اسپرمیدین در شرایط غوطه‌وری بر میزان تغییرات وزن، سفتی، شاخص طعم، میزان فنل، ویتامین ث، ویژگی‌های کیفی (پی‌اچ، اسیدیته قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول) و ارزیابی حسی رقم انبه محلی میناب در طول دوره انبارمانی بود.

مواد و روش‌ها

میوه‌های انبه رقم محلی میناب در زمان بلوغ تجاری (سبز

4- Penetrometer
5- Folin- Ciocalteu

1- Polyamines (PAs)
2- S-adenosyl methionine (SAM)
3- Anti-senescence agent

شاخص‌های حسی رنگ پوست میوه از سبز کامل تا زرد کامل، عطر از بدون عطر تا عطر زیاد، مزه از بسیار ترش تا بسیار شیرین و کیفیت کلی میوه از کیفیت بد یعنی کمترین نمره (نمره ۱) تا کیفیت عالی (نمره ۴) انجام شد.

تجزیه آماری داده‌های به دست آمده به روش مدل خطی عمومی (GLM) و به کمک نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تغییرات وزن

بررسی نتایج نشان داد با افزایش مدت نگهداری میوه، به تدریج از وزن میوه در تمام تیمارها کاسته شده است (شکل ۱) و بیشترین درصد کاهش وزن میوه در تیمار شاهد مشاهده گردید. میزان درصد کاهش وزن در بین تیمارها در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. کاربرد اسپرمیدین در کاهش از دست‌دهی آب میوه از طریق پوست مؤثر می‌باشد و به طوری که تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بیشترین اثر را داشته است. اثر پلی‌آمین‌ها بر جلوگیری از کاهش وزن انبه (۱۶، ۲۲ و ۳۴)، گوجه فرنگی (۲۱ و ۳۷) و لیمو (۴۵) گزارش شده است.

بیشتر میوه‌های فرازگرا طی دوره رسیدن و پیری کاهش وزن نشان می‌دهند (۴۴). بدیهی است مهمترین عامل کاهش وزن میوه در انبار به علت تبخیر آب از سطح پوست میوه می‌باشد. مالیک و سینگ (۲۳) کم شدن تنفس میوه با تیمار پلی‌آمین‌ها را به علت تأثیر فراوان آن‌ها بر کاهش تنفس میوه عنوان کرده‌اند.

سفتی

سفتی بافت میوه به تدریج طی انبارمانی کاهش یافت و در پایان دوره انبارمانی (روز بیست و چهارم) بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در روز بیست و چهارم تیمار ۱ و ۲ میلی‌مولار بیشترین سفتی را نشان دادند (شکل ۲). بعضی هورمون‌ها و مواد شیمیایی مانند پلی‌آمین‌ها که می‌توانند پیری بافت و به دنبال آن کم شدن سفتی بافت میوه را کاهش دهند (۴۶). تغییر در ساختار دیواره سلولی از جمله کاهش همی‌سلولز و گالاکتوز، حل شدن پکتین‌ها و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده سبب نرم شدن بافت میوه طی انبارمانی می‌شوند (۳۹). تیمار ۱ و ۲ میلی‌مولار بیشترین سفتی را نشان دادند که احتمالاً پلی‌آمین‌ها با متصل شدن به گروه‌های پکتینی می‌توانند مانع شکسته شدن آن‌ها شوند (۳۳).

فنل کل

شکل ۳ نشان دهنده اثر میزان غلظت اسپرمیدین بر میزان فنل

استاندارد اسید گالیک در غلظت‌های ۰، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۴۸ میلی‌گرم در لیتر، محتوای فنل کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک در گرم آب میوه گزارش گردید (۴۱).

مواد جامد محلول کل (TSS)، پی‌اچ و اسیدیته کل عصاره میوه (TA)

برای تعیین صفات مواد جامد محلول کل، پی‌اچ و اسیدیته کل میوه، ابتدا از نمونه‌ها آگیری شد و برای تعیین مواد جامد محلول با استفاده از یک رفراکتمتر دیجیتالی (ATAGO مدل ۱-PAL-A ساخت کشور ژاپن) میزان مواد جامد محلول برحسب درجه بریکس اندازه‌گیری شد (۲). برای اندازه‌گیری پی‌اچ، آب میوه در ظرف‌های پلاستیکی ریخته شد و سپس با استفاده از دستگاه پی‌اچ‌متر (مدل AG، ساخت شرکت متروهم، سوئیس)، پی‌اچ آب میوه اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری میزان اسید کل میوه از روش تیتراسیون استفاده شد. برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه در ۱۰ میلی‌متر آب مقطر حل شد و با سود (هیدروکسید سدیم) ۰/۲ نرمال تیترا گردید. زمانی که پی‌اچ محلول به ۸/۴ رسید تیتراسیون متوقف شد. سپس درصد اسیدیته قابل تیترا طبق فرمول زیر محاسبه گردید (۳۵).

$$TA = \frac{[mlNaOH \times N(NaOH) \times acidmeq.factor/ml \text{ juice titrated}] \times 100}{100}$$

شاخص طعم

شاخص طعم میوه با استفاده از رابطه TSS/TA محاسبه گردید.

محتوای آسکوربیک اسید (ویتامین ث)

آسکوربیک اسید با استفاده از روش تیتراسیون با ید در یدور پتاسیم اندازه گرفته شد. پایان تیتراسیون زمانی بود که عصاره میوه‌ها به رنگ آبی تیره درآمد و این رنگ چند ثانیه پایدار ماند. حجم محلول ید در یدور پتاسیم خوانده شد و میزان آسکوربیک اسید با استفاده از فرمول زیر بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر محاسبه گردید (۹):

$$\text{مقدار } Vc = \frac{2 \times V(Vc \text{ Control}) \times 100}{V}$$

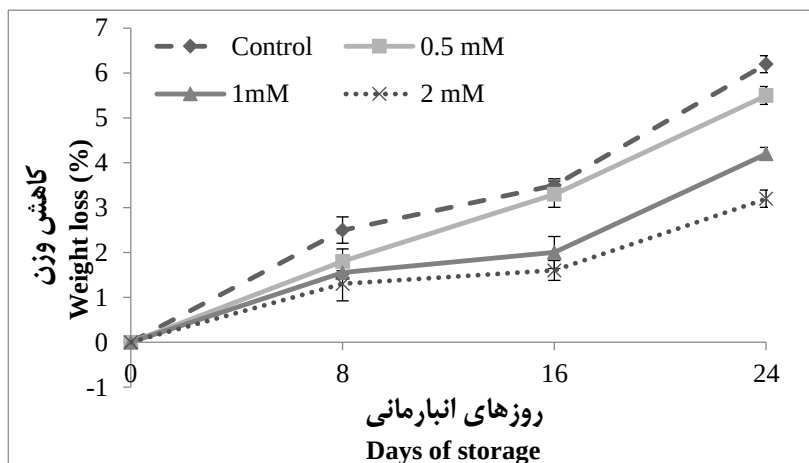
که در آن V حجم ید مصرفی و Vc شاهد نیز برابر با ۲/۱ می‌باشد.

ارزیابی حسی^۱ رنگ پوست، عطر، مزه و کیفیت کلی میوه (پذیرش مشتری)

آزمون پارامترهای حسی میوه به صورت نمره‌دهی از ۱ تا ۴ (۸) از نظر تجزیه و تحلیل توصیفی انجام شد. به این روش که نمره‌دهی

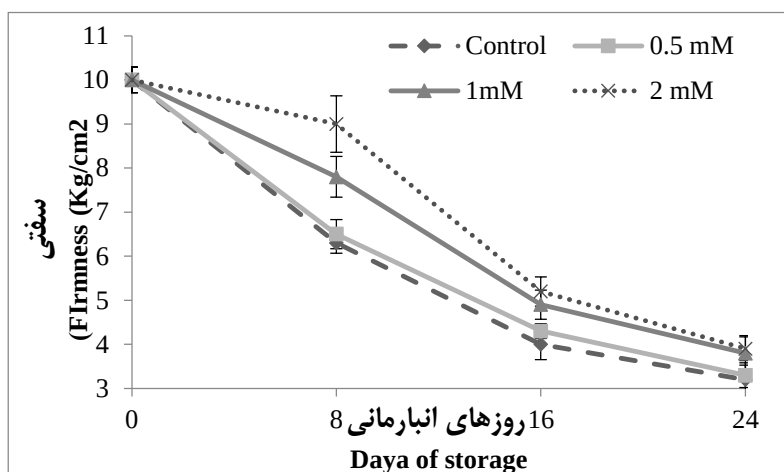
مقدار فنل مشاهده گردید. این نتایج با نتایج رزاق و همکاران روی انبه (۳۱)، ژاله‌گر و همکاران روی کیوی (۱۷) و میردهقان و همکاران روی انار (۲۸) مطابقت دارد.

گوشت میوه انبه می‌باشد. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف در دوره انبارداری، فنل گوشت میوه در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشت و با افزایش غلظت اسپرمیدین افزایش یافت. در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بیشترین و در تیمار شاهد کمترین



شکل ۱- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر تغییرات وزن میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 1- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit weight changes during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test



شکل ۲- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان سفتی میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

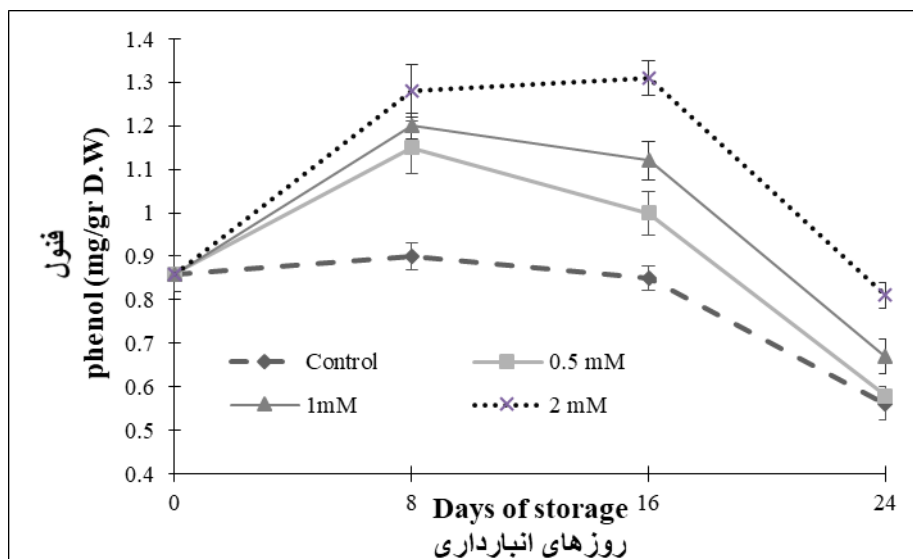
Figure 2- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit firmness during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test

اکسیدانی دارند و بررسی شده که بین فعالیت ضد اکسیدانی و فنل‌ها رابطه خطی وجود دارد. در زردآلو و انبه بین فعالیت ضد اکسیدانی و ترکیبات فنلی همبستگی مثبت گزارش شده است (۳۴). کل میزان

علت کاهش کمتر فنل‌ها در تیمارهای اسپرمیدین، نقش مهم پلی‌آمین‌ها در به تأخیر انداختن شروع فعالیت پلی فنل اکسیداز به خاطر کم شدن تنفس میوه می‌باشد (۳). پلی‌آمین‌ها فعالیت ضد

آنزیم پلی فنل اکسیداز (۴۳) و دیگری پلیمریزه شدن تانن‌ها (۲۶) طی انبارمانی انبه است.

فنل در ابتدای دوره انبار مانی (تا روز ۸) افزایش و از روز ۸ تا روز ۱۶ روند نسبتاً ثابت و از آن به بعد تا پایان دوره انبارمانی کاهش پیدا کرد (شکل ۳). کاهش میزان فنل گوشت میوه، یکی در ارتباط با افزایش



شکل ۳- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان فنول میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 3- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit flavor index during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test

هدر رفتن آب میوه جلوگیری کرده باشند و همچنین با تأثیر آن‌ها بر کاهش تنفس بافت، مصرف قندها نیز کاهش پیدا می‌کند.

پی‌اچ

همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود اثر تیمارهای اسپرمیدین بر میزان پی‌اچ آبمیوه انبه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و با افزایش میزان غلظت اسپرمیدین پی‌اچ آبمیوه کمتر و در واقع اسیدی‌تر شده است. تیمارهای اسپرمیدین با افزایش اسید آسکوربیک و سایر اسیدهای آلی در عصاره میوه، سبب کاهش پی‌اچ آبمیوه گردیده‌اند. نتایج حاضر با نتایج داوری نژاد و همکاران (۷) روی زردآلو و ذکایی و اثنی عشری (۴۹) روی زردآلو، توت‌فرنگی، گیلاس و هلو مطابقت دارد.

اسیدیته کل میوه (TA)

نتایج نشان داد (شکل ۶) اسیدیته میوه‌ها با افزایش دوره انبارمانی کاهش یافته است و میوه‌ها در شرایط کنترل دارای اسیدیته بالاتری هستند که نتایج به دست آمده از پی‌اچ آبمیوه (شکل ۵) را نیز توجیه می‌کند. در شرایط تنش اسیدهای آلی از گوشت به پوست میوه انتقال

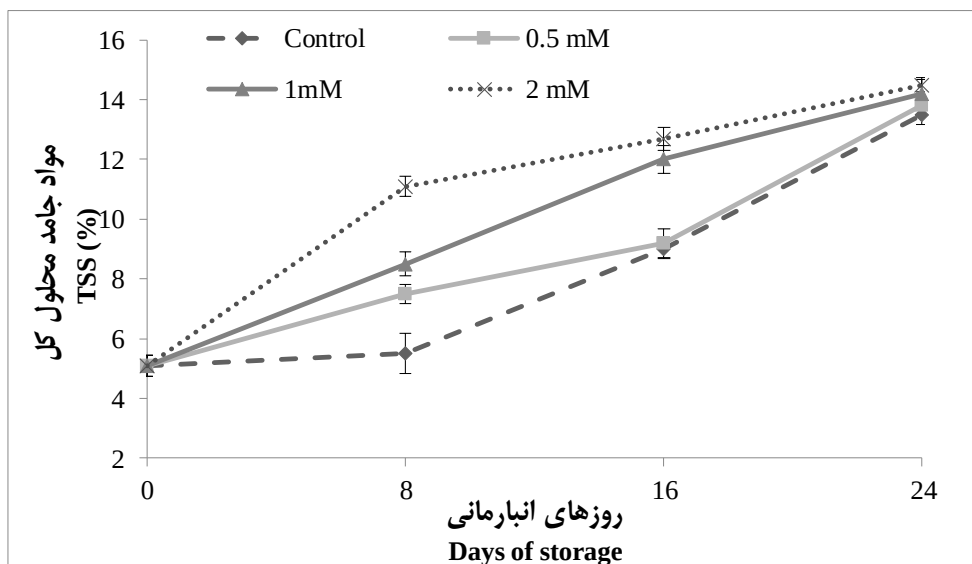
مواد جامد محلول کل (TSS)

اثر غلظت‌های مختلف محلول‌های اسپرمیدین بر میزان مواد جامد محلول کل در بافت میوه انبه در طول دوره انبارداری معنی‌دار نشد (شکل ۴). همان‌طور که در شکل مشخص است، با شروع رسیدن میوه (روز شانزدهم) و افزایش دوره انبارداری درصد مواد جامد محلول کل افزایش و روند تغییرات مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده با ۱ و ۲ میلی‌مولار کندتر می‌باشد و تیمار ۰/۵ میلی‌مولار مانند شاهد عمل کرده است.

به دلیل رسیدن میوه در طی انبارداری و تجمع کربوهیدرات‌های محلول، افزایش میزان TSS آب میوه منطقی به نظر می‌رسد. دست‌چرندی (۶)، راتور، دینگ و وانگ افزایش مواد جامد محلول میوه‌های انبه تیمار شده را در طی انبارمانی حداکثر تا بیست روز گزارش کردند و در این آزمایشات اغلب پس از این مدت، TSS عصاره میوه روند ثابتی را ادامه داده است. همچنین خان و همکاران (۱۸) در آلو و ذکایی خسروشاهی و اثنی عشری (۴۹) در زردآلو، توت‌فرنگی و هلو گزارش کردند که پلی‌آمین‌ها سبب افزایش مواد جامد محلول کل نسبت به میوه‌های کنترل طی دوره انبارداری می‌شوند. به نظر می‌رسد پلی‌آمین‌ها با کمک به فرآیند تجمع قند در بافت میوه، از

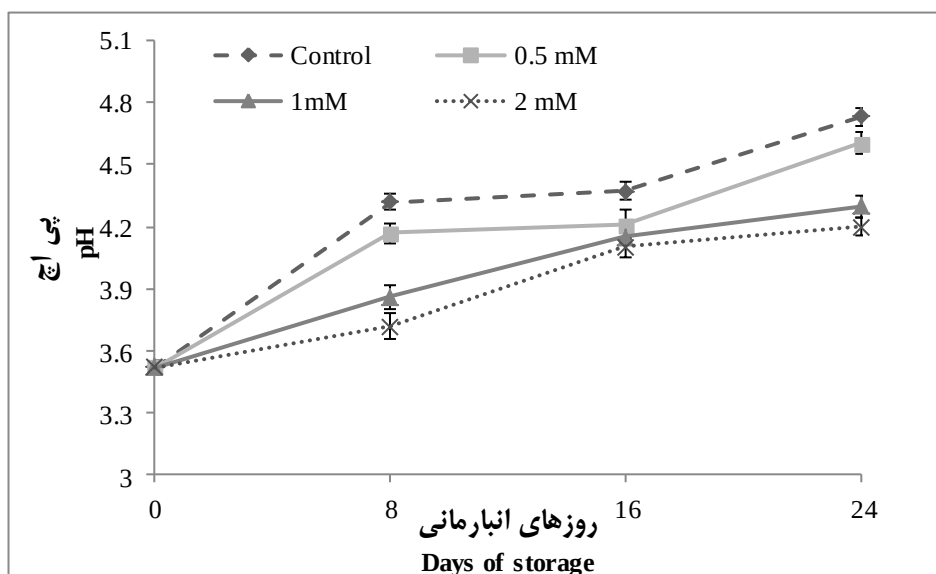
آلی طی انبارمانی کاهش پیدا می کند (۲۰). افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در انبه (۱۵، ۳۳)، انگور (۱۴) و کیوی (۱۷) با کاربرد پلی آمین ها طی دوره انبارمانی گزارش شده است.

پیدا کرده و به عنوان پیش ماده برای ساخته شدن آنزیم های مقابله با تنش به کار برده می شوند (۱۲). به نظر می رسد افزایش اسید در تیمارهای اسپرمیدین به خاطر نقش فعال این مواد در مقابله با تنش انبارمانی باشد. همچنین با کم شدن تنفس بافت، مصرف اسیدهای



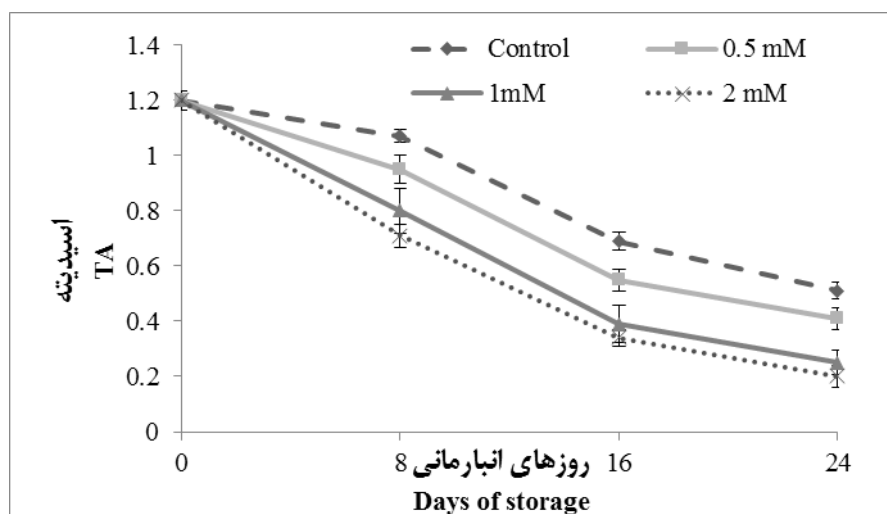
شکل ۴- مقایسه تغییرات اثر غلظت های مختلف اسپرمیدین بر میزان TSS میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد

Figure 4- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit phenol during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test



شکل ۵- مقایسه تغییرات اثر غلظت های مختلف اسپرمیدین بر میزان پی اچ آبمیوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد

Figure 5- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit ascorbic acid (vitamin C) during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test



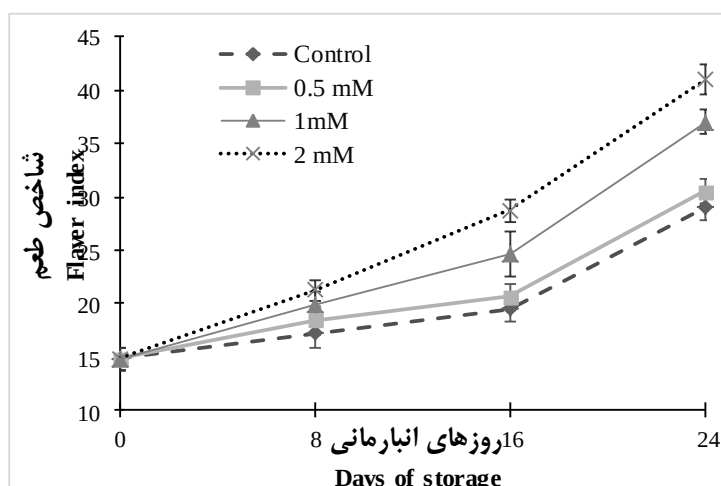
شکل ۶- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان TA میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 6- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit ascorbic acid (vitamin C) during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test

شاخص طعم

مولار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نسبت میزان مواد جامد محلول به اسیدیت قابل تیتراسیون با نزدیک شدن به مرحله رسیدن میوه، روند افزایشی دارد. به این معنی که طی دوره انبارمانی از میزان اسید کم و به میزان قند افزوده می‌شود، که از نظر شاخص طعم بسیار مهم می‌باشد. افزایش نسبت قند به اسید با تیمارهای پلی‌آمینی در انبه (۱۶)، انگور (۲۹) و انار (۲۷) گزارش شده است.

نتایج نشان داد با افزایش مرحله رسیدن و دوره نگهداری، میزان شاخص طعم (نسبت اسید به قند) افزایش یافت و بین تیمارهای مختلف از این نظر اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد مشاهده گردید. با افزایش غلظت اسپرمیدین، شاخص طعم افزایش و بیشترین آن مربوط به غلظت ۲ میلی‌مولار بود و بین تیمار شاهد و ۰/۵ میلی

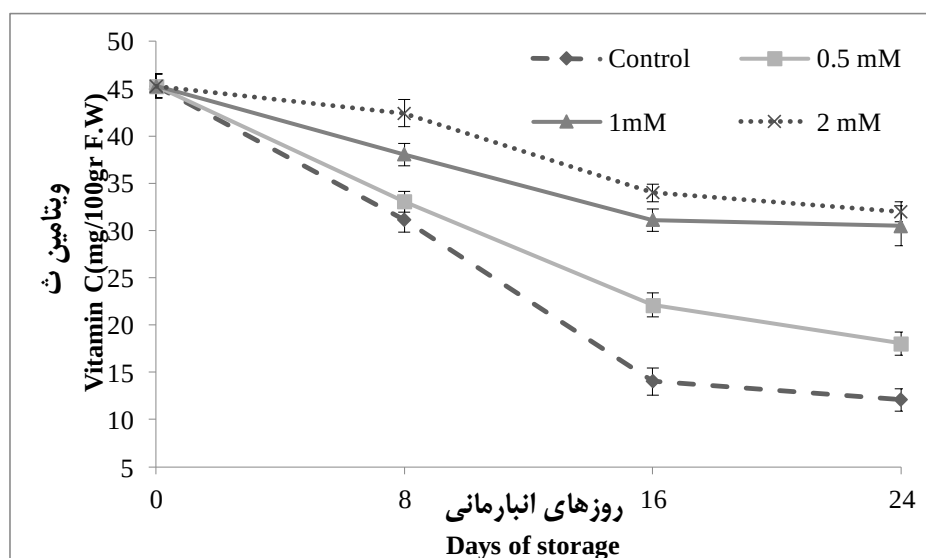


شکل ۷- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر شاخص طعم میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 7- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on fruit juice pH during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test

محتوای آسکوربیک اسید (ویتامین ث)

نتایج نشان داد بین تیمارهای مختلف در سطح پنج درصد اختلاف معنی دار وجود دارد (شکل ۸). با بالا بردن غلظت اسپرمیدین کاربردی، میزان ویتامین ث میوه افزایش پیدا کرد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج مالیک و سینگ در انبه (۲۳)، موسوی و جوانمردی در پرتقال (۳۰) و میردهقان و رحیمی در انگور (۲۹) مطابقت دارد. ممکن است میوه‌های تیمارهای اسپرمیدین با ممانعت از، از دست‌دهی آب و حفظ پایداری غشای سلولی و اکسیداسیون آسکوربیک اسید جلوگیری کرده باشند (۲۶). به ویژه اینکه ویژگی‌های آنتی اکسیدانی فراوانی را



شکل ۸- مقایسه تغییرات اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث) میوه طی دوره انبارمانی. نوارهای عمودی روی نمودار در هر دوره نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد

Figure 8- Comparison of the effect of different spermidine concentrations on TA of fruit juice during 24-days of storage. Vertical bars in each period represent a significant difference ($P \leq 0.05$) between treatments based on Duncan's multiple range test

اسپرمیدین، نمره‌دهی شاخص عطر میوه بر اساس تشخیص آزمایشگرها بالاتر بود. طی رسیدن میوه، اتیلن سبب تحریک تولید مواد معطر و فرار از جمله الکل‌ها، استرها و کتون‌ها در بافت میوه می‌شود. مواد کاهش دهنده تولید اتیلن می‌توانند سرعت تولید برخی مواد معطر را کاهش دهند (۱۱). با این حال تیمارهای جلوگیری از سنتز اتیلن، سبب افزایش تولید مواد فرار حاصل از کاتابولیسم لیپیدها و آمینواسیدها مانند پالمیتیک اسید، استئاریک اسید، اولئیک اسید، لینولیک اسید در محصولات می‌مانند سیب شده است (۱۱ و ۳۶). بنابراین تیمارهایی که سبب به عقب انداختن تولید لیپیدها و به دنبال آن تولید مواد فرار معطر شوند، می‌توانند عطر مطلوبی را در میوه در انتهای انبارمانی ایجاد کنند. به نظر می‌رسد افزایش غلظت اسپرمیدین

ارزیابی حسی رنگ پوست، عطر، مزه و کیفیت کلی میوه

غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر تمام پارامترهای حسی ارزیابی شده توسط آزمایشگران از جمله رنگ پوست، عطر، مزه و کیفیت میوه اثر معنی‌دار در سطح پنج درصد ایجاد کردند (جدول ۱). پارامتر رنگ پوست در تیمارهای ۱ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بهترین بود و افزایش غلظت اسپرمیدین باعث توسعه رنگ پوست میوه شد. رنگ مطلوب پوست میوه یکی از عواملی است که سبب افزایش بازاریابی می‌گردد. پلی‌آمین‌ها با جلوگیری از تولید اتیلن و کند کردن پیری و روند تغییرات رنگ و تثبیت غشا در بافت می‌توانند رنگ مطلوب‌تری را در ظاهر میوه ایجاد کنند (۴۴).

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت

(نسبت اسید به قند) در تیمارهای ۱ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین (شکل ۷) باعث بهبود کیفیت خوراکی و مزه میوه شده است. بهبود عطر و مزه میوه انبه با پلی آمین توسط آذرکیش و شمیلی (۳) نیز گزارش شده است. در مورد کیفیت کلی میوه، آزمایشگران، کمترین کیفیت را در تیمار ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین تشخیص دادند و بین سایر تیمارها از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱).

نیز با همین نقش افزایش عطر میوه انبه در پایان انبارمانی را موجب شده باشد.

نتایج افراد ارزیابی کننده در مورد صفت مزه میوه حاکی از آن بود که میوه‌های تیمار ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین بهترین طعم میوه را داشتند و تیمارهای شاهد و ۰/۵ میلی‌مولار از مطلوبیت مزه کمتری برخوردار بودند (جدول ۱). به نظر می‌رسد افزایش شاخص طعم

جدول ۱- اثر تیمار اسپرمیدین بر پارامترهای ارزیابی حسی، رنگ پوست، عطر، مزه و کیفیت کلی میوه

Table 1- The effect of spermidine treatment on sensory evolution, skin color, aroma, taste, and total fruit quality

پارامترها Parameters	اسپرمیدین (میلی‌مولار) Spermidine (mM)			
	0	0.5	1	2
رنگ پوست Skin color	2.88 ±0.012 b	2.81 ±0.018 b	3.09 ±0.022 a	3.07 ±0.024 a
عطر میوه Aroma	2.78 ±0.019 b	2.84 ±0.018 ab	2.84 ±0.015 ab	2.96 ±0.013 a
مزه Taste	2.71 ±0.013 b	2.66 ±0.018 b	2.83 ±0.022 a	2.79 ±0.015 ab
کیفیت Quality	2.75 ±0.009 a	2.75 ±0.008 a	2.79 ±0.012 a	2.89 ±0.016 b

در هر سطر میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر ندارند

Numbers followed by the same letter do not have statistically significant differences ($P < 0.05$) based on Duncan's multiple range test

نتیجه‌گیری کلی

تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. به دلیل افزایش میزان عطر میوه با تیمار اسپرمیدین، به نظر می‌رسد اسپرمیدین با به تأخیر انداختن تولید لیپیدها، سبب افزایش تولید مواد معطر در میوه شده باشند. همچنین افزایش اسید و کاهش پی‌اچ آبمیوه فرآیندی بود که به دنبال افزایش غلظت اسپرمیدین رخ داد. در این مطالعه ملاحظه گردید غلظت ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین اثرات محسوسی بر افزایش کیفیت میوه انبه دارد و قابل توصیه در انبارهای نگهداری انبه می‌باشد.

اسپرمیدین یکی از گروه‌های آمینی طبیعی موجود در جانداران به ویژه گیاهان می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد پلی‌آمین اسپرمیدین سبب حفظ میزان سفتی و افزایش عمر انبارمانی میوه انبه می‌شود و اثرات مفید قابل توجهی طی انبارمانی بر ویژگی‌های قابل اهمیت کیفیت انبارمانی انبه از جمله وزن، رنگ، طعم، عطر و ویتامین ث دارد. همچنین مشخص شد که با افزایش غلظت اسپرمیدین، میزان فنل گوشت میوه افزایش پیدا می‌کند. در انتهای دوره انبارمانی میزان سفتی و مواد جامد محلول کل بین نمونه‌های موجود در

منابع

- 1- Agricultural statistics. 2014. Horticultural products. Ministry of Agriculture, Planning and Economic Department, Office of Statistics and Information Technology, 3. p. 91.
- 2- Arzani K., and Koushesh M. 2005. Enhancement of Sultana grape (*Vitis vinifera* L.) maturity by preveraison ethanol and methanol spray, Indian Journal of Agricultural Science, 75(10): 670-672.
- 3- Azarkish P., and Shamili M. 2014. Effect of putrescine and cold water quality characteristics and shelf Mango (*Mangifera indica* L.), Journal of Food Science and Technology, 47 (12): 65-74.

- 4- Bhat A., Kumari Kaul R., Reshi M., and Gupta N. 2014. Effect of polyamines on shelf life and chilling injury of mango CV. Dashehari, The Bioscan, 9(3): 1097-1100.
- 5- Bregoli A. M., Scaramagli S., Costa G., Sabatini E., Ziosi V., Biondi S., and Torrigiani P. 2002. Peach (*Prunus persica* L.) fruit ripening: amino ethoxy vinyl glycine (AVG) and exogenous polyamines affect ethylene mission and flesh firmness, Physiology Plant, 114: 472-481.
- 6- Dastjerdi A. M., Kalantari S., Babalar M., and Zamani Z. 2013. The effects of post-harvest shelf-life and storage of mango fruits harvested at different stages of ripening, Iranian Journal of Horticultural Sciences, 94 (1): 43-59.
- 7- Davarynejad G. H., Zarei M., Ardakani E., and Nasrabadi M. E. 2013. Influence of putrescine application on storability, postharvest quality and antioxidant activity of two Iranian apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars, Notulae Scientia Biologicae, 5 (2): 212-219.
- 8- Djiova T., Charles F., Lopez-Lauri F., Filgueiras H., Coudret A., Freire M., Ducamp- Ollin M., and Sallanon H. 2009. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments, Postharvest Biology and Technology, 52: 221-226.
- 9- Ebrahimzadeh M. A., Hosseini Mehr S. C., Mahmoudi M., Qaykhlv M. R., and Hosseini C. M. 2006. Vitamin C measured by oxidation- reduction two-stage titration oxidation in a variety of citrus, Mazandaran University of Medical Sciences journals, 15 (48): 31-26.
- 10- Echeveria E., Gonzalez P. C., and Brune A. 1997. Characterization of proton and sugar transport at the tonoplast of sweet lime (*Citrus limmetioides*) juice cells, Physiology Plant, 101: 291-300.
- 11- Fan X., Mattheis J. P., and Fellman J. K. 1998. A role for jasmonates in climacteric fruit ripening, Planta, 204: 444-449.
- 12- FAO. 2014. FAO Land and Plant Nutrition Management Service.
- 13- Galston A. W., and Sawhney R. K. 1990. Polyamines in plant physiology, Plant physiology, 94: 606-610.
- 14- Harindra Champa W. A., Gill M. I. S., Mahajan B.V.C., and Arora N. K. 2014. Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless, Postharvest Biology and Technology, 91: 57-63.
- 15- Hertog M., Nicholson S. E., and Jeffery P. B. 2004. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change of 'Hayward' kiwifruit, Journal of the Postharvest Biology and Technology, 31: 251-261.
- 16- Jawandha S. K., Gill M. S., Singh N. P., Gill P. P. S., and Singh N. 2012. Effect of post-harvest treatments of putrescine on storage of Mango cv. Langra, African Journal of Agricultural Research, 7(48): 6432-6436.
- 17- Jhalegar M. D. J., Sharma R. R., Pal R. K., and Rana V. 2012. Effect of postharvest treatments with polyamines on physiological and biochemical attributes of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cv. Allison, Fruits, 67: 13-22.
- 18- Jimenez A., Creissen G., Kular B., Firmin J., Robinson S., Verhoeyen M., and Mullineaux P. 2002. Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening, Planta, 214: 751-758.
- 19- Khan A. S., and Singh Z. 2010. Pre-harvest application of putrescine influences Japanese plum fruit ripening and quality, Food Science and Technology International, 16: 53-64.
- 20- Leiting V. A., and Wicker L. 1997. Inorganic cations and polyamines moderate pectin esterase activity, Journal of Food Science, 62: 253-255.
- 21- Li N., Parsons B. L., Liu D., and Mattoo K. 2005. Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruits is inhibited by salicylic acid and polyamines, Plant Molecular Biology, 48:477-487.
- 22- Malik A. U., Singh Z., and Khan A. S. 2005. Role of polyamides in fruit development, ripening, chilling injury, storage and quality of mango and other fruits: A review. Proceeding in international conference on mango and date palm: culture and export. University of Agriculture. Faisalabad, pp.182-186.
- 23- Malik A. U., and Singh Z. 2005. Pre-storage application of polyamines improve shelf life and fruit quality of mango, Journal of Horticulture Science and Biotechnology, 80: 363-369.
- 24- Martinez-Romero D., Valero D., Serrano M., Burlo M., Carbonell A., Burgos L., et al. 2000. Exogenous polyamine and gibberellic acid effects on peach (*Prunus Persica* L.) storability improvement, Journal of Food Science, 65: 288-294.
- 25- Mellenthin W. M., and Wang C. Y. 1977. The relationship of premature ripening of Bartlett pears to preharvest temperatures, Acta Horticulture, 69: 281-286.
- 26- Mirdehghan S. H., Rahemi M., Serrano M., Guillen F., Martínez-Romero D., and Valero D. 2007. The application of polyamines by pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils, Journal of Agriculture Food Chemistry, 55: 755-760.
- 27- Mirdehghnan S. H., Rahemi M., Castillo S., Martinez-Romero D., Serrano M., and Valero D. 2007. Prestorage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels, Postharvst Biology and Technology, 44: 26-33.
- 28- Mirdehghan S. H., and Rahimi S. 2016. Pre-harvest application of polyamines enhances antioxidants and table grape (*Vitis vinifera* L.) quality during postharvest period, Food Chemistry, 196: 1040-1047.
- 29- Moore J. P. 2003. Carotenoid synthesis and retention in mango (*Mangifera indica*) fruit and puree as influenced by postharvest and processing treatment. PH, D. Thesis. University of Florida. U.S.A. 96 P.

- 30- Mousavi S. K., and Javanmardi S. 2012. The effect of spermidine, warm water and vast life on quality of Washington navel orange, Journal of physiology and postharvest technology of horticultural products, 1 (1): 63-77.
- 31- Nagy S. 1980. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review, Journal of Agriculture, 28: 8-18.
- 32- Ponnappa T., Scheerens J. C., and Miller A. R. 1993. Vacuum infiltration of polyamines increases firmness of strawberry slices under various storage conditions, Journal of Food Science, 58(2): 361-364.
- 33- Rathore H. A., Masud T., Sammi S., and Soomro A. H. 2007. Effect of Storage on physico-Chemical Composition and Sensory Properties of Mango Variety Dashehari, Pakistan Journal of Nutrition, 6 (2): 143-148.
- 34- Razzaqa A., Khana S., Malika A. U., Shahidb M., and Ullah S. 2014. Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in 'Samar Bahisht Chaunsa' mangoKashif, Postharvest Biology and Technology, 96: 23-32.
- 35- Roussos P. A., Sefferou V., Denaxa N. K., Tsantili E., and Stathis V. 2011. Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load, Scientia Horticulturae, 129: 472-478.
- 36- Rudell D. R., Mattinson D. S., Mattheis J. P., Wyllie S. G., and Fellman J. K. 2002. Investigation of aroma volatile biosynthesis under anoxic conditions and in different tissues of Redchief delicious apple fruit (*M.domestica* Borkh.), Journal of agricultural and food chemistry, 50: 2627- 2632.
- 37- Saftner R. A., and Baldi B. G. 2007. Polyamine levels and tomato fruit development: Possible interaction with ethylene, Plant physiology, 92:547-550.
- 38- Salehi D. 1391. Evaluation of different compounds and calcium concentration on Red Delicious apples at harvest and post-harvest varieties, Journal of Physiology and postharvest technology of horticultural products, 1 (2): 105-89.
- 39- Singh S. P., Singh Z., and Swinny E. E. 2012. Climacteric level during fruit ripening influences lipid peroxidation and enzymatic and non-enzymatic antioxidativesystems in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell), Postharvest Biology and Technology, 65: 22-32.
- 40- Singh Z., Singh R. K., Sane V. A., and Nath P. 2013. Mango – postharvest biology and biotechnology, Critical Review of Plant Science, 32: 217-236.
- 41- Singleton V. L., and Rossi J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology Viticulture, 16:144-158.
- 42- Shamili M., Fatahi R., and Hormaza J. I. 2012. Characterization and evaluation of genetic diversity of Iranian mango (*Mangifera indica* L.) genotypes using microsatellites, Scientia Horticulturae, 148: 230-234.
- 43- Sharma R. R., Singh C. N., and Goswami A. M. 2001. Polyphenol oxidase activity in mango (*Mangifera indica* L.) in relation to flowering behavior and the malformation incidence, Fruits, 56: 219-224.
- 44- Ullah S., and Jawandha S. K. 2013. Effect of post-harvest treatments of polyamines on colour of stored peach fruits, Theasian Journal of Horticulture, 8: 785-787.
- 45- Valero D., Martinez-Romero D., Serrano M., and Riquleme F. 1998. Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness, and abscisic acid in lemon (*Citrus lemon* L. Burm cv. 'Verna'), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 2102-2109.
- 46- Valero D., Martinez-Romero D., and Serrano M. 2002. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit, Trends in Food Science and Technology, 13: 228-234.
- 47- Wang C. Y., Conway W. S., Abbott J. A., Kramer G. F., and Sams C. E. 1993. Postharvest infiltration of Polyamines and calcium influences ethylene production and texture changes in Golden Delicious apples, Journal of American Society of Horticulture Science, 118: 801-806.
- 48- Wang C. Y., and Qi L. 1997. Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers, Postharvest Biology Technology, 10: 195-200.
- 49- Zokaee-Khosroshahi M. R., and Esna-Ashari M. 2008. Effect of putrescine application on post-harvest life and physiology of strawberry, apricot, peach and sweet cherry fruits, Journal of Science Technology Agriculture Natural Resource, 12(45): 219-23.



Postharvest Application of Spermidine Polyamine on the Storage Quality and Vase Life of Mango (*Mangifera indica* L.) in Dipped Conditions

M. S. Hosseini¹- S. M. Zahedi^{2*}- M. Karimi³- A. Ebrahimzadeh⁴

Received: 29-01-2017

Accepted: 03-09-2017

Introduction: Mango (*Mangifera indica*) is a tropical fruit native to India whose global production in 2014 reached nearly 45 million tones. Mango is a commercially important fruit and improvement in its storage is of special importance. Mango is a Climacteric fruit whose ripening is done by exogenous or endogenous ethylene. In plants, Polyamines such as spermine, spermidine, and putrescine contradict ethylene because of a common precursor (s-adenosyl methionine (SAM)). During ripening, different qualitative and nutritional changes occur in the fruit, e. g. changes in color, tissue softening, accumulation of sugars and organic acids, and great changes in taste, flavor, aroma and plant biochemical materials. Fruit ripening is a complicated process, complementary to fruit development, and a start to its senescence. In general, senescence of a fruit is related to loss of membrane lipids, destabilization of membrane matrix, and lipid peroxidation. Recently, naturally active biological products are applied in a large amount for increasing the storage life and quality of the fruits and delaying their senescence. This study was carried out to investigate the effect of different concentrations of spermidine on the quality and vase life of a local mango variety of Minab.

Materials and Methods: Healthy fruits, uniform in size, shape, color, and degree of maturity were selected from a mango orchard in Minab and their original physical and chemical characteristics on the first day were measured after washing with water and drying. Statistical analysis of data was done by a general linear model (GLM) with SAS (version 9.1) and mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test. Treatment solution in the rate of 0, 0.5, 1, and 2 mM spermidine (SIGMA) was made and its pH was set to 5 using NaOH. One liter of distilled water was used in the control treatment. The treated samples were immersed in solutions of different concentrations of spermidine just once for 30 minutes. During 24-days of shelf life, storage temperature was 15 °C and the relative humidity was 85 to 90 percent. Measurements were on the zero, 8th, 16th, and 24th days. Characteristics such as weight, firmness, flavor index, phenol, ascorbic acid, qualitative characteristics (PH, TA and TSS), and sensory evaluation were measured.

Results and Discussion: The results showed that physical and biochemical qualities in the control fruit were lower compared to the other treatments. The Polyamine treatment with spermidine, especially at the concentration of 2 mM, significantly maintained weight loss and reduction of vitamin C during storage of fruits. Spermidine treatments increased ascorbic acid and other organic acids in fruit juice and reduced pH. Increased acidity in spermidine treatments of these substances play an active role in coping with storage stress. Moreover, with reduction of tissue respiration, the consumption of organic acids decreased during storage. The results showed that increasing the concentration of spermidine leads to the least decrease in the phenol flesh. Firmness gradually decreased during storage and at the end of shelf life, there was significant difference between the treatments. It was found that treatments with 1 and 2 mM spermidine were the best. Furthermore, the effect of spermidine on the total soluble solid solutions in the flesh of mango fruit was not significant during storage. But skin color, taste, flavor, and aroma index were more favorable. Treatments that delay production of structural lipids led to the production of aromatic volatile substances, which produced a favorable aroma in fruits. It seems that increasing spermidine concentration plays an important role in mango fruit fragrance at the end of shelf-life. The 2 mM spermidine treatment led to the highest total content of phenol and showed the lowest pH in fruit juice.

Conclusions: Spermidine, that is naturally present in animals and plants in particular, belongs to the amine groups. The results indicated that spermidine maintains firmness and extends shelf life of mango fruits and has a significant and beneficial impact on the quality characteristics including weight, color, taste, aroma, and vitamin C during storage. It seems that spermidine of 2 mM concentration has tangible impact on mango fruits and it is

1- Ph.D. Student, Department of Horticultural Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2 and 4- Assistant Professors, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

(*- Corresponding Author Email: S.M.Zahedi@maragheh.ac.ir)

3- Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

recommended in mango store rooms. There is a competition in production of Ethylene and polyamides of spermine, spermidine, and putrescine in plants, due to their common precursor namely S-adenosyl methionine, yet they act oppositely in ripening and senescence processes. Application of polyamides had extraordinary effects on the quality of some fruits during storage.

Keywords: Dipped, Mango, Phenol, Spermidine, Storage



بهینه‌سازی بستر کشت قارچ خوراکی شاه صدف با استفاده از ضایعات ارزان قیمت لیگنوسلولزی

جواد جانپور^۱ - محمد فارسی^{۲*} - فاطمه قلی زاده^۳ - حمیدرضا پوریانفر^۴ - شراره رضائیان^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۰

چکیده

قارچ خوراکی - دارویی شاه صدف (*Pleurotus eryngii*) یکی از مهمترین گونه‌های قارچ‌های صدفی است. با توجه به اهمیت اقتصادی این قارچ، تأثیر نوع بستر کشت بر خصوصیات آن بررسی گردید. هدف اصلی در این تحقیق بررسی اثر مقادیر مختلف مکمل‌های غذایی و نوع بستر کشت بر شاخص‌های عملکرد و بهره‌وری بیولوژیکی قارچ شاه‌صدف بود. از بسترکشت خاک اره با مکمل‌های سبوس گندم، کنجاله‌سویا، سبوس برنج و تفاله چای و خاک اره به تنهایی برای این منظور استفاده شد. آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار جهت بررسی میزان بهره‌وری بیولوژیکی، میانگین تعداد و وزن قارچ انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین بهره‌وری بیولوژیکی قارچ شاه صدف (۷۲٪) در ترکیب بستر کشت خاک اره با مکمل‌های سبوس گندم و کمترین بهره‌وری بیولوژیکی (۳۰٪) در بستر کشت خاک اره به تنهایی بدست آمد. همچنین بهترین بستر کشت برای داشتن بیشترین تعداد قارچ بسترکشت خاک اره با مکمل‌های سبوس گندم و بهترین ترکیب سوبسترا برای داشتن بیشترین وزن قارچ ترکیب بسترکشت خاک اره با مکمل تفاله چای توصیه می‌گردد. نتایج نشان داد ترکیب بستر کشت خاک اره با مکمل‌های سبوس گندم و pH=۷ بیشترین سرعت رشد میسلیم را در عصاره محیط کشت‌ها در پتری‌دیش و همچنین در بستر کشت در داخل لوله‌های فالكون داشت.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، بهره‌وری بیولوژیکی، ضایعات گیاهی لیگنوسلولزی، قارچ شاه صدف

مقدمه

دارای مواد مؤثره دارویی و یا خواص دارویی با ارزش باشند. تولید میوه و اسپاوان^۶ (بذر قارچ) قارچ‌های دارویی در ایران دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد (۲). بدلیل دارا بودن خواص دارویی، قارچ شاه صدف نیز یکی از قارچ‌های خوراکی - دارویی محسوب می‌شود (۱). در تحقیقات ثابت شده است که خاک اره، پوسته پنبه دانه، کلش ذرت، کلش گندم، باگاس نیشکر، همراه با مقادیر مختلف کنجاله سویا، کنجاله بادام زمینی، سبوس گندم و غیره، بسترهای بسیار مناسبی برای تولید تجاری قارچ شاه صدف می‌باشند (۱۵). همچنین کاه برنج به دلیل محتوای پروتئینی بالا به عنوان یکی از بهترین ترکیبات برای کشت گونه‌های قارچ صدفی استفاده می‌شود (۱۸). یکی از مزایای استفاده از خانواده قارچ‌های صدفی توانایی بالای آن‌ها برای رشد در بسترهای لیگنوسلولوزی بدون نیاز به کمپوست فرآوری شده و خاک پوششی است. تکنیک‌های تولید برای این بازیدیومیست‌ها به خوبی توسعه یافته است و در مقایسه با بسترهایی که برای قارچ دکمه‌ای سفید استفاده می‌شوند، نسبتاً ساده هستند (۱۴). خاک اره و پودر بامبو از جمله ترکیباتی هستند که به عنوان

قارچ خوراکی شاه صدف (*Pleurotus eryngii*) یکی از اعضای خانواده قارچ‌های صدفی و از نظر طبقه‌بندی علمی متعلق به شاخه Basidiomycota، رده Agaricomycetes و خاندان Pleurotaceae بوده و عموماً بطور طبیعی بر روی گیاهان تیره چتریان (Apiaceae) رشد می‌نماید. قارچ شاه صدف با داشتن ویژگی‌های شاخصی چون بافت منسجم، شکل منحصر به فرد و طعمی مناسب، نام شاه صدف را در بین خانواده قارچ‌های صدفی به خود اختصاص داده است. قارچ خوراکی - دارویی به دسته‌ای از قارچ‌های خوراکی گفته می‌شوند که در مقیاس صنعتی تولید شده و

۴ و ۵ - اعضای هیأت علمی گروه زیست‌فناوری قارچ‌های صنعتی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
۲ - استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: mohfarsi@yahoo.com)

(*) - نویسنده مسئول:

۳ - کارشناس ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.61538

اره بالاترین عملکرد بیولوژیکی و بهره‌وری (۷۳/۵ درصد) نسبت به سایر نژادها را دارد. پنگ و همکاران (۱۲) نیز تأثیر مکمل سبوس برنج بر روی دو نژاد قارچ شاه صدف برای تعیین بهترین و اقتصادی‌ترین مقدار سبوس برنج را برای رشد گونه‌های قارچ پلوروتوس در تایوان بررسی کردند. نژاد Holland 150 با اضافه کردن سبوس برنج بالاترین میزان راندمان بیولوژیکی را داشت. آنتون و همکاران (۱) غلظت‌های متفاوت نیتروژن (۲/۰، ۱/۴، ۰/۸٪) را برای تعیین مقدار مطلوب نیتروژن بستر ارزیابی کردند. نتایج این بررسی حاکی از آن بود که بهترین میزان غلظت نیتروژن بستر ۱/۴٪ است که در تمامی نژادها وضعیت بهتری را نشان می‌داد.

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی نقش تعدادی از ضایعات لیگنوسلولوزی کشاورزی در بهینه‌سازی بستر کشت قارچ خوراکی شاه صدف و تأثیر آن‌ها بر روی توان بیولوژیکی تولید محصول در این قارچ بود. در این راستا بهترین pH برای رشد رویشی قارچ شاه صدف نیز بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

نژاد قارچ: در این پژوهش در تمام تیمارها از یک نژاد تجاری قارچ خوراکی شاه صدف (*P. eryngii*) استفاده گردید. نژاد استفاده شده با کد شناسایی KS004 از آزمایشگاه تحقیقات قارچ‌های خوراکی دانشگاه ملی Gyeongsang کره جنوبی دریافت گردید. این نژاد هم‌اکنون در سازمان جهاد دانشگاهی خراسان رضوی نگهداری می‌شود.

تیمارهای آزمایشی: برای بررسی تأثیر ترکیبات مختلف بستر کشت بر پایه استفاده از خاک اره، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ ترکیب مختلف بستر کشت و ۴ تکرار انجام گرفت. در این تحقیق تأثیر ترکیبات استفاده شده بعنوان بستر کشت بر روی رشد قارچ شاه صدف به همراه مکمل‌ها (جدول ۱) بررسی شد.

آماده‌سازی بسترهای کشت: خاک اره بعنوان ماده اصلی در ترکیب‌های جدول ۱ به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور گردید. خاک اره از ترکیب چوب درخت راش و صنوبر به نسبت ۵۰٪ بود. سپس خاک اره‌ها آبکش شده و طبق تیمارهای آزمایشی با مکمل‌های عنوان شده مخلوط گردید. سولفات کلسیم و کربنات کلسیم به صورت خشک به ترکیب‌های مربوطه افزوده شد. بسترهای آماده شده داخل کیسه‌های پلی اتیلنی ۲۰×۴۰ سانتی‌متر به وزن ۸۰۰ گرم ریخته شد. پس از بستن درب آن‌ها با درپوش پنبه‌ای، کیسه‌ها داخل اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۵ اتمسفر به مدت ۲ ساعت استریل گردید. پس از سرد شدن کیسه‌ها مایه‌زنی بسترهای کشت با استفاده از اسپاون قارچ شاه صدف نژاد KS004 انجام شد.

بسترهای قوی برای کشت قارچ شاه صدف استفاده می‌شوند (۱۱). با این حال تحقیقات کمی در مورد مناسب بودن انواع ضایعات مختلف لیگنوسلولوزی برای کشت قارچ شاه صدف انجام شده است، در تحقیقات قبلی گندم، پنبه‌دانه و پوسته بادام‌زمینی استفاده شده بودند (۱۰ و ۱۳). در تحقیقات دیگر خاک اره درخت راش، خاک اره و مخلوطی از سبوس برنج (۵)، چوب بلال ذرت و سبوس گندم (۹) برای کشت قارچ شاه صدف استفاده شده است. بسترهای مورد استفاده در هر منطقه به ضایعات کشاورزی موجود در آن منطقه بستگی دارد (۳ و ۴). در اروپا بیشترین بستری که استفاده می‌شود کلش گندم است، در حالی که در کشورهای جنوب شرق آسیا خاک اره شایع‌تر است و اغلب این بسترهای کشت در صنایع دام و طیور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

صیادی و همکاران (۱۸) سرعت رشد میسلیم قارچ شاه صدف (*P. eryngii*) را بر روی برگ خرما غنی شده با پودر سویا و خاک اره بررسی کردند. بیشترین سرعت رشد میسلیم در بستر برگ خرما غنی شده با ۱۰ درصد پودر سویا و کمترین در بستر برگ خرما غنی شده با ۳۰ درصد خاک اره بود. مرکز تحقیقات کشاورزی شانگهای چین در سال ۲۰۱۱ گزارش نمود که قارچ شاه صدف روی بستری با ترکیب خاک اره، پوسته پنبه دانه، کاه ذرت و باگاس رشد می‌کند ولی بهترین نتیجه برداشت زمانی حاصل می‌شود که سبوس برنج، آرد ذرت، پوسته پنبه دانه یا کنجاله سویا به بستر اصلی اضافه شود. با توجه به وجود مقادیر بالای نیتروژن در پودر کنجاله سویا و سبوس غلات به نظر می‌رسد افزودن این مکمل‌ها در نسبت‌های پایین موجب ترغیب رشد رویشی قارچ خوراکی شود ولی در نسبت‌های بالا به دلیل اضافه شدن مقادیر بالای نیتروژن به بستر و کاهش نسبت C/N موجب کاهش رشد رویشی می‌گردد. همچنین نسبت C/N بهینه برای مرحله رشد رویشی قارچ تقریباً ۱۷:۱ می‌باشد (۶ و ۷).

کننی و کبدی (۵) گونه‌های متفاوت قارچ صدفی را با نسبت‌های مختلف ضایعات کاغذ و پنبه دانه کشت کردند و عملکرد و کارایی بیولوژیکی آن را بررسی نمودند. در این بررسی نسبت‌های مختلف ضایعات کاغذ و پنبه دانه با سبوس گندم و سنگ آهک بر اساس وزن خشک مورد استفاده قرار گرفت و نتایج به دست آمده نشان داد که امکان تولید تجاری با کیفیت خوب این قارچ در بستر تهیه شده از نسبت‌های مختلف ضایعات کاغذ و پنبه دانه فراهم می‌شود.

تاج الدین (۱۹) تأثیر غنی‌سازی بستر تفاله کشت بوسيله تفاله زیتون، تفاله خشک چغندر قند و سویا را بر قارچ خوراکی صدفی دینگری (*P. sajor-cajo*) بررسی نموده و دریافت که در بسیاری از موارد میزان تولید قارچ حاصل از کاه غنی شده نسبت به شاهد بالاتر است.

مونمون و همکاران (۸) نژادهای مختلف قارچ شاه صدف را بر روی خاک اره و کاه برنج کشت کرده و پارامترهای رشد و عملکرد آن‌ها را بررسی کردند. نتایج نشان داد که نژاد کشت شده روی خاک

جدول ۱- تیمارهای آزمایشی و نسبت ترکیبات مواد لیگنوسلولزی در هر تیمار
Table 1- Treatments and combinations of lignocellulosic materials in each treatment

تیمارهای آزمایشی Treatments	نسبت در مخلوط Ratio in the mix (%)	ترکیبات Compounds
1	47:47:3:3	خاک اره، سبوس گندم، سنگ گچ و آهک saw dust, wheat bran, gypsum and lime
2	85:9:3:3	خاک اره، کنجاله سویا، سنگ گچ و آهک saw dust, soybean meal, gypsum and lime
3	47:47:3:3	خاک اره، سبوس برنج، سنگ گچ و آهک saw dust, rice bran, gypsum and lime
4	85:9:3:3	خاک اره، تفاله چای، سنگ گچ و آهک saw dust, tea waste, gypsum and lime
5 شاهد Control	94:3:3	خاک اره، سنگ گچ و آهک saw dust, gypsum and lime

برای رشد در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ روز نگهداری شد. پس از این مدت دانه‌های گندم احاطه شده با میسلیم قارچ شاه صدف (اسپاون) برای مایه‌زنی بسترهای کشت مورد استفاده قرار گرفت.

مایه‌زنی بسترهای کشت: بسترهای کشت آماده شده مطابق ترکیب هر تیمار بصورت جداگانه با اسپاون قارچ شاه صدف در زیر هود لامینار ایرفلو، مخلوط شد. برای هر کیسه ۸۰۰ گرمی حدود ۴۰ گرم اسپاون استفاده گردید. پس از مایه‌زنی کیسه‌ها بخوبی مخلوط شده و درپوش پنبه‌ای برای محافظت از آلودگی بر روی درب کیسه‌ها قرار گرفت.

شرایط نگهداری بسترهای کشت: بعد از عمل مایه‌زنی به منظور رشد رویشی، بسترهای کشت به اتاق رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انتقال یافت. پس از ۱۰ تا ۱۶ روز میسلیم قارچ شاه صدف تمام بسترهای کشت را فرا گرفت. بسترهای پر شده از میسلیم قارچ شاه صدف برای تحریک رشد زایشی در دمای ۱۸-۱۶ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از گذشت ۱۷ تا ۲۲ روز از مایه‌زنی، قارچ‌های اولیه تشکیل گردید و اولین فلاش میوه‌دهی در ۲۱ تا ۲۶ روز پس از مایه‌زنی گرفته شد. میوه‌ها هر ۴ روز برداشت شده و تعدادشان در هر کیسه کشت شمرده و وزن شد.

شاخص‌های رشد مورد اندازه‌گیری: مقدار رشد رویشی میسلیم (AMG^۱) در بسترهای کشت، تعداد اندام میوه‌دهی (NFB^۲)، وزن قارچ تازه برداشت شده و بهره‌وری بیولوژیکی (BE^۳) در هر تیمار اندازه‌گیری شدند. سرعت رشد میسلیم در بستر

جدول ۴- خصوصیات بسترهای کشت

Table 4- Properties of substrates

تیمارهای آزمایشی Treatments	C/N	N (%)
1	58.9	1.838
2	74.3	1.210
3	88.4	1.156
4	95.3	0.857
5	146.8	0.396

تیمارهای آزمایشی: ۱- (خاک اره (۴۷٪)، سبوس گندم (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۲- (خاک اره (۸۵٪)، کنجاله سویا (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۳- (خاک اره (۴۷٪)، سبوس برنج (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۴- (خاک اره (۸۵٪)، تفاله چای (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۵ یا شاهد (خاک اره (۹۴٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)).

Treatment: 1-(saw dust (47%), wheat bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 2-(saw dust (85%), soybean meal (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 3-(saw dust (47%), rice bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 4-(saw dust (85%), tea waste (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 5 or Control-(saw dust (94%), gypsum (3%), lime (3%)).

تهیه اسپاون (بذر قارچ): یک کیلوگرم بذر گندم دیم را در ۱۸۰۰ میلی‌لیتر آب به مدت ۲۰ دقیقه جوشانده شد و سپس دانه‌ها در آب جوشیده به مدت ۱۰ دقیقه باقی ماندند. پس از اتمام مراحل جوشاندن و خیساندن، دانه‌های مورد نظر سرد شده و آب اضافی آنها تبخیر شد. بعد از این عمل، کربنات کلسیم (آهک) و سولفات کلسیم هیدراته (گچ) به دانه‌ها اضافه گردید. بعد از اتمام مراحل قبلی، دانه‌های گندم درون پلاستیک‌های مقاوم به حرارت ریخته شده و برای ضدعفونی کردن درون اتوکلاو با شرایط فشار ۱/۵ اتمسفر به مدت ۲ ساعت در درجه حرارت ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

مایه‌زنی یا تلقیح اسپاون: دانه‌های گندم آماده شده با قطعه کوچکی از محیط کشت حاوی میسلیم قارچ شاه صدف تلقیح شده و

1- Amount of Mycelium Growth
2- Number of Fruiting Body
3- Biological Efficiency

گردید.

نتایج و بحث

تأثیر pH و نوع بستر کشت در سرعت رشد میسلیوم: اندازه‌گیری سرعت رشد میسلیوم در عصاره بسترهای کشت با سه pH مختلف (۵/۵، ۷ و ۸/۵) و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت (۱). اندازه‌گیری میانگین شعاع رشد میسلیوم پس از گذشت ۷ روز در عصاره تیمارهای آزمایشی، نشان داد که بهترین pH برای رشد میسلیوم برای تمام تیمارها pH=۷ بود (شکل ۱). از این pH در مرحله بعد برای بررسی رشد میسلیوم در بسترهای کشت استفاده شد.

کشت در داخل لوله فالكون و همچنین در عصاره محیط کشت‌ها با سه pH متفاوت (۵/۵، ۷ و ۸/۵) در پتری‌دیش در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

تعداد روز/ $\times 3/14$ (میانگین شعاع میسلیوم قارچ) = (AMG)

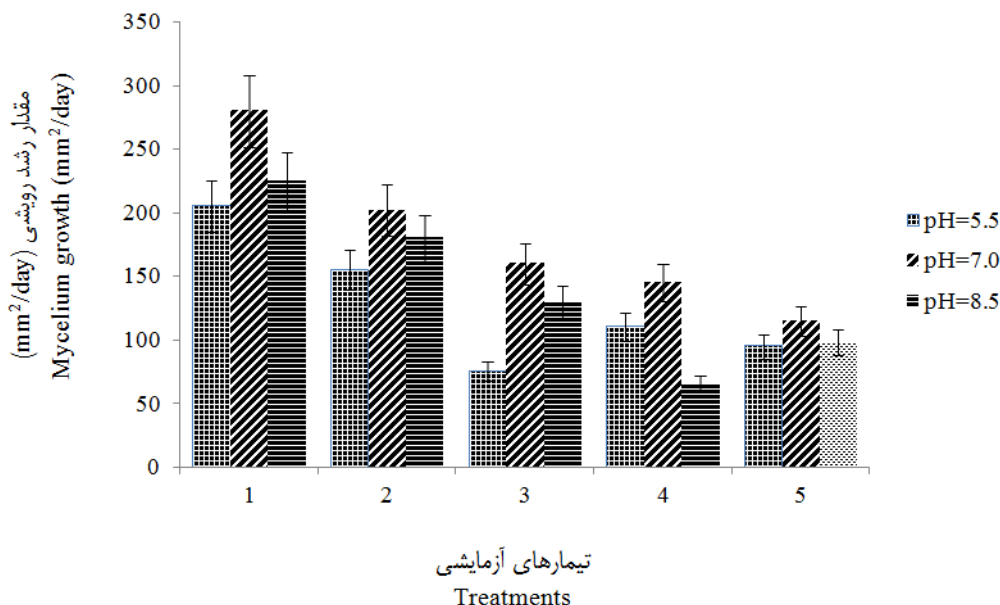
مقدار رشد رویشی میسلیوم

$\times 100$ (وزن خشک بستر/ وزن قارچ تازه برداشت شده) = (BE)

بهره‌وری بیولوژیکی

تجزیه داده‌ها: آزمایش در قالب طرح تصادفی با ۵ تیمار و ۴

تکرار انجام شد و اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری JAMP 4.0 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و رسم نمودارها با نرم‌افزار Microsoft Exell 2007 و SygmaPlot 12.0 انجام



شکل ۱- نرخ رشد میسلیوم قارچ شاه صدف در عصاره محیط کشت تیمارهای آزمایشی در pHهای مختلف

تیمارهای آزمایشی: ۱- (خاک اره (۴۷٪)، سبوس گندم (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۲- (خاک اره (۸۵٪)، کنجاله سویا (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۳- (خاک اره (۴۷٪)، سبوس برنج (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۴- (خاک اره (۸۵٪)، تفاله چای (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۵ یا شاهد (خاک اره (۹۴٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪))

Figure 1- Growth rate of king oyster mushroom mycelium in extract of media culture treatments in different PH

Treatment: 1- (saw dust (47%), wheat bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 2- (saw dust (85%), soybean meal (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 3- (saw dust (47%), rice bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 4- (saw dust (85%), tea waste (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 5 or Control- (saw dust (94%), gypsum (3%), lime (3%))

بقیه تیمارها رشد حداکثری دیده نمی‌شود.

تعداد قارچ تازه: مقایسه میانگین تعداد قارچ در تیمارهای آزمایشی در شکل ۲ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود، میانگین بیشترین تعداد قارچ در ترکیب بستر کشت ۱ و کمترین تعداد قارچ در بستر کشت ۵ به دست آمد. بین ترکیب‌های بستر کشت ۳ و ۴ و ترکیب‌های بستر کشت ۲، ۴ و ۵ از نظر تعداد میوه قارچ اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0.05$) وجود نداشت. در جدول ۳ کیفیت میوه‌ها در

اندازه‌گیری مقدار رشد میسلیوم قارچ شاه صدف در بستر کشت

تیمارهای آزمایشی، نشان داد که بین ۵ ترکیب بستر کشت، بیشترین مقدار رشد میسلیوم مربوط به بستر کشت شماره ۱ و کمترین مقدار رشد مربوط به بستر کشت شماره ۵ بود (جدول ۲). همانطور که در تصویر ۲ مشاهده می‌شود، مقدار رشد میسلیوم در ترکیب شماره ۱ از بقیه بسترها بیشتر بود بطوری‌که پس از ۱۶ روز از تلقیح بستر کشت با میسلیوم، میسلیوم دوانی تقریباً کامل شده است. در صورتی که در

تیمارهای آزمایشی از نظر ضخامت ساقه، قطر کلاهک و رنگ کلاهک بررسی شده و بر اساس خصوصیات ظاهری امتیازبندی گردید. از این رو و با توجه به تعداد و کیفیت میوه، بهترین ترکیب بستر کشت ترکیب شماره ۱ توصیه می‌گردد. این ترکیب نقش مهمی در کاهش هزینه تولید و استفاده از ضایعات کشاورزی مورد بررسی را خواهد داشت.

از سبوس گندم با مقدار نیتروژن ۰۶٪ و با نسبت ۴۷٪ در ترکیب بستر کشت شماره ۱ استفاده شده است. از نتایج نقش بسیار

مهمی در تحریک رشد رویشی میسلیوم قارچ شاه صدف دارد بنابر نتایج بدست آمده در خصوص مقدار رشد رویشی و تعداد و کیفیت میوه، ارتباط افزایش این صفات با استفاده از سبوس گندم در ترکیب بستر کشت مشهود می‌باشد. رویشی و همکاران (۱۶) نیز نشان دادند که مقدار کربن و نیتروژن بستر کشت بر روی زود میوه‌دهی و افزایش تولید تأثیر فراوانی دارد. فیلیپوویس و همکاران (۱۳) نیز به این نکته اشاره کردند که درصد رشد و توسعه میسلیوم قارچ بستگی به دسترسی به نیتروژن بستر کشت دارد.

جدول ۲- مقدار رشد میسلیوم (mm²/day) قارچ شاه صدف در تیمارهای آزمایشی (pH=7)

Table 2- The mycelium growth amount of *P. eryngii* (mm²/day) in different treatments (pH= 7)

تیمارهای آزمایشی Treatments				
5	4	3	2	1
4.04 ^d	bc 4.73	4.87 ^b	bc 4.56	a 5.6

تیمارهای آزمایشی: ۱- (خاک اره ۴۷٪، سبوس گندم ۴۷٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)، ۲- (خاک اره ۸۵٪، کنجاله سویا ۹٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)، ۳- (خاک اره ۴۷٪، سبوس برنج ۴۷٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)، ۴- (خاک اره ۸۵٪، تفاله چای ۹٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)، ۵ یا شاهد (خاک اره ۹۴٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)

Treatments: 1- (saw dust (47%), wheat bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 2- (saw dust (85%), soybean meal (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 3- (saw dust (47%), rice bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 4- (saw dust (85%), tea waste (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 5 or Control- (saw dust (94%), gypsum (3%), lime (3%))



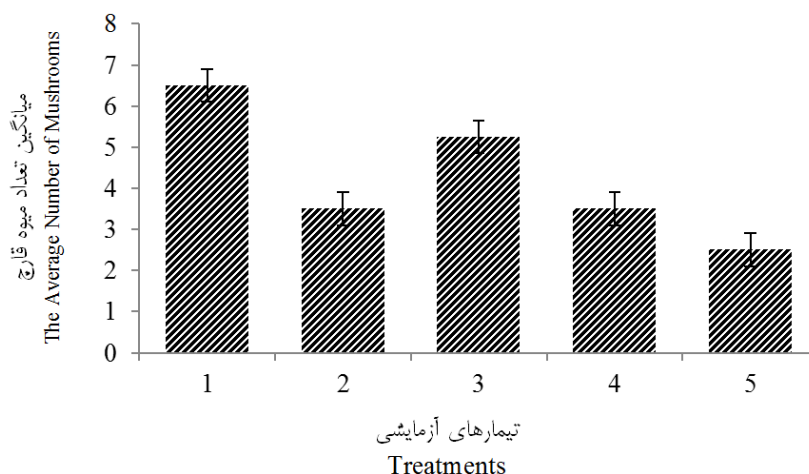
شکل ۲- راست) رشد شعاعی میسلیوم قارچ شاه صدف در تیمارهای آزمایشی پس از ۱۶ روز چپ) بسترهای کشت قارچ شاه صدف در شرایط

میوه گیری

تیمارهای آزمایشی: ۱- (خاک اره ۴۷٪، سبوس گندم ۴۷٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)، ۲- (خاک اره ۸۵٪، کنجاله سویا ۹٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)، ۳- (خاک اره ۴۷٪، سبوس برنج ۴۷٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)، ۴- (خاک اره ۸۵٪، تفاله چای ۹٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)، ۵ یا شاهد (خاک اره ۹۴٪، سنگ گچ ۳٪، آهک ۳٪)

Figure 2- Right) *Pleurotus eryngii* mycelium radial growth in treatments after 16 days Left) Oyster mushroom cultivation substrates in fruiting phase

Treatments: 1- (saw dust (47%), wheat bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 2- (saw dust (85%), soybean meal (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 3- (saw dust (47%), rice bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 4- (saw dust (85%), tea waste (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 5 or Control- (saw dust (94%), gypsum (3%), lime (3%))



شکل ۳- میانگین تعداد قارچ در ترکیب‌های مختلف بستر کشت قارچ شاه صدف

تیمارهای آزمایشی: ۱- (خاک اره (۴۷٪)، سبوس گندم (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، کنجاله سویا (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۳- (خاک اره (۴۷٪)، سبوس برنج (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۴- (خاک اره (۸۵٪)، تفاله چای (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۵ یا شاهد (خاک اره (۹۴٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪))

Figure 3-The average number of mushroom in various substrates formula in *Pleurotus eryngii*

Treatments: 1- (saw dust (47%), wheat bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 2- (saw dust (85%), soybean meal (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 3- (saw dust (47%), rice bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 4- (saw dust (85%), tea waste (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 5 or Control- (saw dust (94%), gypsum (3%), lime (3%))

جدول ۳- کیفیت میوه تولید شده در تیمارهای مختلف بستر کشت (ضخامت ساقه، قطر کلاهک و رنگ کلاهک)

Table 3- Produced fruiting body quality in different treatments (stem thickness, diameter and color cap)

	تیمارهای آزمایشی				
	Treatments				
	5	4	3	2	1
درجه‌بندی کیفی	+	++	+++	++	++++
Quality grading					

(درجه‌بندی کیفیت به ترتیب از عالی (+++++), خیلی خوب (++++), خوب (+++), متوسط (++) و بد (+))

Quality grading, respectively High (+++++), very good (++++), Good (+++), Average (++) and Bad (+)

تیمارهای آزمایشی: ۱- (خاک اره (۴۷٪)، سبوس گندم (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۲- (خاک اره (۸۵٪)، کنجاله سویا (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۳- (خاک اره (۴۷٪)، سبوس برنج (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۴- (خاک اره (۸۵٪)، تفاله چای (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۵ یا شاهد (خاک اره (۹۴٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪))

Treatment: 1- (saw dust (47%), wheat bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 2- (saw dust (85%), soybean meal (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 3- (saw dust (47%), rice bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 4- (saw dust (85%), tea waste (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 5 or Control- (saw dust (94%), gypsum (3%), lime (3%))

بهره‌وری بیولوژیکی: میانگین درصد بهره‌وری بیولوژیکی در

تیمارهای آزمایشی ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب عبارتند از ۶۴/۸۱، ۴۹/۷۴، ۵۹/۲۲ و ۲۸/۷۲. نتایج بدست آمده در شکل ۴ نشان می‌دهد که تیمار آزمایشی شماره ۱ بیشترین راندمان بیولوژیکی (۶۴/۸۱٪) را داشته و تیمار شماره ۵ دارای کمترین راندمان بیولوژیکی (۱۹/۸۱٪) بوده است. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که تیمارهای ۱ و ۳ همچنین ۴ و ۵ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0.05$) را ندارد. رویز و همکاران (۱۷) مشاهده کردند که نسبت‌های سبوس برنج که منجر به افزایش میانگین تعداد

میانگین وزن قارچ: بررسی تجزیه واریانس نشان از معنی‌دار

بودن ($p \leq 0.05$) نوع ترکیب بستر کشت بر روی میانگین وزن قارچ داشت. مطابق شکل ۳، بیشترین وزن هر قارچ در بستر کشت ۲ و کمترین وزن قارچ در بسترهای کشت ۴ و ۵ بوده است. نتایج نشان داد که برای شاخص وزن قارچ، تیمار شماره ۲ بهترین نتیجه را داشته است. در ترکیب بستر کشت ۲، کنجاله سویا با مقدار ازت ۱/۱٪ باعث تأمین ازت مورد این ترکیب می‌شود. با توجه به اینکه کنجاله سویا حاوی ترکیبات دیگری از جمله روغن می‌باشد که باعث افزایش وزن میوه‌های قارچ شده است.

قارچ و افزایش بهره‌وری بیولوژیکی می‌شوند سبب کاهش در میانگین وزن قارچ می‌گردند. رویز و سانچز (۱۶) نیز اظهار کردند

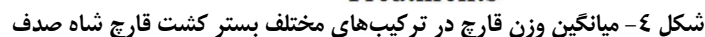
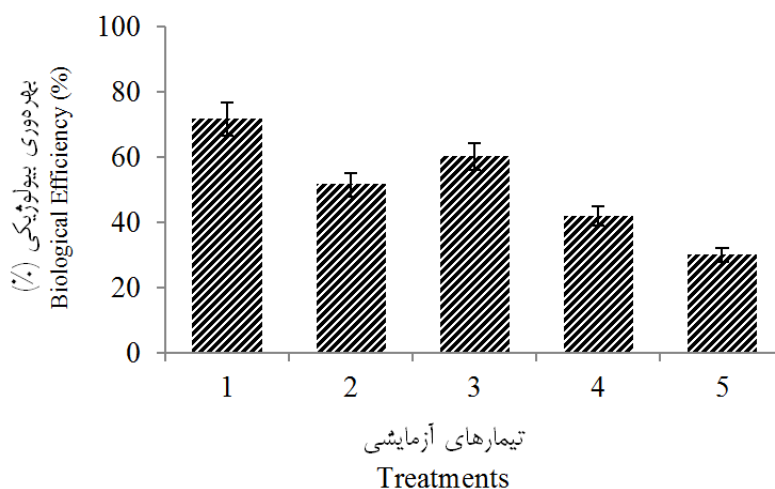


Figure 4- The average of mushroom weight in different compositions of mushroom substrate

در پژوهش حاضر بیشترین میزان نیتروژن (۱/۸٪) مربوط به تیمار آزمایشی ۱ و کمترین میزان نیتروژن (۰/۴٪) مربوط به تیمار آزمایشی ۵ بود (جدول ۳). در نتایج بدست آمده، بهترین تیمار از لحاظ تعداد میوه و بهره‌وری بیولوژیکی (ویژگی‌های مطلوب کشت صنعتی) تیمار شماره ۱ بود که نسبت C/N آن ۵۹:۱ بدست آمد. نتایج این آزمایش با نتایج آنتن و همکاران (۱) که در آزمایشی بهترین میزان غلظت نیتروژن را بررسی کرده و مقدار ۱/۷٪ نیتروژن را بهترین غلظت نیتروژن در بستر کشت معرفی نمودند، تأیید می‌کند. همچنین آن‌ها عنوان کردند که کشت در ظروف کوچک (یک کیلوگرمی) و استریل کردن بستر، میزان تولید را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌بخشد.

قدمت و سابقه کشت و پرورش قارچ خوراکی در ایران به بیش از ۵۰ سال بر می‌گردد، اما در طی این سال‌ها یک یا نهایتاً دو گونه از قارچ‌های خوراکی بصورت صنعتی تولید شده‌اند. این در حالی است که



شکل ۵- تأثیر ترکیب‌های مختلف سوبسترا بر درصد بهره‌وری بیولوژیکی قارچ شاه صدف

تیمارهای آزمایشی: ۱- (خاک اره (۴۷٪)، سبوس گندم (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، کنجاله سویا (۹٪)، خاک اره (۸۵٪)، ۲- (خاک اره (۸۵٪)، کنجاله سویا (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۳- (خاک اره (۳٪)، سبوس برنج (۴۷٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، تفاله چای (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۴- (خاک اره (۸۵٪)، تفاله چای (۹٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪)، ۵ یا شاهد (خاک اره (۹۴٪)، سنگ گچ (۳٪)، آهک (۳٪))

Figure 5- The effect of different substrate on biological efficiency of king Oyster mushroom

Treatment: 1-(saw dust (47%), wheat bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 2-(saw dust (85%), soybean meal (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 3-(saw dust (47%), rice bran (47%), gypsum (3%), lime (3%)), 4-(saw dust (85%), tea waste (9%), gypsum (3%), lime (3%)), 5 or Control-(saw dust (94%), gypsum (3%), lime (3%))

سپاسگزاری

این پژوهش که در قالب طرح پژوهشی به شماره ۱۱-۲۲۶۹ بوده است، تشکر و قدردانی می‌گردد.

احتراما از پروه پژوهشی زیست‌فناوری قارچ‌های صنعتی در جهاد دانشگاهی خراسان رضوی برای حمایت‌های مالی و معنوی در انجام

منابع

- 1- Anton S.M., Sonnenberg Patrick M., Hendrickx and Sumiati E. 2006. Evaluation of *Pleurotus eryngii* strains. Applid Plant Resaarch. Mushroom Research Unit, 30:140-149.
- 2- Azizi A. 1997. Application of agricultural waste to produce mushroom and animal food. Ministry of agriculture, research organizations, promotion of agricultural education, 13: 33-42. (in Persian)
- 3- Bao D., Kinugasa S., and Kitamoto Y. 2004. The biological species of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) from Asia based on mating compatibility tests. Journal of Wood Sciences, 50:162-168.
- 4- Cohen R., Persky L., and Hadar Y. 2002. Biotechnological applications and potential of wood degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. Applied Microbiology and Biotechnology, 58:582-594.
- 5- Keneni A., and Kebede G. 2014. Cultivation of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on substratum composed of waste paper and cotton seed wastes. Advanced Journal of Agricultural Research. 2(008): 114-122.
- 6- Martinez-carrera D., Aguilar A., and Martinez W. 2000. Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico. Coffee Biotechnology and Quality, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 45: 471-488.
- 7- Miles P.G., and Chang S.T. 2009. Mushroom cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact. Second edition. 458 pp.
- 8- Moonmoon M., Uddin M.N., Ahmed S., Shelly N.J., and Khan M.A. 2010. Cultivation of different strains of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) on saw dust and rice straw in Bangladesh. European Journal of Biological Sciences. 2 (1): 13-18.
- 9- Obatake Y., Murakami S., Matsumoto T., and Nakai YF. 2003. Isolation and characterization of a sporeless mutant in *P. eryngii*. Official English Journal of the Mycological Society of Japan 44: 33-40.
- 10- Obodai M., Cleland-Okine J., and Vowotor K.A. 2003. Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. Journal of Industrial of Microbiology and Biotechnology. 30: 146-149.

- 11- Ohga S. 1999. Suitability of bamboo powder for the sawdustbased cultivation of edible mushrooms. *Mushroom Sci. Journal of Biotechnology*, 7: 19-22.
- 12- Peng J.T., Lee C.M., and Tsai Y.F. 2000. Effect of rice bran on the production of different king oyster mushroom strains during bottle cultivation. *Journal of agricultural research (J Agr Res). China*, 49 (3): 60-67.
- 13- Philippoussis A, Zervakis G., and Diamantopoulou P. 2001. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *A. aegerita*, *V. volvacea* and *Pleurotus* spp. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17: 191- 200.
- 14- Quimio T.H., Chang S.T., and Royse D.J. 1990. Technical guidelines for mushroom growing in the tropics. *F.A.O. Plant Production and Protection*, 106: 62–70.
- 15- Rodriguez Estrada A.E., and Royse D.J. 2007. Yield, size and bacterial blotch resistance of *Pleurotus eryngii* grown on cotton seed hulls/oak sawdust supplemented with manganese, copper and whole ground soybean. 98 (10): 1898–1906.
- 16- Royse D.J., and Sanchez-vazquez J.E. 2001. Influence of substrate wood chip particle size on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. *Bioresource Technology*, 76: 229-233.
- 17- Royse D.J., Bahler B.D., and Bahler C.C. 1990. Enhanced yield of shiitake by saccharide amendment of the synthetic substrate. *Appl. Environ. Microbiol*, 56: 479-482.
- 18- Thomas G.V., Prabhu S.R., Reeny M.Z., and Bopaiah B.M. 1998. Evaluation of lignocellulosic biomass from coconut palm as substrate for cultivation of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 14: 879–882.
- 19- Sayyadi B., Behnamiaan M., Dajestan S., and Haji-ramezani M.R. 2013. King Oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) mycelium linear growth rate estimates on palm leaf waste. The first national conference on strategies to achieve sustainable development. 20 Mar. 2013. Tehran. Iran
- 20- Tajoddin B. 1994. The effect of medium enrichment of the mushroom *P. sajor-caju* and determine some of the properties of quantitative and qualitative. M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran. 108 pp.
- 21- Verma R. N., Upadhyay R. C., Sing S. K., and Yadav M. C. 2002. Effect of organic nitrogen supplementation in *Pleurotus* species, *Mushroom Biology and Mushroom Products*, pp. 878-968.
- 22- Wood D.A, and Smith J.F. 1987. The cultivation of mushrooms. *Essays in agricultural and food microbiology*. In: Norris J.R, Pettipher GL (eds) Wiley, New York, pp. 309-343.
- 23- Yildiz A., Karakaplan M., and Aydin F. 1998. Studies on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.ExFr) Kum.Var.salignus (Pres.ExFr) Konr.Etmaub 1: cultivation, proximate composition, organic and mineral composition of carpophores, *Food Chemistry*, pp. 127-130.
- 24- Zadrazil F., and Kurtzman J.R. 1982. The biology of *Pleurotus* cultivation in the tropics. In *Tropical Mushrooms, Biology, Nature and Cultivation Methods*, ed. Chang, S.T. & Quimio, T.H. Hong Kong. Pp, 277–298.



Optimization of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*) Substrate Using Lignocellulosic Affordable Wastes

J. Janpoor¹- M. Farsi^{2*}- F. Gholizadeh³- H. R. Pourianfar⁴- Sh. Rezaian⁵

Received: 29-01-2017

Accepted: 02-10-2017

Introduction: King oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) belongs to Basidiomycota division, Agaricomycetes class and Pleurotaceae family. This mushroom generally grows on wood wastes of Apiaceae family. The *Pleurotus eryngii* is found in pastures, meadows, gardens and seldom in grassy forest clearings and hilly areas. The *Pleurotus* of the Umbellifers occupy an area in the Northern hemisphere between the 30 and 50° N. These species are mainly found in the subtropical regions of the Mediterranean, Central Europe, Russia, Ukraine, Central Asia and Iran. The *P. eryngii sensulato* is the only taxon within the genus, which grows in association with plants. *P. eryngii* has distinguishable characteristics such as coherent texture, unique form, favorable taste and high durability. Mushroom cultivation represents the only current economically viable biotechnology process for the conversion of waste plant residues from forests and agriculture. The species of these genera show much diversity in their adaptation the varying agro-climatic condition which makes more cultivated species than other mushrooms. Special ability of *Pleurotus* family is growing in lignocellulosic plant or agricultural wastes without needing to prepared compost and casing soil. *Pleurotus* is an efficient lignin-degrading mushroom and can grow and yield well on different types of lignocellulosic materials. Type of substrates for mushroom growing depends on available plant or agricultural wastes. In Europe, wheat straw is used for mushroom growing; whereas in Asian South-East countries sawdust is more popular. Different materials for cultivating of *P. eryngii* have been suggested in different regions of the world; but a few studies have been done on suitability of various lignocellulosic affordable wastes for *P. eryngii* production in Iran. Therefore, the current study aims to evaluate effects of various locally available agro wastes on the growth characteristics of King oyster mushroom (*P. eryngii*).

Materials and Methods: Sawdust was utilized as the main substrate obtained from beech and populus trees (1:1). After being rinsed off in water and supplemented with calcium sulfate (3%) and calcium carbonate (3%), the substrate was filled in 20 × 40 cm polyethylene bags weighted to 800 grams. Sterilization was performed at 121 °C under pressure of 1.5 bars for two hours. A cultivated *P. eryngii* strain was then inoculated in the cooled material at a rate of 3% of dry/fresh substrate. The experiments were conducted based on a completely randomized design with five treatments and four replications, measuring mycelial growth (MG), number of fruiting bodies (NFB), mushroom weight, and biological efficiency (BE). AMG was measured in both test tubes and in petri plates in different pH levels (5.5, 7, and 8.5). Data were analyzed by JAMP 4.0, while graphs were drawn by Microsoft Excel 2007 and SigmaPlot 12.0 software.

Results and Discussion: The pH of 7 was found to be the best for obtaining maximal MG under all treatments after seven days. The highest amount of MG was obtained with substrate No. 1, while the least was observed in the culture of substrate No. 5. The substrates No. 1 and No. 5 generated the highest and lowest NFBs ($p \leq 0.05$). However, there was no significant difference ($p \geq 0.05$) in NFB between substrates No. 1 and 3 or between substrates No. 2, 4 and 5. The BE percentages obtained from experimental treatments No. 1, 2, 3, 4, and 5 were 64.81, 49.74, 59.22, 28.72, and 19.8, respectively. The comparison of means of different growth characteristics revealed that there was no significant difference between substrates No. 1 and 3 or between substrates No. 4 and 5 ($p \geq 0.05$).

Conclusion: In this time, only two species (*Agaricus bisporus* and *P. ostreatus*) are producing in Iran, whereas at least 10 species of edible mushrooms are cultivating in the world. King oyster mushroom has low cost of production and distinguishable characteristics. Therefore, this mushroom can be use as alternative for

1, 4 and 5- Members of Academic Staff, Department of Industrial Fungi Biotechnology, Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR)-Khorasan Razavi Province Branch, Mashhad, Iran, Respectively

2- Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: Javadjanpoor@gmail.com)

3- Graduated of Agricultural Biotechnology, Azad University of Mashhad

button mushroom (*A. bisporus*). Many kind of agricultural wastes are in use for mushroom cultivation. Understanding the effects of substrate materials on mushroom production will be very valuable. The average number of fruits and biological efficiency of treatment No.1 showed significant difference with other treatments. Hence, the treatment No. 1 could be used for commercial production of King oyster mushrooms in Iran. Growth rate of *P. eryngii* was very diverse, in respect to the determinate values of the environmental factors. On the basis of the average growth rate of the strains, we could conclude what are the optimum ecological values of the species, though these conclusions did not always coincide with the optimum values of the certain strains. However, more research needs to be done to obtain regular and homogeneous supply of this mushroom.

Keywords: Biological efficiency, King oyster mushroom, Lignocellulose plant waste, Substrate optimization



ارزیابی ترکیبات فیتوشیمیایی میوه برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه

زهره فلاتی^{۱*} - محمدرضا فتاحی مقدم^۲ - علی عبادی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳

چکیده

آلوه‌ها (*Prunus spp.*) به عنوان یکی از رایج‌ترین میوه‌های هسته‌دار، دارای کالری پایین و ارزش غذایی نسبتاً بالایی هستند. تنوع زیاد در آلوه‌ها سبب ایجاد تفاوت در ترکیبات شیمیایی میوه نیز شده است. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در فاصله زمانی ۱۳۹۲-۱۳۹۴ اجرا شده است. خصوصیات کیفی میوه نظیر محتوای ویتامین ث، صفات مربوط به رنگ پوست و گوشت میوه، محتوای کارتنوئید، آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۱۶ رقم و ژنوتیپ آلو مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی‌دار ارقام بررسی شده را از لحاظ تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان داد. ارقام 'گوجه قرمز' و 'ژاپنی' بالاترین میزان ویتامین ث را با ۱۸/۵ میلی گرم ویتامین ث در ۱۰۰ گرم وزن تازه، رقم 'قطره طلا' با ۵۳/۹۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه بالاترین میزان کارتنوئید کل را داشتند. رقم 'گوجه قرمز' بالاترین میزان شاخص آنتوسیانین را با ۰/۵۲۱ جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر دارا بود و رقم 'آزارک' بالاترین میزان فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را به ترتیب با ۳۷۲/۶ میلی گرم اسید گلیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه برای فنل کل و ۹۶/۳۴ درصد برای درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین ارقام بررسی شده داشتند. ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که عمده ترکیبات فنلی میوه‌های آلو در پوست میوه تجمع دارند و همبستگی بالایی بین شدت رنگ پوست میوه و محتوای فنل کل در آلوه‌ها وجود دارد. از این رو رقم 'آزارک' با دارا بودن بالاترین میزان شاخص رنگ a^* پوست میوه، بیشترین میزان فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در بین ارقام بررسی شده دارا بود.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کارتنوئید، فنل کل، ویتامین ث

مقدمه

هیدروکسی‌سینامیت‌ها، فلاون‌ها، مشتقات اسید گالیک، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها می‌باشند. مطالعات بسیاری نیز همبستگی بالای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را با ترکیبات فنلی نسبت به آسکوربیک اسید، توکوفرول و کارتنوئیدها به اثبات رسانیده‌اند (۵ و ۱۸). ترکیب، مقدار و توزیع مواد فنلی در میوه‌ها به میزان رسیدگی میوه، رقم، عملیات پرورش، شرایط جغرافیایی، فصل رشد و شرایط انبار در طول دوره پس از برداشت بستگی دارد (۷). تحقیقات چند ساله، شواهد زیادی را در زمینه ترکیبات زیست فعال میوه‌ها ارائه داده و استخراج این متابولیت‌ها به سرعت رو به گسترش است.

آلوه‌ها (*Prunus spp.*) به عنوان یکی از رایج‌ترین میوه‌های هسته‌دار، دارای کالری پایین و ارزش غذایی نسبتاً بالایی هستند. آلوه‌ها محتوی کربوهیدرات‌هایی نظیر ساکارز، گلوکز، فروکتوز و همچنین اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و اسید مالیک، فیبرها (پکتین‌ها)، تانن‌ها، مواد آروماتیک و آنزیم‌ها هستند که این مواد ارزش غذایی و طعم آلوه‌ها را تعیین می‌کند (۱). با توجه به دامنه وسیع اندازه، شکل، طعم، عطر، بافت و رنگ در آلوه‌ها که گسترده‌تر از تمامی گونه‌های میوه‌ای کشت شده می‌باشد این میوه در سراسر جهان مورد

مطالعات متعددی نشان داده است که مصرف میوه‌ها، سبزیجات و مواد غذایی حاصل از آن‌ها فوائد زیادی در برابر بیماری‌های مزمن مانند بیماری‌های قلبی و انواع مختلف سرطان‌ها دارد. این خاصیت میوه‌ها و سبزیجات به دلیل حضور برخی ویتامین‌ها مانند ویتامین‌های A، E و C، فیبرها و ترکیبات فیتوشیمیایی می‌باشد (۸). در میان ترکیبات فیتوشیمیایی، پلی‌فنل‌ها نه فقط به دلیل اثر آن‌ها بر کیفیت میوه‌ها و سبزیجات (رنگ، طعم و عطر) بلکه به دلیل فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد، خاصیت ضدسرطانی، ضد میکروبی، ضد آلرژی و ضد فساد اهمیت زیادی دارند (۱). پلی‌فنل‌های موجود در میوه‌ها شامل گروه وسیعی از ترکیبات با فعالیت آنتی‌رادیکالی مانند

۱، ۲ و ۳- به ترتیب فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه و استادان گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(* - نویسنده مسئول: Email: zahra.falati@alumni.ut.ac.ir)

بلکه در آینده نیز مهم ساخته است (۱۵). از این رو با توجه به ارزش اقتصادی، ارزش غذایی و تنوع وسیع آلوها، هدف از این تحقیق ارزیابی ترکیبات فیتوشیمیایی میوه برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های آلو به منظور شناسایی ارقام و ژنوتیپ‌های دارای خصوصیات و کیفیت مورد نظر برای اهداف اصلاحی و پرورش اقتصادی این میوه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در فاصله زمانی اسفند ۱۳۹۲ الی شهریور ۱۳۹۴ اجرا شده است. تمامی ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده در شرایط مدیریتی یکسانی قرار داشتند. سن درختان مورد نظر در زمان آزمایش ۶ سال بود. ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده‌اند. نقشه کاشت درختان مورد نظر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و هر تکرار شامل سه درخت بود. میوه‌ها پس از بلوغ تجاری برداشت شده و برای خصوصیات کیفی نظیر محتوای ویتامین ث، صفات رنگی مربوط به پوست و گوشت میوه، محتوای کارتنوئید، آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بلوغ میوه‌ها به صورت تجربی و همزمان با رنگ‌گیری، نرم شدن میوه و افزایش قند میوه تعیین شد.

اندازه‌گیری میزان ویتامین ث آب میوه

اندازه‌گیری ویتامین ث با روش تیتراسیون و با محلول یدیدور (۱۶) گرم یدور پتاسیم به علاوه ۱/۲۷ گرم کریستال ید در یک لیتر) و معرف نشاسته صورت گرفت. برای این منظور ۵ میلی‌لیتر از آب صاف شده میوه که از مخلوط ۱۰ عدد میوه حاصل شده بود به همراه ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ میلی‌لیتر نشاسته ۱٪ با یدور پتاسیم (۱۶ گرم یدور پتاسیم به علاوه ۱/۲۷ گرم کریستال ید در یک لیتر) تا زمان ظهور رنگ تیره آبی با دوام تیره شد. سپس مقدار ویتامین ث در آب میوه از فرمول (۲-۱) بدست آمد.

فرمول ۲-۱

(۵) میزان ید مصرفی $(\times 0/88)$ = میلی‌گرم ویتامین ث در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه

اندازه‌گیری رنگ پوست و گوشت میوه

رنگ میوه با استفاده از رنگ سنج مینولتا مدل CR-400 مطالعه گردید. برای هر رقم از هر تکرار ۱۰ میوه به تصادف انتخاب گردید و قرائت‌ها از دو نقطه مقابل هم بر روی میوه انجام شد سپس با برش لایه‌ای از گوشت میوه رنگ‌سنجی از گوشت میوه نیز در دو نقطه

کشت و کار قرار می‌گیرد (۱۰) و تولید و پرورش آن رو به افزایش می‌باشد. در طول دهه‌های گذشته تولید جهانی آلوهای اروپایی و آلوهای ژاپنی از ۶,۱۱۰,۸۷۱ تن در سال ۱۹۹۰ به ۱۱,۵۲۸,۳۳۷ در سال ۲۰۱۳ رسیده و با افزایش ۶۱ درصدی همراه بوده است. در همین فاصله زمانی تولید آلو در ایران از ۱۱۸,۹۳۶ تن به ۳۰۵,۲۶۲ تن رسیده و افزایش ۳۹ درصدی داشته است (۶).

تنوع زیاد در آلوها سبب ایجاد تفاوت در ترکیبات شیمیایی میوه نیز شده است. آلوها میوه‌هایی سرشار از ترکیبات زیست فعال یا مواد بیوشیمیایی نظیر ویتامین‌های (A, C و E)، آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنلی دیگر هستند که موجب فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر آن‌ها از پرتقال، سیب و توت‌فرنگی شده است. همچنین این میوه منبع خوبی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بوده و می‌تواند سلامتی مصرف‌کنندگان را تأمین نماید، عصاره آلو فعالیت آنتی‌رادیکالی‌شدیدی را در شرایط آزمایشگاهی نشان داده که مربوط به ترکیبات پلی‌فنلی آنهاست. کلروژنیک اسید و نوکلروژنیک اسید دو ترکیب فنلی عمده در میوه های جنس *Prunus* می‌باشند که دارای خصوصیات آنتی‌اکسیدانی هستند (۱۷).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی، کارتنوئیدها و محتوای ویتامین ث برخی از ارقام هلو، شلیل و آلو در کالیفرنیا بررسی شده است. بر اساس نتایج به دست آمده ترکیبات فنلی، تنها اجزای میوه های هسته‌دار هستند که با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل همبستگی داشتند (۸). بررسی ۱۴ ژنوتیپ آلوی گوشت قرمز و ۸ ژنوتیپ هلو برای محتوای فنل کل و محتوای آنتوسیانین نشان داد که ژنوتیپ های غنی از ترکیبات فنلی گزینش شده ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا، خصوصیات رنگی تثبیت شده و فعالیت ضد میکروبی بالایی دارند. در این بررسی محتوای آنتوسیانین در ارقام آلو بیشتر از ارقام هلو بود (۲). ارزیابی محتوای آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۹ رقم آلو و ۹ رقم گیلاس نشان داده که بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنل کل و همچنین آنتوسیانین همبستگی شدیدی وجود دارد (۱۸). به منظور تعیین ترکیبات شیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، سه رقم آلو (۲۱) بررسی شده است. نتایج حاصله نشان داده که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها از ۳/۱۰ میلی‌مول بر کیلوگرم در رقم "Elena" تا ۳/۱۷ میلی‌مول بر کیلوگرم در رقم "Bistrica" متغیر بود. بین رقم "Elena" و دو رقم دیگر از لحاظ فنل کل و محتوای غیرفلانوئیدی اختلاف معنی‌داری وجود داشت درحالی‌که در مورد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تفاوت معنی‌دار نبود. در بررسی دیگری در ایران نشان داده شد که بین میزان فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های آلو ارتباط مستقیمی وجود دارد (۸).

تنوع وسیع آلوها، توزیع گسترده آن در اکثر نقاط جهان و سازگاری آن با شرایط مختلف توسعه آن را نه فقط در شرایط کنونی

$$c = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

فرمول ۲-۲

مقابل هم انجام شد و شاخص‌های رنگ L^* (درخشندگی)، a^* (قرمز-سبز) و b^* (زرد-آبی) اندازه‌گیری شده و کروما (شدت رنگ) با فرمول (۲-۲) محاسبه گردید.

جدول ۱- ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بررسی شده
Table 1- Evaluated plum cultivars and genotypes

ردیف Row	ژنوتیپ یا رقم Cultivars or genotypes	گروه Group	ردیف Row	ژنوتیپ یا رقم Cultivars or genotypes	گروه Group
1	بلک استار Black Star	<i>P. salicina</i>	9	سانتارزا Santarosa	<i>P. salicina</i>
2	قطره طلا Golden Drop	<i>P. domestica</i>	10	شابلون Shablon	<i>P. salicina</i>
3	سیمکا Simka	<i>P. salicina</i>	11	ازارک Ozarak	<i>P. domestica</i>
4	شوگر Sugar	<i>P. domestica</i> احتمالاً	12	تنسگل Tanasgo	هیبرید آلو و زردآلو
5	استنلی Stanly	<i>P. domestica</i>	13	ژاپنی Japanese	<i>P. salicina</i>
6	بخارا Bokhara	<i>P. domestica</i>	14	درگزی Dargazi	<i>P. salicina</i> احتمالاً
7	شمس Shams	<i>P. domestica</i>	15	کمپوتی Compooti	<i>P. domestica</i> احتمالاً
8	گوجه قرمز Gogeh Germez	<i>P. cerasifera</i>	16	گوجه سبز Gogeh Sabz	<i>P. cerasifera</i>

OD_{۴۸۰}: میزان جذب در طول موج ۴۸۰ نانومتر
۴۰: ضریب رقت نمونه

اندازه‌گیری شاخص آنتوسیانین

جهت اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین، ابتدا آب میوه توسط دستگاه سانتریفوژ فازبندی گردید، سپس یک میلی‌لیتر از آب صاف شده میوه با سه میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد رقیق شده و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Lambda EZ 201 در طول موج ۵۳۰ نانومتر قرائت گردید.

اندازه‌گیری میزان فنل کل میوه

برای این منظور نیم گرم از گوشت میوه در ۴ میلی‌لیتر الکل اتانول همگن شده و سپس عصاره توسط سانتریفوژ صاف گردید. سپس به ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین، یک میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷٪ و ۸ میلی‌لیتر آب مقطر، به ۱۰۰۰ میکرولیتر از عصاره فوق افزوده شد. میزان جذب پس از قرارگیری در حمام آب گرم به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت گردید. فنل کل بر اساس میلی‌گرم اسیدگالیک موجود در یک گرم وزن تر نمونه بیان شد. غلظت فنل کل بر اساس منحنی استاندارد اسیدگالیک خالص محاسبه شد.

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدان‌های کل

یک گرم از بافت میوه با ۸ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد همگن شده و مخلوط حاصل در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردیده سپس محلول رویی جمع‌آوری شد. در مرحله بعدی ۳۴۰۰

اندازه‌گیری کارتنوئید کل

جهت اندازه‌گیری مقدار کارتنوئید کل میوه مقدار ۲ گرم از گوشت میوه در محلول ترکیبی ۴۰ قسمت استون و ۶۰ قسمت هگزن (C_6H_{14}) داخل یک هاون چینی همگن گردید و سپس به مدت ۵ دقیقه در ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. محلول رویی جدا و رسوبات مجدداً توسط محلول ترکیبی استون-هگزن رنگ‌گیری و سانتریفوژ شد. عمل استخراج تا آنجا ادامه پیدا کرد که رسوبات باقی مانده کاملاً بی‌رنگ شدند. سپس حداکثر جذب عصاره کارتنوئیدی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در ۴۸۰ نانومتر قرائت گردید. مقدار کارتنوئید کل بر اساس فرمول زیر محاسبه و به صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن میوه بیان گردید.

فرمول ۳-۲

$$OD_{۴۸۰} \times ۴۰ = \text{میزان کارتنوئید (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه)}$$

میکرولیتر از محلول ۱-۱-دی فنیل - ۲- پیکریل هیدرازیل^۱ داخل کووت شیشه‌ای ریخته شده و مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره متانولی تهیه شده نیز به آن اضافه شد. محلول حاصل به مدت دو ساعت در شرایط تاریکی نگهداری گردید و سپس میزان جذب نوری آن در ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. ظرفیت آنتی اکسیدانی کل بر اساس فرمول (۲۳-۱)، به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه گردید.

فرمول ۲-۱۱

۱۰۰ × میزان جذب شاهد / (میزان جذب شاهد - میزان جذب نمونه) = درصد فعالیت آنتی اکسیدان

آنالیزهای آماری

داده‌های به دست آمده پس از نرمال سازی با استفاده از نرم افزار SAS آنالیز شدند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد. تبدیل داده‌های عددی به روش ریشه دوم و داده‌های درصدی به روش زاویه انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی دار ارقام بررسی شده را از لحاظ خصوصیات کیفی میوه (شاخص‌های رنگ مربوط به پوست و گوشت میوه) و محتوای ترکیبات بیوشیمیایی نظیر میزان ویتامین ث، محتوای آنتوسیانین‌ها، محتوای کارتنوئید، فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۲).

شاخص‌های رنگ پوست و گوشت میوه ارقام و ژنوتیپ های آلو

بالاترین میزان شاخص L^* (درخشندگی) پوست میوه در ارقام "تنسگل" و "کمپوتی" و پس از آن در ارقام "قطره طلا" و "شمس" مشاهده شد. پایین‌ترین میزان این شاخص نیز در ارقام "شوگر" و "گوجه سبز" مشاهده شد. ارقام "بلک استار" و "گوجه قرمز" بالاترین میزان درخشندگی گوشت میوه را در بین ارقام بررسی شده نشان دادند و پس از آن‌ها ارقام "تنسگل"، "سیمکا" و "درگری" قرار داشتند. رقم "شوگر" پایین‌ترین میزان درخشندگی گوشت میوه را در بین ارقام بررسی شده دارا بود (جدول ۳). شاخص رنگ (a^*) پوست و گوشت میوه نیز در بین ارقام بررسی شده تفاوت های معنی داری را نشان داد و بالاترین میزان این شاخص در رقم "ازارک" مشاهده شد. ارقام "گوجه سبز" و "قطره طلا" نیز پایین‌ترین میزان این شاخص را دارا بودند. رقم "گوجه قرمز" بالاترین

میزان شاخص رنگ a^* گوشت میوه را نشان داد و رقم "ژاپنی" در جایگاه بعدی قرار داشت. ارقام "ازارک" و "شمس" نیز پایین‌ترین میزان این شاخص را در بین ارقام بررسی شده داشتند (جدول ۳). ارقام "تنسگل" و "کمپوتی" بالاترین میزان شاخص رنگ b^* پوست میوه را در بین ارقام بررسی شده نشان دادند و پس از این ارقام رقم "قطره طلا" قرار داشت. ارقام "سانتارزا"، "شوگر"، "استنلی" و "بخارا" پایین‌ترین میزان شاخص رنگ b^* پوست میوه را دارا بودند. رقم "بلک استار" و پس از آن ارقام "تنسگل" و "درگری" بالاترین میزان شاخص رنگ b^* گوشت میوه و رقم "ژاپنی" پایین‌ترین میزان شاخص رنگ b^* گوشت میوه را نشان دادند (جدول ۳).

میزان شدت یا خلوص رنگ در بین ارقام مختلف متفاوت بوده و بالاترین میزان آن در ارقام "تنسگل" و "کمپوتی" و پس از آن در رقم "ازارک" مشاهده شد. رقم "بلک استار" با دارا بودن پایین‌ترین میزان کرومای پوست میوه بالاترین میزان کروما گوشت میوه را نشان داد و پس از آن ارقام "تنسگل" و "درگری" بالاترین میزان شدت رنگ گوشت میوه را دارا بودند. پایین‌ترین میزان این شاخص در گوشت میوه نیز در ارقام "سانتارزا"، "شوگر" و "ژاپنی" مشاهده شد (جدول ۳).

رنگ میوه‌های آلو به حضور آنتوسیانین‌ها و کارتنوئیدها در آن‌ها مربوط می‌باشد (۱۴). هر دو گروه از رنگدانه‌های مذکور عموماً در پوست میوه تجمع بیشتری دارند ولی آنتوسیانین‌ها در ایجاد رنگ سطحی میوه‌ها بیشتر مسئول می‌باشند (۱۴). رنگ میوه به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های بلوغ و کیفیت میوه در بسیاری از گونه‌ها می‌باشد (۴) که با فاکتورهای مختلفی نظیر غلظت و توزیع آنتوسیانین‌ها در پوست و همچنین با فاکتورهای دیگری مانند نور، دما، اتیلن و عملیات باغبانی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۳). آنتوسیانین‌ها که زیرگروهی از فلاونوئیدها بوده و محلول در آب هستند مسئول ایجاد رنگ قرمز، آبی و بنفش در بافت‌های گیاهی بوده و به طور وسیعی در کیفیت قابل مشاهده میوه‌ها دخیل هستند (۸).

عمده‌ترین کارتنوئیدهای موجود در ارقام آلو شامل بتاکاروتن و کریپتوزانتین می‌باشند (۸) که عمدتاً در ایجاد رنگ زرد و نارنجی در پوست و گوشت میوه مشارکت دارند. بالاتر بودن میزان شاخص رنگ a^* (محدوده رنگ - سبز) پوست و گوشت میوه به ترتیب در ارقام "ازارک" و "گوجه قرمز" نشان دهنده بالاتر بودن میزان آنتوسیانین در این ارقام می‌باشد. بالاتر بودن شاخص b^* (محدوده زرد - آبی) پوست میوه در ارقام "تنسگل" و "کمپوتی" و گوشت میوه در رقم "قطره طلا" نیز احتمالاً حاکی از بالاتر بودن میزان کارتنوئیدها در این ارقام می‌باشد. بالا بودن ظرفیت آنتی اکسیدانی ارقام و ژنوتیپ‌های آلو به خواص رنگی آن‌ها مربوط دانسته شده است (۲). همچنین بیان

شده که تفاوت در میزان آنتوسیانین ارقام مختلف گیلاس موجب تفاوت در میزان همبستگی محتوای آنتوسیانینی و شاخص‌های رنگ میوه می‌شود (۹).

میزان ویتامین ث عصاه میوه ارقام و ژنوتیپ‌های آلو

میزان ویتامین ث (آسکوربیک اسید) ارقام بررسی شده بین ۷/۰۴ تا ۱۸/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه متغیر بود. ارقام "گوجه قرمز" و "ژاپنی" با ۱۸/۵ (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه) بالاترین میزان ویتامین ث و رقم "استنلی" پایین‌ترین میزان ویتامین ث را در بین ارقام بررسی شده دارا بودند (شکل ۱). در مطالعه‌ای میزان ویتامین ث ارقام آلو ۱۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه گزارش شده که تا حدودی با میانگین ویتامین ث در ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده در تحقیق پیش‌رو (۱۳/۵۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن) تطابق دارد. در مطالعات دیگری میزان ویتامین ث در ارقام بررسی شده آلو ۱۲/۰۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه، ۱۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه و ۲/۲-۱/۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه گزارش شده است (۲۱، ۱۷ و ۲۰). تفاوت در میزان ویتامین ث در مناطق مختلف به تأثیر شرایط آب و هوایی و خاک مربوط می‌باشد.

میزان کارتنوئید کل

میزان کارتنوئید کل در ارقام بررسی شده تفاوت‌های معنی‌داری داشته و دامنه تغییرات آن بین ۲۰/۷۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه در رقم "گوجه قرمز" تا ۵۳/۹۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه در رقم "قطره طلا" متغیر بود. شکل ۲ میزان کارتنوئید ۱۶ رقم بررسی شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. ارقام "قطره طلا"، "سانتارزا" و "کمپوتی" بالاترین میزان کارتنوئید کل را در بین ارقام بررسی شده دارا بودند. میزان کارتنوئید ارقام بررسی شده آلو ۳۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه گزارش شده و آلفا کاروتن به عنوان مهم‌ترین کارتنوئید موجود در میوه‌های آلو معرفی شده است (۸). در بررسی دیگری محتوای کارتنوئید ارقام بررسی شده آلو از ۱۳/۳ تا ۲۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن میوه به ترتیب در ارقام "Kale" و "Cherry plum" گزارش شده است (۱۴). میزان کارتنوئید موجود در میوه‌ها به فاکتورهایی از قبیل رقم، دما، pH خاک، غلظت رنگیزه، عملیات باغبانی، نور و ... بستگی دارد (۱۴).

جدول ۲- تجزیه وایانس خصوصیات کیفی میوه در ارقام و ژنوتیپ‌های آلو

Table 2- Analysis of variance of fruit quality in plum cultivars and genotypes

میانگین مربعات														
Mean of squares														
منابع تغییرات Source of Variati on	درجه آزادی df	ا* پوست میوه I* of fruit skin	ا* پوست میوه a* of fruit skin	ب* پوست میوه b* of fruit skin	کرومای پوست میوه fruit skin chroma	ا* گوشت میوه I* of fruit flesh	ا* گوشت میوه a* of fruit flesh	ب* گوشت میوه b* of fruit flesh	کرومای گوشت میوه fruit flesh chroma	میزان ویتامین ث vitamin C content	میزان آنتوسیانین anthocyanins content	محتوای کارتنوئید carotenoids content	محتوای فنل کل total phenolics	ظرفیت آنتی اکسیدانی antioxidant capacity
بلوک Block	2	1.73 ^{ns}	1.07 ^{ns}	1.27 ^{ns}	2.67 ^{ns}	1.27 ^{ns}	1.17 ^{ns}	1.05 ^{ns}	0.44 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.001 ^{ns}	1.60 ^{ns}	949.80 ^{ns}	5.23 ^{ns}
رقم Cultivar	15	372.33 ^{**}	110.6 ^{**}	365.78 ^{**}	279.48 ^{**}	365.68 ^{**}	29.64 ^{**}	266.74 ^{**}	201.29 ^{**}	31.97 ^{**}	0.05 ^{**}	366.13 ^{**}	23420.34 ^{**}	2147.46 ^{**}
خطای Error	30	1.73	0.53	1.12	1.10	0.79	0.20	0.86	0.85	0.03	0.01	0.94	364.28	8.45
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		1.08	6.49	7.22	5.29	2.15	10.68	3.38	3.29	1.24	6.65	2.73	10.55	5.10

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم معنی‌دای، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد
ns, *, **, non-significant, significant at $p \leq 0.05$ and significant at $p \leq 0.01$, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات کیفی میوه برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه
Table 3- Mean comparison of fruit quality in plum and prune cultivars and genotypes

ردیف Row	رقم Cultivar	پوست میوه l* of fruit skin	پوست میوه a* of fruit skin	پوست میوه b* of fruit skin	کرومای پوست میوه Fruit skin chroma	گوشت میوه l* of fruit flesh	گوشت میوه a* of fruit flesh	گوشت میوه b* of fruit flesh	کرومای گوشت میوه Fruit flesh chroma
1	بلک استار Black Star	33.90 e	12.31 d	7.62 e	1.48 e	56.54 a	2.98 f	43.17 a	43.27 a
2	قطره طلا Golden Drop	44.81 b	4.44 h	26.61 b	26.98 c	37.69 h	5.71 cd	27.98 ef	28.53 ef
3	گوجه قرمز Gogeh Germez	30.33 f	16.62 b	12.49 d	20.81 d	57.39 a	12.8 a	19.32 h	23.18 g
4	سانتارزا Santarosa	31.17 f	6.09 fg	0.56 f	6.12 g	30.82 j	4.24 e	16.22 i	16.86 h
5	شوگر Sugar	20.68 h	16.00 bc	1.54 f	3.27 h	22.44 l	2.87 fg	16.10 i	16.34 h
6	تنس گل Tanasgo	58.31 a	4.79 g	34.84 a	30.17 a	51.57 bc	3.06 f	38.68 b	38.80 b
7	ژاپنی Japanese	34.09 e	14.38 c	16.77 c	22.39 d	26.40 k	7.98 b	13.66 j	15.84 h
8	سیمکا Simka	35.80 de	15.65 c	11.91 d	19.96 d	53.23 b	5.43 d	34.89 c	35.31 c
9	کمپوتی Compooti	60.66 a	5.99 fg	34.41 a	35.92 a	45.27 e	3.21 fg	32.76 d	32.82 d
10	درگزری Dargazi	38.33 cd	14.54 c	13.61 d	19.94 d	50.48 c	1.85 g	38.04 b	38.09 b
11	گوجه سبز Gogeh Sabz	21.34 h	2.93 h	19.21 c	21.14 d	34.42 i	3.32 ef	28.23 ef	28.43 ef
12	شابلون Shablon	26.54 g	16.33 bc	14.3 d	21.71 d	29.46 j	6.68 c	22.69 g	23.67 g
13	استنلی Stanly	39.94 c	9.05 e	2.00 f	9.28 f	34.37 i	5.80 cd	22.27 g	23.10 g
14	شمس Shams	44.03 b	6.60 f	19.21 c	20.35 d	43.25 f	0.29 h	27.50 f	27.50 f
15	بخارا Bokhara	37.67 cd	8.85 e	0.57 f	8.87 f	40.27 g	2.90 fg	28.21 ef	28.35 ef
16	ازارک Ozarak	39.51 c	24.96 a	17.57 c	30.62 b	47.53 d	0.26 h	29.83 e	29.83 e

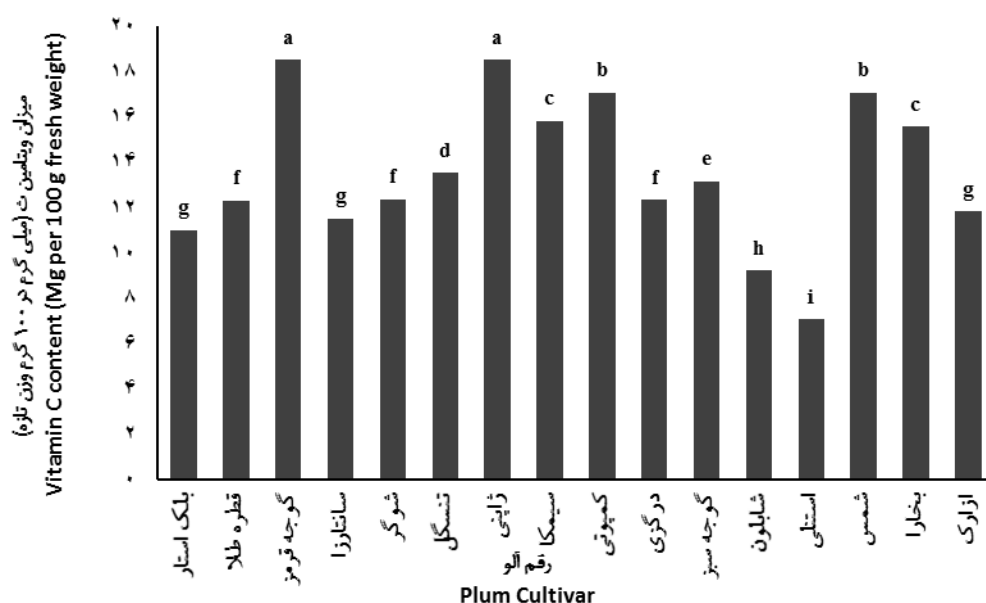
در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p \leq 0.05$ نداشتند

Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$

میزان شاخص آنتوسیانین

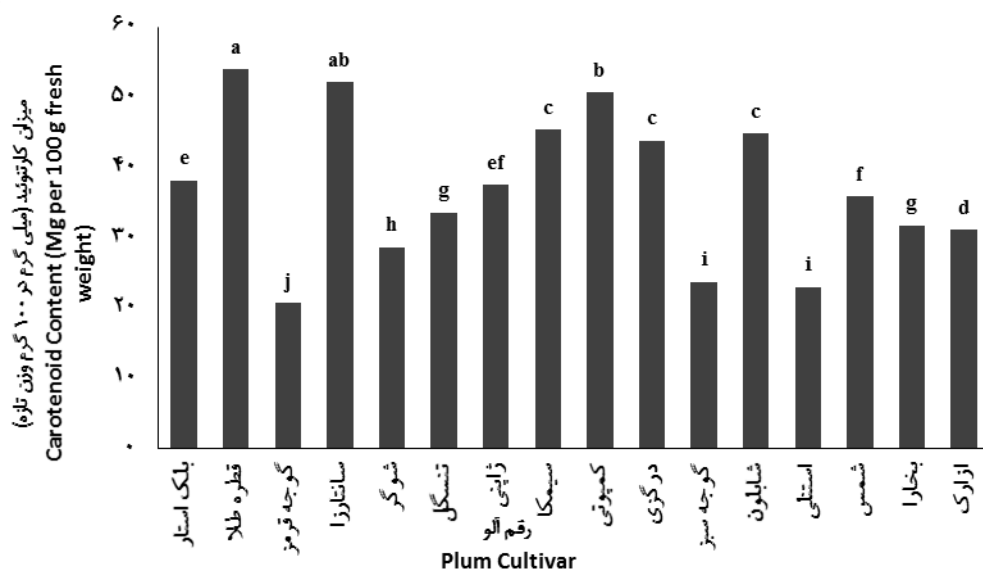
بالاترین میزان شاخص آنتوسیانین با ۵۲۱/۰ جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر مربوط به رقم "گوجه قرمز" بود. پس از رقم "گوجه قرمز" ارقام "ازارک" و "ژاپنی" آنتوسیانین بالایی در بین ارقام بررسی شده داشتند. رقم "کمپوتی" با ۱۸/۰ جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر پایین‌ترین میزان آنتوسیانین را دارا بود. شکل ۳ میزان آنتوسیانین ارقام بررسی شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. نتایج

آزمایش‌های مختلفی تفاوت در میزان آنتوسیانین ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف آلو را نشان داده‌اند (۲ و ۱۶). تفاوت در میزان آنتوسیانین ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف آلو ناشی از تأثیر منشأ ژنتیکی در میزان ترکیبات موجود در میوه می‌باشد. از طرفی منشأ جغرافیایی متفاوت در بین نمونه‌ها نیز می‌تواند سبب تفاوت در محتوای ترکیبات موجود در میوه‌ها گردد. عوامل دیگری از قبیل میزان باردهی و عملیات باغبانی نیز می‌تواند در این مسئله دخیل باشد (۱۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین محتوای ویتامین ث ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p \leq 0.05$ نداشتند

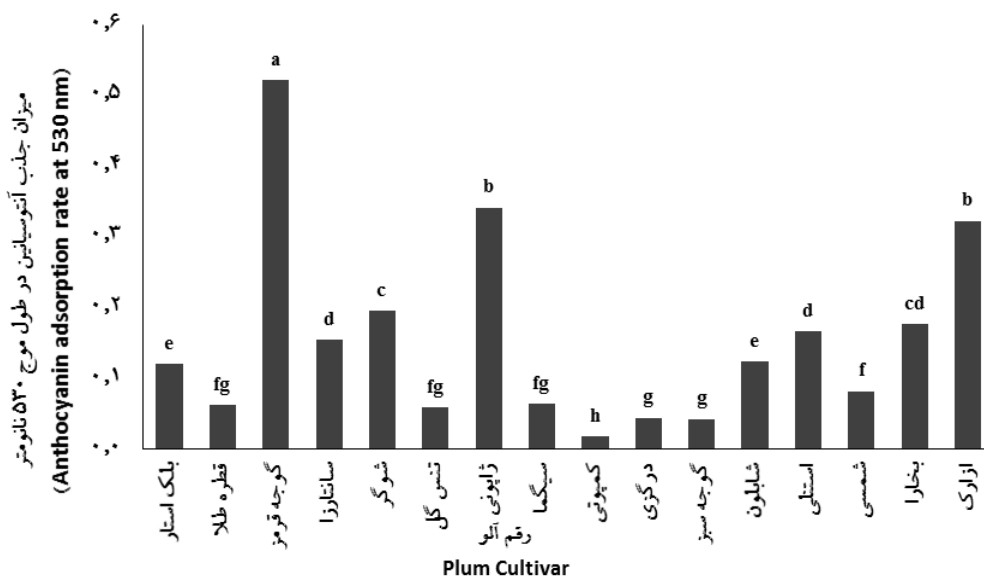
Figure 1- Mean comparison of vitamin C content in plum and prune cultivars and genotypes according to milligram per 100 grams of fresh fruit weight. Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$



شکل ۲- مقایسه میانگین محتوای کارتنوئید ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p \leq 0.05$ نداشتند

Figure 2- Mean comparison of carotenoid content in plum and prune cultivars and genotypes according to milligram per 100 grams of fresh fruit weight. Means with similar letters had no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$



شکل ۳- مقایسه میانگین میزان شاخص آنتوسیانین ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بر حسب میزان جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p \leq 0.05$ نداشتند

Figure 3- Mean comparison of the anthocyanin index in plum and prune cultivars and genotypes according to absorption at a wavelength of 530 nm. Means with similar letters have no significant differences by using Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$

میزان فنل کل

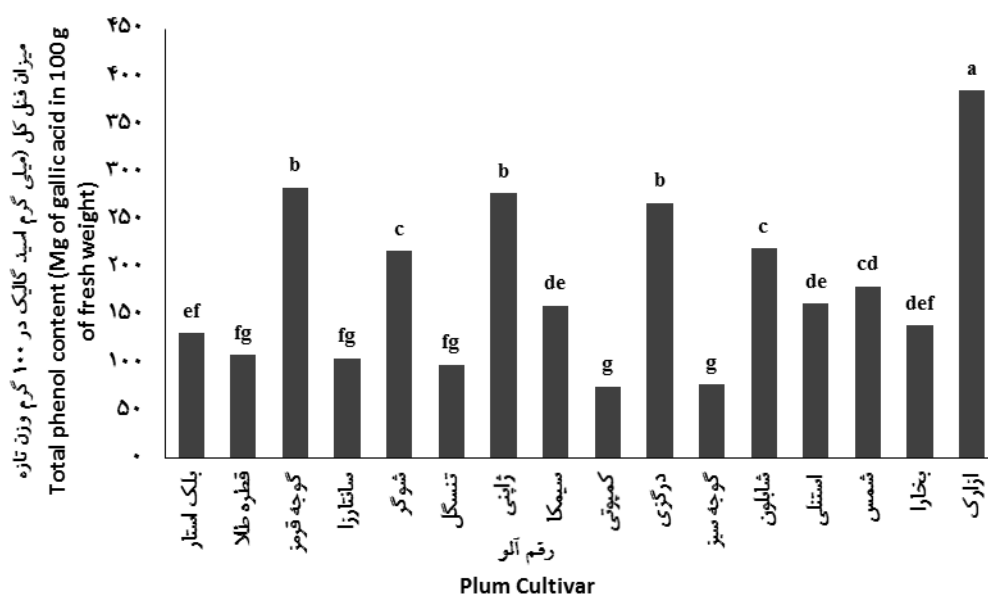
میزان فنل کل در ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده بین ۳۸۶/۷۹-۷۱/۵۱ میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه متغیر بود. رقم "آزارک" و پس از آن ارقام "ژاپنی"، "درگزی" و "گوجه قرمز" بالاترین میزان فنل کل را در بین ارقام بررسی شده دارا بودند. شکل ۴ محتوای فنل کل را در ارقام بررسی شده نشان می‌دهد. مشتقات هیدروکسی سینامیک اسید نظیر کلروژنیک اسید و نئوکلروژنیک اسید به عنوان ترکیبات فنلی غالب در آلوها شناسایی شده‌اند (۱۹). ترکیبات فنلی موجود در آلوها شامل نئوکلروژنیک اسید، کلروژنیک اسید، روتین و مشتقات سیانیدین، پئونیدین و کوئرستین می‌باشند.

محتوای فنلی ارقام مختلف آلو بین ۱۲۵ تا ۳۷۲/۶ (میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه) را گزارش شده و بیان شده که میوه‌های با رنگ پوست آبی تیره تا بنفش دارای بالاترین میزان ترکیبات فنلی هستند (۱۲). بررسی ارقام "جون‌بلک"، "بلک استار"، "سانتازا" و "راویوتا" میزان فنل کل را ۳۲۰ (میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه) نشان داده است (۱۲). همچنین گزارش شده که کردند که ترکیبات فنلی پوست ارقام آلو ۳-۴ برابر بیشتر از ترکیبات فنلی موجود در گوشت میوه‌ها است به نحوی که توزیع ترکیبات فنلی در پوست و گوشت میوه‌ها به ترتیب ۷۰٪ به ۳۰٪ می‌باشد (۲). میزان ترکیبات فنلی در ارقام دیگر آلو نیز ۲۹۸ تا ۵۶۳ (میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه) متغیر بوده است (۸).

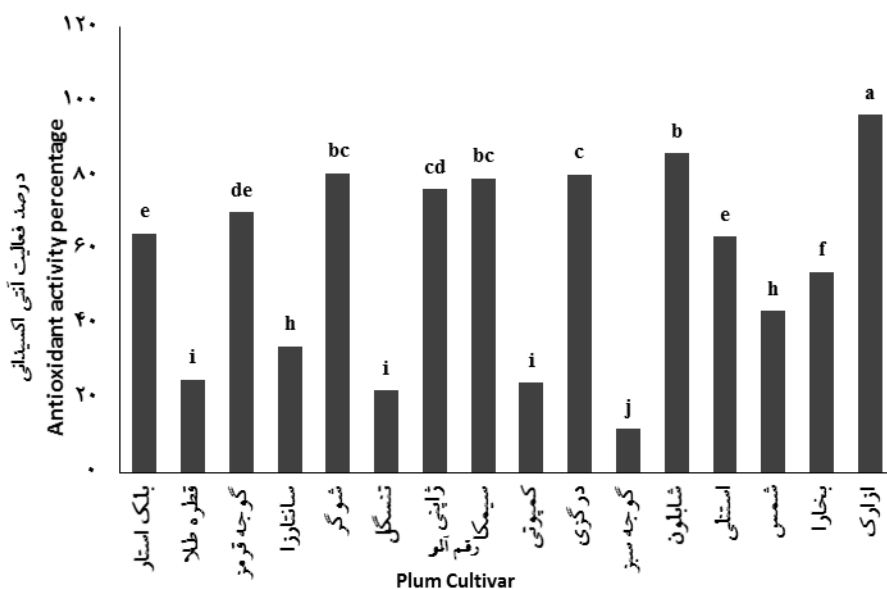
میزان و توزیع ترکیبات فنلی در میوه‌ها به رقم، میزان رسیدن میوه، عملیات باغبانی، ناحیه جغرافیایی، فصل رشد و شرایط پس از برداشت بستگی دارد (۱۲).

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام بین ۹۶/۳۴-۱۱/۶۹ درصد متغیر بود (شکل ۵). بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با ۹۶/۳۴ درصد به رقم "آزارک" تعلق داشت. پایین‌ترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هم در رقم "گوجه سبز" (۱۱/۶۹ درصد) اندازه‌گیری شد. تفاوت معنی‌دار در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام به تأثیر نوع رقم و عوامل محیطی برمی‌گردد. رادیکال‌های آزاد مانند آنیون سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل و اکسیژن منفرد، به طور عادی در اثر فعالیت‌های فیزیولوژیکی بدن تولید می‌شوند (۱۲). بسیاری از رادیکال‌های آزادی که در موجودات زنده تولید می‌شوند بسیار واکنش‌پذیر بوده و به عنوان محصول بیولوژیکی کاهش جزئی اکسیژن مولکولی شناخته شده‌اند (۲۳). آسیب‌های ایجاد شده در اثر رادیکال‌های آزاد در بدن شامل سیالیست غشا، واسرشته شده پروتئین‌ها، پراکسیداسیون چربی‌ها، اکسیداسیون DNA و تغییر در عملکرد پلاکت‌ها می‌باشد (۱۲). مقادیر معنی‌داری از مواد آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها و سبزیجات وجود دارند که می‌توانند از اکسید شدن مولکول‌های بدن در اثر رادیکال‌های آزاد جلوگیری نمایند (۱۲).



شکل ۴- مقایسه میانگین محتوای فنل کل ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بر حسب میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p \leq 0.05$ نداشتند
Figure 4- Mean comparison of total phenol content in plum and prune cultivars and genotypes according to milligram gallic acid per 100 grams of fruit weight. Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$



شکل ۵- مقایسه میانگین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p \leq 0.05$ نداشتند
Figure 5- Mean comparison of antioxidant activity percentage in plum and prune cultivars and genotypes. Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$

در بحث تغذیه، آلوها به عنوان منابع غنی از انرژی، منابع با قدرت محافظت‌کنندگی بالا و ارزش غذایی و درمانی بالا مطرح هستند

(۲۱). آلوها همچنین منابع غنی از ترکیبات بیوشیمیایی نظیر فلاونوئیدها، فنل‌ها، آنتوسیانین‌ها و سایر ترکیبات بیوشیمیایی هستند که سبب ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالای این میوه می‌شود (۳). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آلوها از میوه‌هایی مانند پرتقال، سیب و توت فرنگی بالاتر می‌باشد (۲۲). میوه‌های آلو ۳۶٪ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری از ارقام بلوبری نشان داده‌اند (۲). محتوای ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ارقام آلو بیشتر از ارقام بررسی شده هلو و شلیل گزارش شده است (۸). به همین دلیل هنگام ارزیابی ارقام تعیین ویژگی‌های کیفی و ارزش غذایی میوه‌های آلو بر اساس آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی اهمیت و توجه بالایی دارد (۲۱).

ضرایب همبستگی ساده صفات

ضرایب همبستگی بین صفات در جدول ۴ ارائه شده‌اند. نتایج به دست آمده نشان داد بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و شاخص رنگ a^* پوست میوه همبستگی بالایی ($r=0/93$) وجود دارد. همبستگی بالایی

($r=0/83$) بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنل میوه‌ها مشاهده شد. بین میزان شاخص رنگ a^* پوست میوه و محتوای فنلی نیز همبستگی بالایی ($r=0/89$) مشاهده شد. همچنین بین میزان آنتوسیانین و محتوای فنلی و بین میزان آنتوسیانین و میزان شاخص رنگ a^* پوست میوه نیز به ترتیب با ($r=0/68$) و ($r=0/59$) همبستگی وجود داشت. عمده ترکیبات فنلی میوه‌های آلو در پوست میوه تجمع دارند و همبستگی مثبتی بین شدت رنگ پوست میوه و محتوای ترکیبات فنلی کل در آلوها وجود دارد (۱۹). محتوای فنل کل، کارتنوئید و آسکوربیک اسید پوست میوه‌های شلیل هم در ارقام با گوشت سفید و هم در ارقام با گوشت زرد بالاتر از گوشت میوه می‌باشد (۸). همچنین گزارش شده که ارقام آلوی با محتوای آنتوسیانینی بالا ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری داشتند (۲). میزان ترکیبات پلی-فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ارقام آلوی با رنگ پوست و گوشت قرمز بالاتر از ارقام با پوست و گوشت زرد گزارش شده است (۲۰).

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده صفات ۱۶ رقم و زنتیپ آلو و گوجه.

Table 4- Simple correlation coefficient of 16 plum and prune cultivars.

ظرفیت آنتی اکسیدانی	فنل کل	کارتنوئید	آنتوسیانین	ویتامین C	گوشت b^* میوه	گوشت a^* میوه	پوست b^* میوه	پوست a^* میوه
Antioxidant capacity	Total phenolics	Carotenoids	Anthocyanins	Vitamin C	b^* of fruit flesh	a^* of fruit flesh	b^* of fruit skin	a^* of fruit skin
a^* پوست میوه	1							
a^* of fruit skin	1							
b^* پوست میوه	-0.29	1						
b^* of fruit skin	-0.29	1						
a^* گوشت میوه	0.14	-0.13	1					
a^* of fruit flesh	0.14	-0.13	1					
b^* گوشت میوه	-0.12	0.39	-0.47	1				
b^* of fruit flesh	-0.12	0.39	-0.47	1				
ویتامین C	-0.02	-0.32	0.20	-0.07	1			
Vitamin C	-0.02	-0.32	0.20	-0.07	1			
آنتوسیانین	0.59*	-0.31	0.59*	0.55**	0.28	1		
Anthocyanins	0.59*	-0.31	0.59*	0.55**	0.28	1		
کارتنوئید	0.45	-0.51	-0.25	-0.21	-0.03	1		
Carotenoids	0.45	-0.51	-0.25	-0.21	-0.03	1		
فنل کل	0.89**	-0.19	0.15	-0.26	0.07	0.68**	0.30	1
Total phenolics	0.89**	-0.19	0.15	-0.26	0.07	0.68**	0.30	1
ظرفیت آنتی اکسیدانی	0.94**	0.46	0.15	-0.15	-0.12	0.49	0.54*	0.83**
Antioxidant capacity	0.94**	0.46	0.15	-0.15	-0.12	0.49	0.54*	0.83**

بالاتر در برنامه‌های اصلاحی حائز اهمیت است.

نتیجه‌گیری کلی

رقم "ازارک" از لحاظ درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنل کل جزء ارقام برتر بود. بالاترین میزان آنتوسیانین مربوط به رقم "گوجه قرمز" بود. ارقام "قطره طلا"، "سانتارزا" و "کمپوتی" بالاترین میزان کارتنوئید کل و ارقام "گوجه قرمز" و "ژاپنی" بالاترین میزان ویتامین ث را در بین ارقام بررسی شده دارا بودند. با مشخص شدن ارقام و ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ ترکیبات فیتوشیمیایی موجود در میوه این ارقام می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی به منظور ارتقای کیفیت تغذیه‌ای میوه‌ها مورد استفاده قرار بگیرند.

نتایج به دست آمده در بررسی پیش‌رو نیز نشان داد که عمده ترکیبات فنلی میوه آلو در پوست میوه تجمع دارد. از این رو رقم "ازارک" با دارا بودن بالاترین میزان شاخص رنگ a^* پوست میوه بیشترین میزان فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در بین ارقام بررسی شده دارا بود ولی رقم گوجه قرمز با داشتن بالاترین میزان شاخص رنگ a^* گوشت میوه و محتوای آنتوسیانین بالاتر نسبت به رقم ازارک، محتوای فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پایین‌تری را در مقایسه با رقم ازارک داشت.

ترکیبات فنلی تنها ترکیبات بیوشیمیایی هستند که با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها همبستگی دارند و هیچ همبستگی با میزان ویتامین ث و کارتنوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها وجود ندارد (۸). وجود این همبستگی از نقطه نظر گزینش ارقام با محتوای آنتوسیانین و فنلی بالا به منظور داشتن ارقام با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

منابع

- 1- Arion C.M., Tabart J., Kevers C., Niculau M., Filimon R., Beceanu D., and Dommes J. 2014. Antioxidant potential of different plum cultivars during storage. Food Chemistry, 146:485–491.
- 2- Cevallos- Casals B.A., Byrne D., Okie W.R., and Zevallos L.C. 2006. Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties. Food Chemistry, 96:273–280.
- 3- Chun O.K., Kim D.O., Moon H.Y., Kang H.G., and Lee C.Y. 2003. Contribution of individual polyphenolics to total antioxidant capacity of plums. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 7240-7245.
- 4- Drake S. R., Proebsting E. L., and Spayd S. E. 1982. Maturity index for the colour grade of canned dark sweet cherries. Journal of the American Society of Horticultural Science, 107-180.
- 5- Drogoudi P.D., Vemmos S., Pantelidis G., Petri E., Tzoutzoukou C., and Karayiannis I. 2008. Physical characters and antioxidant, sugar, and mineral nutrient contents in fruit from 29 apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars and hybrids. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56:10754–10760.
- 6- FAO Yearbook. 2013. FAO Statistical Yearbook, online access: <http://apps.Fao.Org>.
- 7- Forough S., Noori Amlashi S., Rabiei V., and Bakhshi D. 2014. Evaluation of some qualitative characteristics of wild plum genotypes in northern Iran. Biological Forum – An International Journal 6(1): 92-99.
- 8- Gil M. I., Barbrán F. A. T., Pierce B. H., and Kader A. A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 4976-4982.
- 9- Goncalves B., Silva A. P., Moutinho-Pereira J., Bacelar E., Rosa E., and Meyer A. S. 2007. Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). Food Chemistry, 10:976–984.
- 10- Hartmann W., and Neumuller M. 2009. Plum breeding. In: Jain, S.M., and Priyadarshan P.M: Breeding plantation tree crops: Temperate species, 161-232.
- 11- Kayano S., Kikuzaki H., Fukutsaka N., Mitani T., and Nakatani N. 2002. Antioxidant activity of prune (*Prunus domestica* L.) constituents and a new synergist. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50:3708-3712.
- 12- Kim D.O., Chun O.K., Kim Y.J., Moon H.Y., and Lee C.Y. 2003. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:6509–15.
- 13- Lancaster J. E., Lister C. E., Reay P. F., and Trigs C. M. 1997. Influence of pigment composition on skin colour in a wide range of fruit and vegetables. Journal of Horticultural Science, 122:594–598.
- 14- Manganaris G.A., Vicente A.R., and Crisosto C.H. 2008. Effect of preharvest and post-harvest conditions and treatments on plum fruit quality. Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 3:0-10.
- 15- Okie W.R., and Hancock J.F. 2008. Plums, In: Hancock, J.F. Temperate fruit crop breeding germplasm to genomics. Michigan state university, 337-357.
- 16- Ozturk B., Kucuker E., Karaman E., and Ozkan K. 2012. The effects of cold storage and aminoethoxyvinylglycine (AVG) on bioactive compounds of plum fruit (*Prunus salicina* Lindell cv. 'Black Amber'). Postharvest Biology and

- Technology, 72:35–41.
- 17- Rupasinghe H. P. V., Jayasankar S., and Lay W. 2006. Variation in total phenolics and antioxidant capacity among European plum genotypes. *Scientia Horticulturae*, 108, 243–246.
- 18- Serrano M., Guillen F., Martinez-Romero D., Castillo S., and Valero D. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:2741–2745.
- 19- Tomas-Barberan F.A., Gil M.I., Cremin P., Waterhouse A.L., Hess-Pierce B., and Kader A.A. 2001. HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49:4748–4760.
- 20- Venter A., Joubert E., and Beer D.D. 2014. Nutraceutical Value of Yellow- and Red-Fleshed South African Plums (*Prunus salicina* Lindl.): Evaluation of total Antioxidant Capacity and Phenolic Composition Molecules, 19: 3084–3109.
- 21- Voca S., Galic A., Sindrak Z., Dobricevic N., Pliestic S., and Druzic J. 2009. Chemical composition and antioxidant capacity of three plum cultivars. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74: 273–276.
- 22- Vangdal E., and S limestad R. 2005. Methods to determine antioxidative capacity in fruit. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14:123–131.
- 23- Wang H., Cao G., and Prior R. L. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44:701–705.
- 24- Williams G.M., and Jeffrey A.M. 2000. Oxidative DNA damage: endogenous and chemically induced. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 32:283–292.



The Evaluation of Phytochemical Compounds of Fruits in some Plum and Prune Cultivars and Genotypes

Z. Falati^{*1}- M. R. Fatahi Moghadam²-A. Ebadi³

Received: 29-01-2017

Accepted: 25-10-2017

Introduction: Plums (*Prunus* spp.) as one of the most popular stone fruits, have low calories and high nutritional value. Over the past decades global production of European and Japanese plums reached from 6,110,870 tons in 1990 to 11,528,337 tons in 2013. In the same period plum production in Iran reached from 118,936 tons to 305,262 tons. Great variety of plum fruits caused differences in chemical composition as well. Plum fruits are rich in bioactive compounds or biochemicals such as vitamins (A, C and E), anthocyanins and other phenolic compounds which have high antioxidant activity.

Materials and Methods: This research was done in a randomized complete block design with three replications in Horticultural Research Station at College of Agriculture and Natural Resources of Tehran University in 2013-2015. Fruit quality characteristics such as vitamin C content, color traits of the fruit skin and flesh, the content of carotenoids, anthocyanins, total phenolics and antioxidant capacity of 16 plum and prune cultivars and genotypes were evaluated.

Results and Discussion: Analysis of variance showed significant differences in terms of all measured factors. The highest L* index (brightness) of fruit skin was observed in "Tanasgol" and "Compooti" and then in "Golden Drop" and "Shams" cultivars and the lowest level of that was measured in "Sugar" and "Gogeh Sabz" cultivars. "Black Star" and "Gogeh Germez" showed the highest brightness of fruit flesh among examined cultivars and the lowest brightness of fruit flesh was investigated in "Sugar". A* color index of skin and flesh of fruit also showed significant differences among investigated cultivars and the highest level of that in "Ozarak" cultivar was observed. "Gogeh Sabz" and "Golden Drop" also had the lowest level of this index. "Gogeh Germez" had the highest of a* color index of fruit flesh and "Japanese" cultivar was in second place. The lowest level of this index was measured in "Ozarak" and "Shams" cultivars. "Tanasgol" and "Compooti" had the highest fruit skin b* color index among cultivars and "Santarsa", "Sugar", "Stanley" and "Bukhara" showed the lowest of that. "Black Star" and after that "Tanasgol" and "Dargazi" had the highest b* color index of fruit flesh. "Japanese" had also the lowest b* color index of fruit flesh. The intensity or color purity varied among cultivars and the highest of that was observed in "Tanasgol" and "Compooti" and then in "Ozarak". "Black Star" had the highest chroma of fruit skin and the highest fruit flesh color intensity. The lowest of this index in the fruit flesh was observed in "Santarosa", "Sugar" and "Japanese" cultivars. Vitamin C (ascorbic acid) content varied in investigate cultivars. "Gogeh Germez" and "Japanese" had the highest vitamin C content and "Stanley" was showed the lowest amount of vitamin C. "Golden Drop", "Santarosa" and "Compooti" showed the highest total carotenoid among examined cultivars and "Gogeh Germez" had the lowest total carotenoid. "Gogeh Germez" and "Compooti" had the highest and lowest amount of anthocyanin index respectively. The highest total phenol and antioxidant activity was measured in "Ozarak". The lowest total antioxidant capacity was in "Gogeh Sabz". The results showed that There was high correlation ($r=0.93$) between antioxidant capacity and a* fruit skin color index. High correlation ($r=0.83$) between phenol content and antioxidant capacity of fruits was also observed. Between a* color index of fruit skin and phenolic content was observed high correlation ($r=0.89$). As well as between anthocyanin and phenolic content and between anthocyanin and a* fruit skin color index, respectively ($r=0.86$) and ($r=0.59$) high correlation was detected.

Conclusions: "Ozarak" in terms of antioxidant activity and total phenol component was superior. The highest amount of anthocyanin related to the "Gogeh Germez". "Golden Drop", "Santarosa" and "Compooti" had the highest total carotenoid and "Gogeh Germez" and "Japanese" had the highest vitamin C content among investigated cultivars. By identification of superior cultivars In terms of phytochemical compounds, these cultivars can be used in breeding programs to improve these nutritional quality of fruits. The results showed that

1, 2 and 3- MA Degree Graduated in Physiology and Breeding of Fruit Trees and Professors, Department of Horticultural Science and Landscape, College of Agriculture and Natural Resources of University of Tehran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: zahra.falati@alumni.ut.ac.ir)

the major phenolic compounds were gathered on the skin of plum fruits. Hence the "Ozarak" cultivar having the highest a*color index of fruit skin had the highest total phenol and antioxidant capacity among the investigated cultivars but "Gogeh Germez" by having the highest a*color index of fruit flesh and anthocyanins content higher than "Ozarak" cultivar, had low phenolic content and antioxidant capacity compared to the "Ozarak".

Keywords: Antioxidant capacity, Anthocyanins, Carotenoids, Total phenolics, Vitamin C



توسعه روش مؤثر باززایی و ترانسفورماسیون توتون از طریق بهینه‌سازی غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد و ساکارز

ماریا بیهقی^۱ - عبدالرضا باقری^{۲*} - سید حسن مرعشی^۳ - مجتبی سنکیان^۴ - افسانه فرساده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۱

چکیده

گیاه توتون یک بیوراکتور بسیار کارا به منظور تولید پروتئین‌های نو ترکیب می‌باشد، لذا در این پروژه تحقیقاتی علاوه بر بهینه‌سازی سیستم کشت بافت این گیاه، فرآیند مناسب انتقال ژن به آن نیز مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور اثرات غلظت‌های مختلف ساکارز و ۴ ترکیب متفاوت هورمونی (NAA و BAP) روی القا کالوس، شاخه‌زایی مستقیم و ریشه‌زایی در قالب طرح کامل تصادفی به صورت فاکتوریل و با سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفت. حساسیت ریزنمونه‌های توتون به آنتی‌بیوتیک کانامایسین با کشت ریزنمونه‌ها روی محیط انتخابی دارای غلظت‌های مختلف کانامایسین ارزیابی شد. برای انتقال ژن از اگروباکتریوم (*Agrobacterium tumefaciens*) سویه GV3101 حاوی پلاسمید pBI121 استفاده شد و روش واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) جهت بررسی گیاهان تراریخته مورد استفاده قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میزان القا کالوس با استفاده از محیط کشت M1 (حاوی ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA و ۱ میلی گرم در لیتر BAP) با غلظت ۱۵ گرم در لیتر ساکارز حاصل شد. در صورتی که تعداد بالای شاخه‌زایی مستقیم در محیط کشت M1 با غلظت ۳۰ گرم در لیتر ساکارز بدست آمد. بیشترین فراوانی ریشه‌زایی نیز توسط ۰/۱ میلی گرم در لیتر NAA و ۶۰ گرم در لیتر ساکارز حاصل شد. غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر کانامایسین بطور کامل از باززایی نمونه‌های غیرتراریخته ممانعت کرد و بنابراین از این غلظت در محیط کشت انتخابگر استفاده شد. در نهایت، قطعه ۷۹۸ bp مربوط به ژن *nptII* در ژنوم گیاهان تراریخته توتون تأیید شد و کارایی تراریختگی با استفاده از روش اگروباکتریوم بیش از ۹۵ درصد محاسبه گردید. تکنیک باززایی مستقیم و انتقال ژن مطرح شده در این تحقیق جهت وارد کردن ژن‌های خارجی مختلف به ژنوم گیاه توتون بسیار کارا و مؤثر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تراریختگی، توتون، ژن انتخابگر *nptII*، شاخه‌زایی مستقیم، کشت بافت

مقدمه

دارد که دارای ارزش بالای پزشکی می‌باشد (۱۷). اکثر ارقام اصلاح شده توتون که در حال حاضر کشت می‌شوند به طریق اصلاح کلاسیک تولید شده‌اند ولی با توسعه زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک امکان اصلاح توتون با استفاده از روش‌های نوین فراهم شده است و مطمئناً این تکنیک‌ها در آینده نقش مهمتری را در اصلاح این گیاه ایفا خواهند کرد. اهداف اصلی اصلاح مدرن توتون در زمینه‌های مقاومت به آفات و بیماری‌ها، بهبود کیفیت، افزایش میزان عملکرد در جهت تولید مؤثر پروتئین‌های نو ترکیب ترسیم شده است. برای استفاده از زیست‌فناوری در اصلاح توتون نیاز به بهینه‌سازی کشت بافت و انتقال ژن به توتون می‌باشد بطوری که بتوان سلول‌های گیاهی را تراریخته کرده و با استفاده از محیط کشت مناسب از سلول‌های تراریخته، گیاه کامل در حداقل زمان ممکن بدست آورد. امروزه انجام مطالعات ژنتیکی در توتون به دلیل ساده بودن عمل دورگ‌گیری و تولید بذر فراوان پس از هر تلقیح، گسترش یافته است. تغییرات ژنتیکی زیادی در توتون صورت می‌گیرد و این گیاه به عنوان مدل

توتون (*Nicotiana tabacum*) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی مورد استفاده در دنیا بوده و متعلق به خانواده سولاناسه (*Solanaceae*) می‌باشد. این گیاه خودگشن بوده و دارای بذرهایی بسیار ریزی می‌باشد که درون کپسول‌های دوخانه‌ای قرار می‌گیرند. هر گل ممکن است از ۲ تا ۸ هزار و هر گیاه تا یک میلیون بذر تولید کند. توتون بدلیل خواص دارویی و اهمیت اقتصادی بالا حائز اهمیت است. بیش از ۲۵۰۰ ترکیب دارویی شامل آلکالوئیدها و تریپنوئیدها در توتون وجود

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) - نویسنده مسئول: (Email: bagheriyazd@gmail.com)

۴ - دانشیار گروه ایمونولوژی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

۵ - استادیار گروه باغبانی، دانشگاه بیرجند

ترکیب محیط بازاریابی قرار دارد بلکه با انتخاب روش مناسب تراریختگی نیز ارتباط مستقیم دارد. طراوت و همکاران (۲۴) نیز بهینه سازی انتقال ژن *gus* به گیاه توتون را انجام دادند. موهان و همکاران (۱۴) با استفاده از اگروباکتریوم تومفاشینس ژن *gus* را به توتون منتقل کردند و نتایج آزمون هیستوشیمیایی را گزارش نمودند.

نوع مصرف و بیومس گیاه توتون دارای پتانسیل مطلوب برای تبدیل شدن به یک بیوراکتور جهت تولید پروتئین‌های نو ترکیب می باشد (۳۳). بدیهی است دستیابی به روش‌های کارآمد و تکرارپذیر جهت بازاریابی و تولید گیاهچه‌های استریل با حداقل تنوع ژنتیکی در زمان کوتاه، می‌تواند به عنوان گامی مؤثر در مطالعاتی از جمله حفظ ذخائر ژنتیکی، بررسی انواع تنش‌ها یا کوتاه کردن طول دوره اصلاحی این گیاه مؤثر واقع شود. همچنین احتمالاً بتوان از آن به عنوان ابزاری مهم در روش‌های نوین مهندسی ژنتیک استفاده نمود. هدف از انجام این تحقیق نیز بهینه‌سازی سیستم کشت بافت و روش انتقال ژن *nptII* به گیاه توتون می‌باشد. بدین منظور این تحقیق طی دو مرحله انجام شد: اولین مرحله بهینه‌سازی کشت بافت برای گیاه توتون بود. برای این منظور اثر دو فاکتور غلظت ساکارز و مقادیر مختلف هورمون‌های رشد گیاهی در محیط کشت MS بر میزان کالوس‌زایی، شاخه‌زایی مستقیم و ریشه‌زایی توتون بررسی شد. مرحله دوم آزمایش انتقال ژن *nptII* بواسطه اگروباکتریوم به توتون بود. بررسی ترانسفورماسیون در این گیاه به منظور کاربرد نتایج این تحقیق در مطالعات تولید پروتئین‌های دارویی در توتون مؤثر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آماده کردن ریزنمونه

در این آزمایش از بذور توتون *Nicotiana tabacum* cv. *Xanthi* به منظور تهیه ریزنمونه استفاده شد. بذور به صورت سطحی با هیپو کلریت سدیم ۵ درصد و یک قطره تیوبین ۲۰ به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند. برای حذف باقیمانده هیپو کلریت سدیم، بذور ۳ بار با آب مقطر استریل شسته شدند و سپس با الکل ۷۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه مجدد ضدعفونی گردیدند. در نهایت آبکشی با آب مقطر استریل به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. بعد از خشک کردن بذور بر روی کاغذ صافی استریل، بذور به محیط جوانه‌زنی (محیط MS ۱/۲) منتقل شدند. بذور توتون به مدت سه روز در تاریکی در دمای ۲۵ درجه قرار گرفتند و سپس در اتاقک رشد با دمای ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد تحت رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

مناسبی برای انجام تحقیقات زیست فناوری و فیزیولوژی گیاهی شناخته می‌شود. همچنین در سال‌های اخیر از این گیاه جهت مطالعه عوامل مؤثر در انتقال ژن استفاده شده است. تحقیقات زیاد و تکنیک‌های متفاوتی جهت بررسی بازاریابی و تکثیر گیاه توتون انجام شده است که بطور اساسی به بررسی اثر تنظیم‌کننده‌های رشد بر شاخه‌زایی و بازاریابی مستقیم توتون تمرکز داشته‌اند (۱۰، ۲۸، ۱۲، ۹، ۸ و ۲). تحقیقات اندکی نیز تأثیر سایر عوامل مانند ترکیب آگار محیط کشت (۱۱ و ۱۸)، ژنوتیپ و اندازه ریزنمونه (۱۶ و ۲۶)، آنتی بیوتیک‌ها (۲۷)، پلی آمین‌ها (۲۵) و منشأ فسفر و نیتروژن آلی و آمونیوم (۱۹) و pH (۲۰) را بر بازاریابی توتون مورد بررسی قرار دادند.

در توتون با استفاده از کشت بافت ریزنمونه‌های برگ، شاخه‌های جدید حاصل می‌شود. اولین شاخه‌زایی مستقیم از ریزنمونه برگ‌گی با کشت آن‌ها بر روی محیط کشت حاوی ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۱ میلی‌گرم در لیتر BAP گزارش شد (۲۳). همچنین علی و همکاران (۱) اثر ژنوتیپ‌های مختلف توتون را بر شاخه‌زایی در محیط‌های کشت حاوی غلظت‌های مختلف اکسین و سیتوکینین مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد که یک ژنوتیپ خاص و غلظت‌های مختلف اکسین و سیتوکینین بر روی شاخه‌زایی تأثیر معنی‌داری داشتند. در مطالعه دیگری مشخص شد که درصد بالایی از جنین‌زایی سوماتیکی مستقیم توتون با استفاده از دیسک‌های برگ‌گی به عنوان ریزنمونه و با کاربرد غلظت‌های متفاوت هورمونی NAA و BAP حاصل شد (۱۴). در تحقیقی که توسط طراوت و همکاران (۲۴) انجام گرفت نشان داده شد که بهترین تیمار هورمونی جهت بازاریابی توتون، NAA (۰/۲ میلی‌گرم در لیتر) و BAP (۱ میلی‌گرم در لیتر) در مقایسه با تیمارهای NAA (با دو سطح ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر) و BAP (با دو سطح ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر) بود. در تحقیق دیگری، یانجی و همکاران (۳۱) شاخه‌زایی از ریزنمونه‌های برگ توتون را با استفاده از نسبت اندک هورمون اکسین به سیتوکینین گزارش کردند. جوشی (۷) در آزمایش دیگری تأثیر درصد آگار و منبع کربن محیط کشت را در شاخه‌زایی توتون مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که درصد پایین آگار در محیط کشت به افزایش شاخه‌زایی کمک می‌کند و گلوکز ۴ درصد به عنوان بهترین منبع کربن در شاخه‌زایی توتون عمل می‌کند.

موفقیت فرآیند انتقال ژن توتون بستگی به انتخاب بافت‌های تراریخته غیرشیمیک و بازاریابی مؤثر آن‌ها در مراحل بعدی می‌باشد (۵). مطالعاتی به منظور بررسی امکان انتقال ژن با واسطه اگروباکتریوم به توتون انجام شده است. تکزیرا-داسیلوا و همکاران (۲۶) انتقال ژن گزارشگر *gus* (β -glucuronidase) در توتون را با بکارگیری ۴ تکنیک متفاوت انجام دادند. آن‌ها نشان دادند که ظرفیت بازاریابی شاخه‌ها در گیاه تراریخته نه تنها تحت تأثیر نوع ریزنمونه و

بهینه‌سازی سیستم کشت بافت توتون

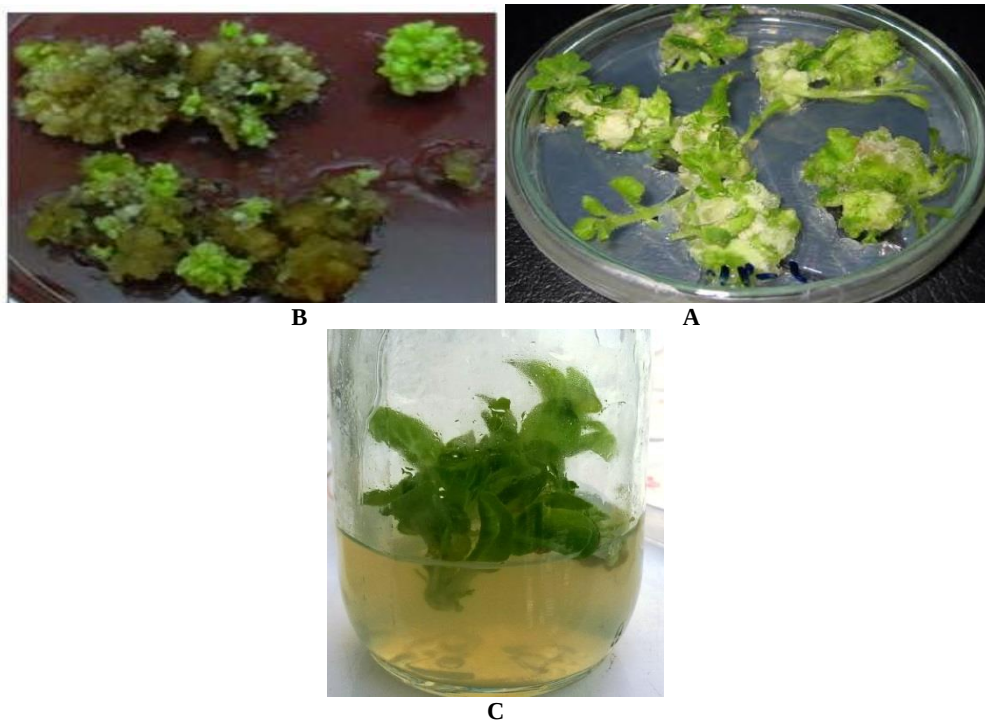
بعد از تشکیل گیاهچه‌های چهار برگی، ریز نمونه برگ با دقت از گیاهچه‌ها جدا شدند. به منظور بررسی تأثیر تنظیم کننده‌های رشد، ریزنمونه‌های جدا شده به محیط کشت MS (۱۵) حاوی غلظت‌های مختلف (NAA و BAP) (جدول ۱) به همراه غلظت‌های مختلف ساکارز (۱۵ و ۳۰ گرم در لیتر) و ۰/۸ درصد آگار منتقل شدند. تهیه محیط کشت MS با استفاده از محلول‌های ذخیره انجام می‌شود. معمولاً محیط کشت MS از چهار محلول ذخیره ماکرو، میکرو، آهن و ویتامین‌ها استفاده می‌شود. با توجه به این که در این روش، پس از مدت کوتاهی نمک‌ها دچار رسوب می‌شوند، در این تحقیق چهار محلول ذخیره 100x نیترات، سولفات، هالوژن‌ها و PBMo تهیه شد.

ترکیب هر یک از این استوک‌ها در جدول ۲ بیان شده است. ریزنمونه‌ها بر روی محیط‌های هورمون‌دار به گونه‌ای قرار داده شدند که پشت ریزنمونه در تماس با محیط کشت باشد. همه پتری‌دیش‌های حاوی ریزنمونه‌های برگ به مدت ۴ هفته بدون انجام واکشت در اتاقک رشد در شرایط دمایی و نوری مشابه شرایط جوانه‌زنی بذر نگهداری شدند. تمام تیمارها پس از دو هفته در محیط مشابه واکشت شدند. سپس نوساقه‌های باززا شده (شکل شماره ۱) به محیط MS عاری از هورمون منتقل شدند. در نهایت گیاهچه‌های بدست آمده به گلدان منتقل شدند. بهترین ترکیب محیط کشت برای مرحله بعد یعنی ترانسفورماسیون توتون بکار برده شد.

جدول ۱- غلظت هورمونی در محیط‌های کشت مختلف برای القا کالوس‌زایی و شاخه‌زایی مستقیم توتون

Table 1- Hormone concentration in different culture media for callus induction and direct shoot regeneration in *Nicotiana tabacum*

تنظیم کننده‌های رشد گیاهی Plant growth regulators (mg/l)		محیط کشت Medium
BAP	NAA	
1	0.1	M1
1.5	0.15	M2
2	0.2	M3
2.5	0.25	M4



شکل ۱- کالوس‌زایی (A)، باززایی ساقه (B) و طولیل شدن ساقه (C) در ریزنمونه‌های توتون

Figure 1- Callus induction (A), shoot regeneration (B) and shoot elongation (C) in of *Nicotiana tabacum* explants

ارزیابی میزان حساسیت ریزنمونه‌ها به آنتی‌بیوتیک

حساسیت ریزنمونه‌های برگ توتون به آنتی‌بیوتیک کانامایسین با کشت این ریزنمونه‌ها بر روی محیط‌کشت‌های حاوی مقادیر مختلف کانامایسین (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) با ۳ تکرار بررسی شد.

تراریختگی ژنوم هسته توتون

در این تحقیق از آگروباکتریوم تومفاشینس سویه GV3101 حامل پلاسمید pBI121، جهت تراریختگی توتون استفاده شد. این پلاسمید حاوی ژن انتخابگر مقاومت به کانامایسین (*nptII*) خارج از بخش منتقل شونده به گیاه می‌باشد. باکتری نو ترکیب GV3101 در محیط LB حاوی ۱۰ میلی گرم در لیتر جنتامایسین، ۵۰ میلی گرم در لیتر کانامایسین و ۵۰ میلی گرم در لیتر ریفامپیسین، به مدت ۲۴

ساعت (بسته به سرعت رشد سویه آگروباکتریوم) در تاریکی و دمای ۲۸ درجه سانتیگراد و با سرعت ۱۵۰ rpm کشت شد. پس از سانتریفوژ باکتری رشد یافته و حذف مایع رویی، اضافه کردن محیط MS بدون ساکارز انجام گرفت. سپس برش قطعات برگ و قرار دادن آن‌ها در سوسپانسیون باکتری به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد و بعد انتقال برگ‌ها به کاغذ صافی جهت خشک شدن و انتقال سریع برگ‌ها به محیط MS حاوی هورمون‌ها صورت گرفت. مرحله بعد بصورت قرار دادن پتری‌ها در تاریکی به مدت ۴۸ ساعت و سپس انتقال برگ‌ها به محیط گزینشگر حاوی ۵۰ میلی گرم در لیتر آنتی‌بیوتیک کانامایسین و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سفوتاکسیم بود. جوانه‌ها تا زمان پدیدار شدن دو الی سه بار در محیط مشابه واکشت شدند. بعد از پدیدار شدن جوانه‌ها، آن‌ها به محیط MS حاوی ۵۰ میلی گرم در لیتر کانامایسین و همان غلظت سفوتاکسیم منتقل شدند.

جدول ۲- استوک‌های مورد استفاده در تهیه محیط کشت MS

Table 1 2- Stocks solution for MS media

مقدار جهت تهیه ۱۰۰ میلی لیتر محلول (گرم)	محلول ذخیره
100x(gr)	Storage Solution
	نیترات
16.5	NH ₄ NO ₃
19	KNO ₃
	سولفات
3.7	MgSO ₄ .7H ₂ O
0.169	MnSO ₄ . H ₂ O
0.086	ZnSO ₄ . H ₂ O
0.0025	CuSO ₄ .5 H ₂ O
	هالوژن‌ها
4.4	CaCl ₂ .2H ₂ O
0.0083	KI
0.00025	CoCl ₂ .6H ₂ O
	محلول PBMo
1.7	KH ₂ PO ₄
0.062	H ₃ BO ₃
0.0025	NaMoO ₄ .2H ₂ O
	محلول ذخیره آهن
0.278	FeSO ₄ .7H ₂ O
0.373	Na ₂ EDTA.2H ₂ O
	ویتامین‌ها
0.005	اسید نیکوتینیک
0.001	HCl تیامین -
0.005	HCl پیریدوکسین -
0.02	گلیسین

SAS (۲۱) و SPSS16 انجام شد.

تجزیه‌های آماری

طرح آزمایشی برای تعیین غلظت‌های مناسب هورمونی در محیط کشت و همچنین تعیین مناسب‌ترین غلظت ساکارز به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. در هر تکرار آزمایشی ۲۰ ریزنمونه برگ‌ی مورد استفاده قرار گرفتند. میزان شاخه‌زایی مستقیم بعد از ۳ هفته برای ریزنمونه‌های برگ در تیمارهای مختلف محاسبه شد. با استفاده از جدول تجزیه واریانس معنی‌داری اثرات اصلی ترکیبات هورمونی و غلظت ساکارز و همچنین اثر متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای والر- دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای

آغازگرهای استفاده شده و شرایط PCR

طراحی آغازگرها از نوکلئوتیدهای ابتدا و انتهای توالی ژن *nptII* و توسط نرم‌افزار Oligoanalyser انجام شد. توالی آغازگرها در جدول ۳ ذکر شده است. برای تکثیر ژن *nptII* ابتدا واسرشته‌سازی اولیه در ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه انجام شد و سپس واسرشته‌سازی، اتصال و طولیل شدن به ترتیب در درجه حرارت‌های ۹۴، ۴۸ و ۷۲ هر کدام به مدت ۱ دقیقه در ۳۵ سیکل انجام شد و در نهایت طولیل شدن نهایی به مدت ۵ دقیقه در ۷۲ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت.

جدول ۳- توالی نوکلئوتیدی آغازگرهای اختصاصی ژن *nptII*
Table 3- Oligonucleotide sequence of *nptII* gene primers

آغازگر Primer	توالی الیگونوکلئوتیدی Oligonucleotide sequence
پیشرو Forward	5' CACGGTTCAACAACATCCAG 3'
پسرو Reverse	5' TGAAGACCCTGACTGGGAAG 3'

نتایج و بحث

این تحقیق به منظور بهینه‌سازی کشت بافت، بررسی میزان بازرایی تحت تیمارهای هورمونی مختلف و غلظت ساکارز، انتخاب تیمار برتر و در نهایت انجام تراریختگی با تیمار برتر انجام شد.

بررسی تأثیر غلظت ساکارز و ترکیب هورمونی محیط

کشت بر میزان کالوس‌زایی

نتایج تجزیه واریانس میزان کالوس‌زایی نشان داد که اثر غلظت ساکارز و نوع محیط کشت و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار بودند. با توجه به اینکه اثر متقابل بین غلظت ساکارز و نوع محیط کشت معنی‌دار بود، بنابراین مقایسه میانگین ترکیبات تیماری با استفاده از روش مقایسه میانگین چند دامنه‌ای والر- دانکن انجام شد. نتایج مقایسه میانگین ترکیبات تیماری غلظت ساکارز و نوع محیط کشت، در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به جدول شماره ۴، محیط کشت M1 حاوی ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۱ میلی‌گرم در لیتر BAP با غلظت ۱۵ گرم در لیتر ساکارز بیشترین میزان کالوس‌زایی را (۶۴ درصد) نشان داد. محیط کشت M2 حاوی ۰/۱۵ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر BAP برای غلظت ۳۰ گرم در لیتر ساکارز از لحاظ میزان کالوس‌زایی در رتبه بعدی قرار گرفت. حداقل میزان کالوس‌زایی (۱۷ درصد) در ترکیب تیماری محیط کشت M1 و

غلظت ۳۰ گرم در لیتر ساکارز مشاهده شد. با توجه به نتایج جدول ۴ می‌توان گفت که غلظت‌های پایین هورمون‌های BAP و NAA در غلظت‌های مختلف ساکارز به استثنای غلظت ۳۰ گرم در لیتر ساکارز در محیط M1، باعث افزایش میزان کالوس‌زایی شدند. در مقابل غلظت‌های بالای هورمونی مانع کالوس‌زایی ریزنمونه‌ها در هر دو غلظت مختلف ساکارز شدند. نتایج تحقیقات ژن و همکاران (۳۳) نشان داد که که میزان کالوس‌زایی در توتون به غلظت‌های هورمونی وابسته می‌باشد. بنابراین بدون در نظر گرفتن غلظت ساکارز می‌توان نتیجه‌گیری نمود که میزان کالوس‌زایی در محیط کشت M4 کمتر از M1 می‌باشد.

بررسی تأثیر غلظت ساکارز و ترکیب هورمونی محیط

کشت بر میزان شاخه‌زایی مستقیم

بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفت میزان شاخه‌زایی مستقیم، مشخص شد که غلظت ساکارز و نوع محیط کشت اثر معنی‌داری بر روی شاخه‌زایی مستقیم داشتند. اثر متقابل غلظت ساکارز و نوع محیط کشت برای این صفت معنی‌دار نبود، بنابراین اثرات اصلی با استفاده از روش والر- دانکن مقایسه میانگین شدند. نتایج مقایسه میانگین برای اثرات اصلی در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین میزان کالوس‌زایی در ریزنمونه‌های توتون با دو غلظت مختلف ساکارز به روش والر- دانکن

Table4- Comparison of the the callus induction of *Nicotiana tabacum* in different concentration of sucrose based an Waller-Duncan T test

غلظت ساکارز Sucrose concentration (g l ⁻¹)	نوع محیط کشت Medium
30	15
^c 17	64 ^a M1
53 ^a	55 ^a M2
^b 41	30 ^b M3
34 ^b	20 ^c M4

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای والر- دانکن نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$) based on Waller-Duncan T test

موجب ترغیب تقسیم سلولی، تشکیل شاخساره و پرآوری شاخساره جانبی شده و از تشکیل ریشه جلوگیری می‌کند. اما استفاده از دو هورمون NAA و BAP در اکثر گیاهان سبب تولید سریع‌تر و بیشتر ساقه‌زایی و تولید شاخساره در مقایسه با NAA و BAP به تنهایی می‌گردد (۲۲). در این تحقیق نیز استفاده توام از تنظیم‌کننده‌های رشد BAP و NAA در محیط کشت اثر معنی‌داری (در سطح احتمال ۹۵ درصد) بر باززایی ساقه داشت.

بررسی تأثیر غلظت ساکارز و ترکیب هورمونی محیط کشت بر میزان ریشه‌زایی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ریشه‌زایی در ساکارز با غلظت ۶۰ گرم در لیتر مشاهده شد که نسبت به ساکارز با غلظت ۳۰ گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری را نشان داد (شکل ۲). میانگین ریشه‌زایی در تیمارهای دارای تنظیم‌کننده رشد BAP، در مقایسه با تیمارهای فاقد آن، کاهش معنی‌داری را نشان داد. به نحوی که در محیط کشت‌های فاقد BAP ریشه‌زایی بطور متوسط ۶ برابر بیشتر بود. افزایش غلظت BAP از ۰/۱ به ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر نتوانست اختلاف معنی‌داری را در کاهش القای ریشه ایجاد نماید (شکل ۳).

میانگین تعداد ریشه‌ها در تیمارهای دارای ۰/۱ یا ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر NAA در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد به نحوی که بیشترین ریشه‌زایی در این دو تیمار مشاهده شد (شکل ۳). فراوانی ریشه‌زایی در محیط کشت حاوی ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر NAA نسبت به تیمارهای فاقد آن، حدود ۱/۵ برابر افزایش یافت. بر اساس تحقیقات انجام شده، استفاده از هورمون NAA سبب تولید کالوس فراوان پیش از تشکیل ریشه می‌شود به همین علت این ریشه‌ها دارای منشایی غیرمستقیم می‌باشند (۲۹).

بر اساس جدول شماره ۵ برای اثر اصلی غلظت ساکارز، غلظت ۳۰ گرم در لیتر در مقایسه با غلظت ۱۵ گرم در لیتر بیشترین میزان شاخه‌زایی مستقیم را به خود اختصاص دادند. مقایسه میانگین اثر اصلی نوع محیط کشت برای میزان شاخه‌زایی مستقیم نشان داد که محیط کشت M1 و محیط کشت M2 بیشترین میزان شاخه‌زایی مستقیم را در مقایسه با سایر محیط کشت‌های مورد استفاده در این آزمایش به خود اختصاص دادند. با توجه به جدول مقایسه میانگین برای صفت میزان شاخه‌زایی مستقیم (جدول ۵) مشخص شد که این صفت نیز همانند صفت میزان کالوس‌زایی، به غلظت‌های پایین NAA و BAP پاسخ مناسب‌تری می‌دهد و در مقابل با افزایش غلظت این هورمون‌ها میزان شاخه‌زایی مستقیم به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. این نتایج مشابه نتایج بدست آمده از تحقیق استولارز و همکاران (۲۳) و حبیبی و همکاران (۶) بود که بیشترین میزان نوساقه را با استفاده از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۱ میلی‌گرم در لیتر BAP بدست آوردند. همچنین یافته‌های تحقیقی که توسط طراوت و همکاران (۲۴) انجام شد نیز مشابه نتایج این آزمایش بود. این محققین درصد بالایی از شاخه‌زایی را در ریزنمونه‌های برگ‌ی توتون با استفاده از غلظت‌های ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۱ میلی‌گرم در لیتر BAP بدست آوردند. با توجه به نتایج حاصل از بخش اول آزمایش و با توجه به این نکته که برای مرحله دوم آزمایش حداقل شاخه‌زایی مستقیم با حداقل کالوس‌زایی مورد نظر بود، بنابراین از ترکیب هورمونی ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۱ میلی‌گرم در لیتر BAP و غلظت ۳۰ گرم در لیتر ساکارز برای ریزنمونه‌های توتون برای تلقیح بوسیله آگروباکتریوم سویه GV3101 استفاده شد.

بطور کلی، افزودن سیتوکینین‌ها مثل BAP به محیط کشت

جدول ۵- مقایسه میانگین به روش والر- دانکن برای شاخه‌زایی مستقیم از ریزنمونه‌های برگ توتون با غلظت‌های مختلف ساکارز
Table 5- Comparison of the shoot regeneration frequency of *Nicotiana tabacum* leaves in different concentration of sucrose

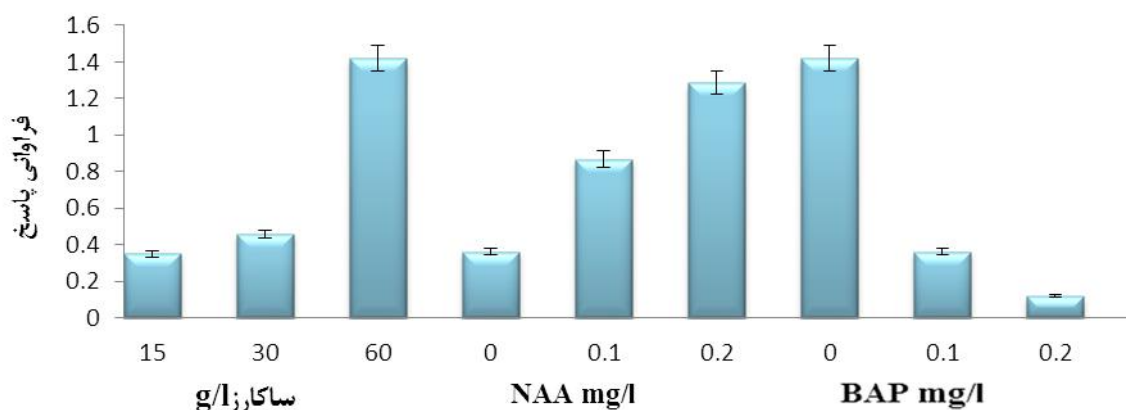
میانگین Average	غلظت ساکارز Sucrose concentration (g l ⁻¹)		نوع محیط کشت Medium
	30	15	
68.5 ^a	72	65	M1
63 ^a	61	65	M2
32 ^b	33	31	M3
20 ^c	23	17	M4

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای والر- دانکن ($P < 0.05$) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$) based on Waller-Duncan T test

متقابل ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر NAA با ۶۰ گرم در لیتر ساکارز فراوانی ریشه‌زایی را در محیط کشت افزایش داد که در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بود (نتایج آورده نشده است). لذا در راستای تحقیقات پیشین در زمینه ریشه‌زایی، هورمون NAA نقش مؤثری در افزایش ریشه‌زایی به همراه غلظت مناسب ساکارز داراست (۲۲). گزارش می‌آید و همکاران (۱۳) نیز بر روی گیاه *Allium chinense* بیانگر افزایش تشکیل ریشه با افزایش غلظت NAA بود. بنابراین در این آزمایش به منظور افزایش ریشه‌زایی و افزایش طول ریشه، شاخساره‌های طویل شده به محیط حاوی NAA با غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر و ساکارز با غلظت ۶۰ گرم در لیتر منتقل شدند.

این احتمال وجود دارد که با توجه به منشاء طبیعی تنظیم‌کننده رشد NAA، نیاز باشد از غلظت‌های بیشتری از آن در محیط کشت استفاده نمود. به طور متوسط از ریزنمونه‌هایی که در محیط با غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۶۰ گرم در لیتر ساکارز کشت شدند، بیش از ۲۰ ریشه مشاهده شد در حالی‌که در محیط حاوی ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۳۰ گرم در لیتر ساکارز، حداکثر ۱۰ ریشه القا شد که در مقایسه با سایر تیمارها افزایش چشمگیری داشته‌است. در این مطالعه بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، هر چند افزایش غلظت تنظیم‌کننده رشد NAA از ۰/۱ به ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر به تنهایی در افزایش ریشه‌زایی اثر معنی‌داری نداشت (شکل ۲) اما اثر



شکل ۲- مقایسه فراوانی ریشه‌زایی در غلظت‌های مختلف ساکارز، BAP و NAA در ریزنمونه‌های توتون

Figure 2- Comparison of the root regeneration frequency of *Nicotiana tabacum* in different concentrations of sucrose, NAA and BAP

به منظور توسعه یک روش سریع و مؤثر تلقیح ریزنمونه‌های توتون با آگروباکتریوم، ابتدا اثر مقادیر مختلف آنتی‌بیوتیک کانامایسین

تعیین سطح مؤثر کانامایسین بر روی ریزنمونه‌های توتون به عنوان انتخابگر

آنتی‌بیوتیک) منتقل شدند (۴). بر اساس نتایج حاصل از آزمایش مشخص گردید که نگهداری محیط‌های هم‌کشتی در شرایط تاریکی باعث افزایش نفوذ آگروباکتریوم به بافت گیاهی می‌شود. بعد از ۴۸ ساعت هم‌کشتی، نمونه‌ها به محیط کشت MS حاوی ۱ میلی‌گرم در لیتر BAP و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA و آنتی‌بیوتیک‌های کانامایسین و سفوتاکسیم منتقل شدند. پس از ۱۰ روز، بخش‌هایی که ژن انتخابگر را دریافت نکرده بودند شروع به زرد شدن کردند. ۵ هفته پس از تلقیح، نوساق‌های تراریخته مقاوم به کانامایسین بر روی ریزنمونه‌های برگ ظاهر شدند. پس از ۸ هفته از تلقیح اولیه، گیاهچه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک کانامایسین بدست آمدند.

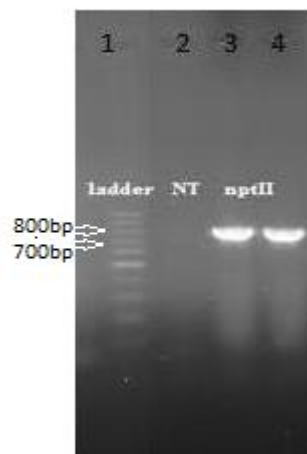
تجزیه و تحلیل مولکولی گیاهان تراریخته

برای تأیید حضور پلاسمید حاوی ژن مقاومت به کانامایسین (*nptII*) در ریزنمونه‌های توتون، بررسی PCR بر روی گیاهان مقاوم انجام شد. با انجام واکنش PCR با استفاده از آغازگرهای اختصاصی ژن *nptII*، قطعه‌ای به اندازه ۷۹۸ bp تکثیر شد و در گیاهان شاهد غیرتراریخته هیچگونه باندهی مشاهده نشد (شکل ۳). با توجه به نتایج مشاهده شده از واکنش زنجیره‌ای پلیمرز، حضور ژن مقاومت به کانامایسین در نمونه‌های تراریخته اثبات گردید.

(۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) جهت تعیین حداقل غلظت آنتی‌بیوتیک بر روی ریزنمونه‌های توتون بررسی شد، نتایج آزمایش نشان داد که یک هفته بعد از کالوس‌زایی در محیط کشت MS بدون کانامایسین تعداد زیادی از ریزنمونه‌ها وارد مرحله کالوس‌زایی شدند و میزان کالوس‌زایی در محیط کشت MS حاوی کانامایسین ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بسیار پایین بوده و تمامی ریزنمونه‌ها (تراریخت و غیرتراریخت) زرد شده و از بین رفتند در حالی که غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کانامایسین بطور کامل از کالوس‌زایی و شاخه‌زایی مستقیم بر روی ریزنمونه‌های غیر تراریخت توتون جلوگیری کرد و تعدادی از ریزنمونه‌ها وارد مرحله کالوس‌زایی شدند. با توجه به اینکه مقادیر بالای آنتی‌بیوتیک سفوتاکسیم اثر منفی بر روی شاخه‌زایی مستقیم از ریزنمونه‌های برگ‌ی دارد، در محیط کشت‌ها از غلظت‌های ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سفوتاکسیم استفاده شد.

انتقال ژن انتخابگر *nptII* به سلول‌های توتون با استفاده از آگروباکتریوم

پس از آلوده‌سازی ریزنمونه‌های توتون با آگروباکتریوم حاوی ژن انتخابگر *nptII* ابتدا نمونه‌ها به محیط هم‌کشتی (محیط MS حاوی ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر BAP و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA فاقد



شکل ۳- تأیید حضور سازه ژنی با واکنش زنجیره‌ای پلیمرز در نمونه‌های تراریخته گیاه توتون، ۱: نشانگر مولکولی شرکت پارس توس؛ ۲: کنترل منفی (NT)؛ ۳ و ۴: تأیید حضور ژن با استفاده از آغازگرهای ژن مقاومت به کانامایسین (*nptII*) (تکثیر قطعه ۷۹۸ جفت بازی)

Figure 3- PCR analysis for detection of *nptII* gene in transformed leaves of tobacco. 1) 100bp size marker (parstous); 2)

هورمونی و غلظت‌های متفاوت ساکارز انجام شد. از آنجا که روش‌های باززایی غیرمستقیم از طریق کالوس، احتمال وقوع تنوع سوماکلونال و تغییر در ماده ژنتیکی را افزایش می‌دهد، تلاش برای توسعه روش‌های باززایی معتبر و مؤثر که تکرارپذیر باشند گامی مهم در توسعه سیستم تراریختی گیاه محسوب می‌شود و لذا ضروری است

نتیجه‌گیری کلی

مطالعات گذشته، تلاش‌های محدودی برای بهینه‌سازی باززایی مستقیم توتون تراریخته نشان داده‌اند که اغلب شامل باززایی در حضور غلظت‌های مختلف هورمونی بوده است (۳۰). در این تحقیق، بررسی بهینه‌سازی کشت بافت توتون با اعمال تیمارهای مختلف

تراریخته مناسب بود. در این تحقیق بعد از ۸ هفته از تلقیح اولیه، گیاهان مقاوم به کانامایسین بر روی محیط‌کشت‌های حاوی آنتی بیوتیک بدست آمدند. برای تأیید حضور قطعه ژن مقاومت به کانامایسین در ژنوم گیاه، PCR بر روی DNA ژنومی گیاهان تراریخته احتمالی انجام شد. بررسی گیاهان تراریخته در سطح DNA با استفاده از آغازگرهای اختصاصی و تکنیک PCR نشان داد که ژن هدف *nptII* به ژنوم گیاه توتون پیوند خورده است. پیشنهاد می‌شود از سویه‌های دیگر اگروباکتریوم نیز برای انتقال ژن استفاده شود تا بهترین سویه برای انتقال ژن به این گیاه انتخاب شود. نتایج این مطالعه در مجموع نشان داد که استفاده از سیستم باززایی تک مرحله‌ای و نیز اجتناب از غلظت‌های بالای تنظیم‌کننده‌های رشد بویژه سیتوکینین‌ها در بافت‌های جوان که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند احتمالاً بتواند با کاهش تغییرات اپی‌ژنتیک برای باززایی مستقیم از گیاهان تراریخته در توتون مورد استفاده قرار گیرد.

بهینه‌سازی روش‌های باززایی بدون واسطه‌گری کالوس به عنوان پیش نیاز هرگونه اقدام مهندسی ژنتیک صورت گیرد. بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که برای گیاه توتون کالوس‌زایی تحت تأثیر اثر متقابل غلظت ساکارز و نوع ترکیب هورمونی محیط‌کشت می‌باشد. اما صفت شاخه‌زایی مستقیم تحت تأثیر اثر متقابل این صفت و غلظت ساکارز نبود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین BAP و NAA مشخص شد که محیط کشت‌هایی با غلظت‌های کم (کمتر از ۱/۵ میلی گرم در لیتر) باعث افزایش کالوس‌زایی و شاخه‌زایی مستقیم در ریزنمونه‌های توتون می‌شوند. با توجه به نتایج حاصل از کشت بافت می‌توان پیشنهاد نمود که تیمارهای اعمال شده در این تحقیق بر روی سایر ژنوتیپ‌های توتون نیز اعمال شود و بهترین ژنوتیپ‌های پاسخ دهنده به کشت بافت تعیین شوند و در برنامه‌های اصلاح مولکولی این گیاه مورد استفاده قرار گیرند. همچنین نتایج آزمایش نشان داد که کانامایسین با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر برای انتخاب گیاهان

منابع

- 1- Ali G., Hadi F., Ali Z., Tariq M., and Khan M.A. 2007. Callus Induction and in vitro Complete Plant Regeneration of Different Cultivars of Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) on Media of Different Hormonal Concentrations. *Biotechnology*, 6: 561-566.
- 2- Babbar S.B., Jain R., and Walia N. 2005. Guar gum as a gelling agent for plant tissue culture media. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 41(3):258-261.
- 3- Ekrum G. 2001. Insertion of an antimicrobial gene into *Agrobacterium* and its further use in transforming tobacco. *Turkish Journal of Botany*, 25:169-175.
- 4- Gangopadhyay G., Das S., Mitra S.K., Poddar R., Modak B.K., and Mukherjee K. 2002. Enhanced rate of multiplication and rooting through the use of coir in aseptic liquid culture media. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 68: 301-310.
- 5- Habibi-Pirkoochi M., Malekzadeh-Shafaroudi S., Marashi H., Moshtaghi N., Nassiri M.R., and Zibae S. 2014. Transient Expression of Foot and Mouth Disease Virus (FMDV) Coat Protein in Tobacco (*Nicotiana tabacum*) via Agroinfiltration. *Iranian Journal of Biotechnology*, 12: 28-35.
- 6- Joshi N. 2009. In Vitro Growth and Shoot Multiplication in *Nicotiana tabacum* L.-influence of gelling agent and carbon source. *International Journal of Plant Developmental Biology*, Global Science Books.
- 7- Klems M., Balla J., Machackova I., Eder J., and Prochazka S. 2000. The uptake and metabolism of 3H-benzylaminopurine in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) explants. *Plant Growth Regulation*, 31(3):135-142.
- 8- Leuba V., and LeTourneau D. 1990. Auxin activity of phenylacetic acid in tissue culture. *Journal of Plant Growth Regulation*, 9:71-76.
- 9- Linsmaier E.M., and Skoog F. 1965. Organic Growth Factor Requirements of Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 18:100-127.
- 10- Lucyszyn N., Quoirin M., Homma M.M., and Sierakowski M.R. 2007. Agar/galactomannan gels applied to shoot regeneration from tobacco leaves. *Biologia Plantarum*, 51(1):173-176.
- 11- Mangat B.S., and JANJUA S. 1987. Cyclic Nucleotides and In Vitro Plant Cultures: Induction of organogenesis in tobacco (*Nicotiana tabacum*) callus cultures. *Journal of Experimental Botany*, 38 (12):2059-2067.
- 12- Miao-Miao Y., Chan X., Chun-Hwan K., Yeong-Cheol U., Amadou Apho B., and De-Ping G. 2009. Effects of explant type, culture media and growth regulators on callus induction and plant regeneration of Chinese jiaotou (*Allium chinense*). *Scientia Horticulturae*, 123:124-128.
- 13- Mohan Pathi K., Tula S., and Tuteja N. 2013. High frequency regeneration via direct somatic embryogenesis and efficient *Agrobacterium*- mediated genetic transformation of tobacco. *Plant Signaling & Behavior*, 8:6.
- 14- Murashige T., and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Plant Physiology Journal*. 15: 473-497.

- 15- Nhut D.T., Aswath C.R., Teixeira da Silva J.A., Le B.V., Thorpe T., and Tran Thanh Van K. 2003. Tobacco Thin Cell Layer Morphogenesis. Thin Cell Layer Culture System: Regeneration and Transformation Applications, 17-63.
- 16- Nugroho H., and Verpoorte R. 2002. Secondary metabolism in tobacco. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 68:105-125.
- 17- Ozel C.A., Khawar K.M., and Arslan O. 2008. A comparison of the gelling of isubgol, agar and gelrite on in vitro shoot regeneration and rooting of variety Samsun of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). Scientia Horticulturae, 117(2):174-181.
- 18- Parc G., Rembur J., Rech P., and Chriqui D. 2007. In vitro culture of tobacco callus on medium containing peptone and phytate leads to growth improvement and higher genetic stability. Plant Cell Reports, 26(2):145-52.
- 19- Ramage C.M., and Williams R.R. 2002. Inorganic nitrogen requirements during shoot organogenesis in tobacco leaf discs. Journal of Experimental Botany, 53(373):1437-43.
- 20- SAS. 2001. SAS/STAT User's Guide (8.02) SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- 21- Smykalova I., Smirous P., Kubosiova M., Gasmanova N., and Griga M. 2009. Doubled haploid production via anther culture in annual, winter type of caraway (*Carum carvi* L.). Acta Physiologiae Plantarum, 31:21-31.
- 22- Stolarz A., Macewicz J., and Lorz H. 1991. Direct somatic embryogenesis and plant regeneration from leaf explants of *Nicotiana tabacum* L. Journal of Plant Physiology, 137:347-357.
- 23- Taravat E., Sohrabi M., and Zebarjadi A. 2012. Optimization and gene transformation of Tobacco. Proceedings of 7th national biotechnology congress of I.R. Iran. (in Persian with English abstract).
- 24- Teixeira da Silva J.A. 2002. Polyamines in the regulation of chrysanthemum and tobacco in vitro morphogenic pathways. Propagation of Ornamental Plants, 2: 9-15.
- 25- Teixeira da Silva J.A. 2005. Simple multiplication and effective genetic transformation (four methods) of in vitro-grown tobacco by stem thin cell layers. Plant Science, 169: 1046-1058.
- 26- Teixeira da Silva J.A., and Fukai S. 2001. The impact of carbenicillin, cefotaxime and vancomycin on chrysanthemum and tobacco TCL morphogenesis and Agrobacterium growth. Journal of Applied Horticulture, 3(1):3-12.
- 27- Tran Thanh Van M., Dien N.T., and Chlyah A. 1974. Regulation of organogenesis in small explants of superficial tissue of *Nicotiana tabacum* L. Planta, 119(2):149-59.
- 28- Van den Ende G., Croes A.F., Kemp A., and Barendse G.W.M. 1984a. Development of flower buds in thin-layer cultures of stalk tissue from tobacco: Role of hormones in different stages. Physiologia Plantarum, 61: 114-118.
- 29- Van den Ende G., Croes A.F., Kemp A., Barendse G.W.M., and Kroh M. 1984b. Floral morphogenesis in thin-layer tissue cultures of *Nicotiana tabacum*. Physiologia Plantarum, 62: 83-88.
- 30- Yanjie C. 2007. Callus induction and plant regeneration From leaf explants of tobacco. Available at <http://nhjy.hzau.edu.cn/kech/xbgc/sy/PDF/ChaoYanjie.pdf>.
- 31- Zhan-sheng P., Ji-yao C., and Huai-xin C. 1989. The regulation effect of the light and hormones on morphogenesis in tobacco leaf tissue cultures. Acta biologiae experimentalis Sinica, 22 (3):279-285.



Development of an Efficient Regeneration and Transformation Method for *Nicotiana tabacum* L. through the Optimization of Growth Regulators and Sucrose Concentration

M. Beihaghi¹- A. Bagheri^{2*}- H. Marashi³- M. Sankian⁴- A. Farsad⁵

Received: 26-02-2017

Accepted: 03-10-2017

Introduction: Plant tissue culture is a collection of techniques used to maintain or grow plant cells, tissues or organs under sterile conditions on a nutrient culture medium of known composition and widely used to produce clones of a plant in a method known as micropropagation. Plant research often involves growing new plants in a controlled environment. These may be plants that we have genetically altered in some way or may be plants of which we need many copies all exactly alike. These things can be accomplished through tissue culture of small tissue pieces from the plant of interest. These small pieces may come from a single mother plant or they may be the result of genetic transformation of single plant cells which are then encouraged to grow and to ultimately develop into a whole plant. Tissue culture techniques are often used for commercial production of plants as well as for plant research. Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) is one of the most important model plants used in the physiologic, genetic and tissue culture studies. The manipulation of tobacco genetic structure requires an efficient technique of gene transferring and regeneration. Whereas, the tobacco plant is a very effective bioreactor in the production of recombinant proteins, in this research we optimized the best tissue culture system and also, genetic transformation process of this plant.

Materials and Methods: Our plant tissue culture protocols, Include helpful information for Murashige and Skoog media, plant growth regulators, plant growth hormones, plant transformation systems, and other products for plant tissue culture. For this purpose, different concentrations of sucrose and 4 combinations of growth regulators (BAP and NAA) on callus induction, direct shoot regeneration and rooting were examined in a factorial experiment based on completely randomized design with 3 replications. The sensitivity of tobacco explants to kanamycin was examined through the cultivation of them on the selective medium with different concentrations of antibiotic. For genetic transformation, *Agrobacterium tumefaciens* (GV3101) harboring plasmid pBI121 was used and the transgenic plants were confirmed by PCR analysis.

Results and Discussion: The results of variance analysis and the means comparison showed that the best medium for callus induction was M1 (0.1 mg/l NAA and 1 mg/l BAP) with 15 g/l sucrose in the leaf explants, while the most direct shoot regeneration rate was obtained on the M1 medium with 30 g/l sucrose concentration. High-frequency of rooting was also influenced by 0.1 mg/l NAA and 60 g/l sucrose. So, supplementing the medium with NAA and BAP at different concentrations facilitated induction of multiple shoots from explants. NAA was proved to be the best and the number of shoots increased with increase in the concentration up to (0.1 mg/l), and exceeding this concentration resulted in decline in percent response as well as number of shoots was recorded shoot regeneration. The concentration of BAP was further increased a linear increase in the number of shoots was observed up to an optimal level (1 mg/l). Beyond the optimal concentration (1 mg/l), a decrease in the response as well as number of shoots was recorded due to profuse basal callusing. The effect of cytokinins on multiple shoot regeneration, higher concentrations of NAA found to be inhibitory for shoot regeneration because of huge callusing which hampered the growth and development of new shoots. Also different concentrations of sucrose have a different effect on the shoots and callus. The concentration of sucrose had significant effect on direct shoot regeneration. The main effect of sucrose concentration, concentration of 30 grams per liter, compared with a concentration of 15 grams per liter had the highest direct shoot regeneration. Concentration of 50 mg/l kanamycin could completely prevent the regeneration of untransformed explants so was used in the selective culture medium. Subsequently, the presence of *nptII* gene (798 bp) in the transgenic plants was

1, 2 and 3- Ph.D. Student and Professors of Department of Plant Breeding and Biotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: bagheriyazd@gmail.com)

4- Associate Professor of Bu Ali Research Institute, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

5- Assistant Professor of College of Agriculture, Birjand University, Iran

confirmed and the transformation efficiency obtained by using the agrobacterium-mediated transformation was more than 95%.

Conclusions In present research, an efficient *in vitro* regeneration protocol has been developed for tobacco, where different factors including the age of the explant and plant growth regulators were optimized for maximum propagation of tobacco. The results showed that regeneration and transformation method described here is highly efficient and fast for the introduction of any foreign gene directly in tobacco plant.

Keywords: Direct shoot regeneration, *Nicotiana tabacum*, *nptII* selective gene, Tissue culture, Transformation



بررسی اثر فواصل آبیاری و مالچ بر ویژگی‌های پومولوژیکی و عملکردی زیتون رقم سویلانا در شرایط مزرعه

رحمت اله غلامی^{۱*} - محمد گردکانه^۲ - حجت اله غلامی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۸

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر فواصل آبیاری و مالچ بر ویژگی‌های پومولوژیکی و عملکردی درختان ۱۱ ساله زیتون رقم سویلانا در شرایط مزرعه در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو واقع در استان کرمانشاه در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا گردید. آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول آزمایش شامل فواصل آبیاری به صورت سه، شش (شاهد) و ده روزه بود و فاکتور دوم آزمایش شامل سه سطح مالچ پلی اتیلن، کاه و کلش و بدون مالچ (شاهد) بود. به منظور تعیین اثر فواصل آبیاری و مالچ بر زیتون رقم سویلانا در شرایط مزرعه برخی صفات پومولوژیکی و عملکردی از جمله وزن و ابعاد میوه و هسته، درصد رطوبت میوه، وزن تر و خشک گوشت، درصد ماده خشک، نسبت وزن خشک گوشت به هسته و عملکرد میوه در درخت و در هکتار ثبت گردید. سپس داده‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد. نتایج نشان داد که، بین تیمارهای مختلف دور آبیاری و مالچ از نظر صفات اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به طوری که بیشترین میزان وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت، عملکرد میوه در درخت و هکتار مربوط به تیمار مالچ و دور آبیاری سه روزه بود. با افزایش فواصل آبیاری وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت، عملکرد میوه در درخت و هکتار کاهش یافت ولی با کاربرد مالچ وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت و نیز عملکرد میوه در درخت و هکتار در مقایسه با شرایط بدون مالچ افزایش یافت. بر این اساس می‌توان با استفاده از مالچ‌های کاه و کلش و نیز پلی‌اتیلن دور آبیاری را بدون صدمه به درختان زیتون افزایش داد و از این طریق در مصرف آب آبیاری باغات زیتون صرفه‌جویی کرد.

واژه‌های کلیدی: دور آبیاری، زیتون، عملکرد، مالچ، ویژگی‌های میوه

مقدمه

می‌گردد، وارد می‌نماید. برای توسعه کشت زیتون یکی از مهمترین مسائل آن تأمین آب مورد نیاز باغات زیتون می‌باشد. با توجه به خطر جدی خشکی و کمبود آب به‌ویژه در چند سال اخیر، اتخاذ روش‌های مناسب در بهره‌برداری بهینه از منابع آبی ضروری است که تعیین زمان‌های بحرانی آبیاری (۲۲)، استفاده از مالچ (۶) و تنظیم کننده‌های رشد (۹) از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب می‌باشد.

در درختان بالغ زیتون رقم آرکین میزان رشد میوه و عملکرد با افزایش میزان آب آبیاری افزایش می‌یابد (۲۵). پژوهش‌های مختلف نشان داده است که در زیتون با افزایش میزان آب آبیاری اندازه میوه و وزن میوه به طور خطی افزایش می‌یابد و آبیاری روی تشکیل میوه و ویژگی‌های ظاهری میوه (طول، قطر و وزن میوه) تأثیر دارد (۲۱). در بررسی اثرات آبیاری در رقم آرکین، با اعمال هفت تیمار آبیاری ۱۵، ۲۵، ۴۰، ۵۷، ۷۱، ۸۹ و ۱۰۷ درصد تبخیر و تعرق، در طول فصل رشد، مشاهده گردید که با افزایش میزان آب آبیاری، اندازه میوه و وزن میوه افزایش یافت (۵).

استفاده از مالچ در باغات زیتون، باعث افزایش کارایی جذب آب و

زیتون (*Olea europaea* L.) درختی همیشه سبز و بومی شرایط آب و هوایی مدیترانه در نواحی نیمه خشک می‌باشد. شرایط آب و هوایی مدیترانه با بارندگی کم، گرمای زیاد و میزان تشعشعات بالا در طول فصل رشد مشخص می‌شود. شرایط محیطی اثر معنی‌داری بر میزان رشد، فیزیولوژی و عملکرد در گیاهان دارد (۲۵).

خشکسالی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که هر ساله خسارت‌های زیادی به محصولات زراعی و باغی در جهان و به ویژه در ایران که به عنوان کشوری خشک و نیمه خشک محسوب

۱ و ۲- استادیاران پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه

(*- نویسنده مسئول: Email: gholami.rahmat@yahoo.com)

۳- کارشناس ارشد حشره‌شناسی، فروشگاه توزیع نهادهای کشاورزی سرپل‌ذهاب
DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.62347

بهبود وضعیت آب درخت زیتون در مقایسه با تیمارهای بدون مالچ می‌گردد (۸). در مناطق خشک و نیمه خشک تقریباً ۴۰ تا ۷۰ درصد از هدر روی آب از سطح خاک در اثر تبخیر بوده که می‌توان با استفاده از مالچ از آن جلوگیری نمود و در اختیار گیاه قرار داد. استفاده از مالچ سبب می‌شود که میزان تبخیر از خاک کم شده و این امر باعث کاهش تکرار آبیاری می‌گردد (۷ و ۱۴). مالچ‌های پلاستیکی در نگهداری رطوبت خاک، در افزایش میزان رشد و عملکرد مؤثر می‌باشند (۳) و باعث افزایش کارایی مصرف آب و بهبود کیفیت میوه می‌شوند (۳۰). استفاده از مالچ در باغات هلو باعث افزایش کارایی مصرف آب گردید (۳۳).

استفاده از مالچ پلی‌اتیلن می‌تواند با تغییر دور آبیاری از نه روز به یازده روز در گوجه فرنگی ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب مقدار عملکرد را نیز به میزان قابل توجهی افزایش داد (۱۸). استفاده از مالچ‌های آلی باعث تعدیل دمای خاک، کاهش رشد علف‌های هرز، حفظ رطوبت موجود در خاک، کاهش آبیاری و نیز کاهش تنش آبی می‌شود ولی بر روی مقدار اکسیژن خاک تأثیر ندارد (۱۵ و ۳۱).

به دلیل وجود شرایط مستعد برای پرورش زیتون و نیاز کشور به تولید روغن، این محصول از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد. برای توسعه کشت زیتون یکی از مهمترین مسائل آن تأمین آب مورد نیاز آبیاری درختان می‌باشد. در این راستا در باغات بارده زیتون علاوه بر اینکه تعیین فواصل آبیاری اهمیت داشته، خاصیت مالچ‌ها نیز از طریق کاهش تبخیر از سطح خاک در بهینه نمودن مصرف آب در شرایط کم آبی دارای اهمیت می‌باشد. لذا هدف از اجرای این پژوهش استفاده از مالچ‌های مختلف به منظور افزایش دور آبیاری جهت کاهش مصرف آب در باغات بارده زیتون بود.

مواد و روش‌ها

به منظور اثر فواصل آبیاری و مالچ بر خصوصیات پومولوژیکی و عملکرد زیتون رقم سویلانا، این پژوهش در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو شهرستان سرپل‌ذهاب انجام گرفت. این منطقه دارای طول جغرافیائی ۴۵ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی است. ارتفاع آن از سطح دریا ۵۷۰ متر می‌باشد که برخی از پارامترهای شرایط آب و هوایی منطقه در طی دوره آزمایش به شرح جدول ۳ می‌باشد.

مواد آزمایشی این تحقیق درختان زیتون یازده ساله رقم سویلانا بود که درختان به فاصله ۵×۵ کشت شده بودند و برای هر واحد آزمایشی چهار درخت در نظر گرفته شد. بدین منظور اثر فواصل آبیاری و مالچ بر خصوصیات پومولوژیکی و عملکرد زیتون رقم سویلانا مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه

بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و دو فاکتور (فواصل آبیاری و مالچ) انجام شد. فواصل مختلف آبیاری در سه سطح دور آبیاری سه روزه، دور آبیاری شش روزه و دور آبیاری ده روزه از اردیبهشت تا مهرماه و فاکتور مالچ در سه سطح مالچ پلی‌اتیلن، کاه و کلش و بدون مالچ در سه تکرار به انجام رسید. در این تحقیق فاصله شش روز یکبار آبیاری و بدون مالچ به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و اثرات فواصل مختلف آبیاری و مالچ بوسیله اندازه‌گیری صفات پومولوژیکی و عملکرد میوه صورت گرفت.

مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی و شیمیایی صورت گرفت طوری‌که بین ردیف‌ها با تراکتور شخم گردید و روی ردیف‌ها با علف‌کش گراماکسون (پاراکوات) با غلظت دو در هزار سم‌پاشی شد. با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی ایستگاه سینوپتیک سرپل‌ذهاب و با استفاده از معادله پنمن مانتیث (نرم افزار ETo calculator)، تبخیر و تعرق بالقوه و نیاز آبی درختان از اوایل اردیبهشت ماه زمان توقف بارندگی تا اوایل آبان ماه زمان شروع مجدد بارندگی محاسبه گردید (۱۰ و ۱۱) و آبیاری به روش قطره‌ای انجام گرفت. کیفیت خاک و آب آبیاری به ترتیب به شرح جدول ۱ و ۲ بود. نایلون پلی‌اتیلن شفاف معمولی و به مساحت سه متر مربع و مالچ کاه و کلش به مساحت سه متر مربع و به ضخامت چهار سانتی‌متر برای هر درخت در نظر گرفته شد.

صفات پومولوژیکی با استفاده از شاخص‌های ارزیابی و تمایز زیتون اندازه‌گیری شد. به منظور ثبت اطلاعات مربوط به ویژگی‌های میوه، هسته و عملکرد میوه، برداشت میوه در پایان دوره آزمایش در مهرماه صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری وزن و ابعاد میوه پس از جداسازی تصادفی چهل میوه از هر واحد آزمایشی، وزن میوه با ترازوی دیجیتال، طول و قطر میوه با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری گردید و از داده‌ها میانگین گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری صفات وزن تر و خشک گوشت و هسته، گوشت و هسته میوه‌ها جدا و به ترتیب به عنوان وزن ترگوشت و وزن تر هسته توزین گردید. سپس نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد درآون به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از گذشت مدت مذکور وزن خشک آنها بدست آمد (۱۲).

آنالیز آماری و تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱ کارولینای شمالی) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های میوه: اثر فواصل آبیاری و مالچ بر وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد. بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها بین تیمارهای

فواصل آبیاری از نظر صفات وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). نتایج این جدول نشان می‌دهد که تأثیر تیمار آبیاری بر وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت معنی‌داری بوده است. تیمار آبیاری سه روزه باعث افزایش وزن میوه،

وزن تر و خشک گوشت درختان زیتون رقم سویلانا گردید و تیمار آبیاری ده روزه باعث کاهش وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت میوه درختان مورد آزمایش گردید (جدول ۴).

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در ایستگاه تحقیقات زیتون سرپل‌ذهاب (آزمایشگاه خاک شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی کرمانشاه)

Table 1- The physical and chemical characteristics of the soil in the Srpl-Zhab Olive Station (Kermanshah Laboratory of Soil Science, Agricultural Research and Education Center)

نمونه Sample	عمق خاک Soil depth (cm)	سیلت (%) Silt (%)	شن (%) Sand (%)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (ppm)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (ppm)	ازت کل Total nitrogen (%)	کربن آلی Organic Carbon (%)	کربنات کلسیم CaCO ₃ (%)	اسیدیته PH
1	0-30	44	24	322	11.82	0.18	1.94	33	7.31
2	30-60	37	27	101	6.3	0.06	1.21	35	7.49

جدول ۲- مشخصات آب محل آزمایش (آزمایشگاه خاک شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی کرمانشاه)

Table 2 - Water characteristics of experiment (Kermanshah Laboratory of Soil Science, Agricultural Research and Education Center)

اسیدیته PH	سدیم Na (meq/l)	کلسیم Ca (meq/l)	سولفات So ₄ (meq/l)	کلر Cl (meq/l)	بی کربنات Co ₂ (meq/l)	کربنات Co ₃ (meq/l)	شوری EC (ds/m)
7.29	0.19	6.61	1.89	0.31	4.59	0	551

جدول ۳- میانگین ماهانه میزان درجه حرارت، رطوبت نسبی، تبخیر و بارندگی، سرپل‌ذهاب (سال ۱۳۹۴)

Table 3- Mean monthly temperature, relative humidity, evaporation and rainfall, Srple-Zhab (1394)

ماه Month	دما Temperature (°C)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	تبخیر ماهانه Monthly evaporation (mm)	بارندگی ماهانه Monthly rainfall (mm)
اردیبهشت May	23.40	33	244.40	3.70
خرداد June	30.30	22	353.10	0
تیر July	33.20	21	391.30	0
مرداد August	35.10	21	435.20	0
شهریور September	31.30	26	356.70	0.10
مهر October	25	36	200.70	1.90

میوه، وزن تر و خشک گوشت گردید. نتایج نشان داد که در بین مالچ‌های مختلف از لحاظ صفات اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که مالچ باعث افزایش وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت میوه نسبت به بقیه تیمارها گردیده است گر چه بین مالچ

بر اساس داده‌های جدول (۴) مقایسه میانگین‌ها بین تیمار مالچ (درسه سطح پلی‌اتیلن، کاه و کلش و بدون مالچ) از نظر صفات وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. به طوری‌که تیمار پلی‌اتیلن و کاه و کلش باعث افزایش صفات وزن

پلی اتیلن و کاه و کلش اختلاف معنی داری وجود نداشت و در یک کلاس قرار گرفتند. در بین تیمارهای مختلف، از نظر ابعاد میوه و درصد رطوبت میوه بیشترین مقدار مربوط به دور آبیاری سه روزه همراه با مالچ و کمترین مقدار مربوط به دور آبیاری ده روزه و بدون مالچ می باشد (جدول ۸).

ابعاد میوه و درصد رطوبت میوه تحت تاثیر دور آبیاری، مالچ، اثرات متقابل دور آبیاری در مالچ در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر فواصل آبیاری بر وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت، درصد ماده خشک و نسبت گوشت به هسته زیتون رقم سویلانا

Table 4- Mean comparison effect of Irrigation interval on traits of Fruit Weight, Pulp Fresh and Dry Weight, Dry matter and Pulp/Pit ratio of olive cv. Sevillana

دور آبیاری Irrigation interval	وزن میوه Fruit Weight (g)	وزن تر گوشت Pulp Fresh Weight (g)	وزن خشک گوشت Pulp Dry Weight (g)	درصد ماده خشک Dry matter (%)	نسبت گوشت به هسته Pulp/Pit ratio (%)
سه روزه 3 days interval	4.07a	3.14a	0.60a	27.16c	1.02a
شش روزه 6 days interval	3.27b	2.48b	0.49b	29.43b	0.98a
ده روزه 10 days interval	2.92c	2.24c	0.39c	34.14a	0.92a

میانگین های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه ای دانکن دارای تفاوت معنی داری نیستند
Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%

افزایش مقدار طول و قطر هسته گردید (جدول ۷). در این پژوهش افزایش دور آبیاری، باعث کاهش طول و قطر هسته درختان زیتون مورد آزمایش شد (جدول ۵). از طرفی مالچ باعث افزایش مقدار طول و قطر هسته گردید (جدول ۷). وزن تر و خشک هسته تحت تاثیر دور آبیاری، مالچ، اثرات متقابل دور آبیاری در مالچ در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید. در بین تیمارهای مختلف، از نظر وزن تر و خشک هسته بیشترین مقدار مربوط به دور آبیاری سه روزه و مالچ و کمترین مقدار مربوط به دور آبیاری ده روزه و بدون مالچ بود (جدول ۸).

ویژگی های هسته: اثر فواصل آبیاری و مالچ بر طول و قطر هسته در سطح یک درصد معنی دار شد اما اثر متقابل آنها معنی دار نشد. بین فواصل آبیاری، فاصله آبیاری سه روزه با ۱/۲۰ سانتی متر بیشترین مقدار طول هسته را داشت که اختلاف معنی داری را با سایر تیمارهای فواصل آبیاری داشت و کمترین مقدار با میانگین ۱/۱۲ سانتی متر در تیمار ده روزه آبیاری مشاهده شد از نظر قطر هسته فواصل آبیاری سه و شش روزه در یک کلاس قرار گرفتند در حالی که تیمار ده روزه آبیاری باعث کاهش قطر هسته گردید (جدول ۵). همچنین بین سه سطح مالچ از نظر طول و قطر هسته تفاوت معنی داری وجود دارد به طوری که مالچ پلی اتیلن و کاه و کلش باعث

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر فواصل آبیاری بر طول و قطر هسته، عملکرد در درخت و هکتار زیتون رقم سویلانا

Table 5- Mean comparison effect of Irrigation interval on traits of Pit Length and Diameter, Fruit Yield per tree and hectare of olive cv. Sevillana

دور آبیاری Irrigation interval	طول هسته Pit Length (cm)	قطر هسته Pit Diameter (cm)	عملکرد در درخت Fruit Yield (kg/ tree)	عملکرد در هکتار Fruit Yield (kg/ hectare)
سه روزه 3 days interval	1.20a	0.75a	39.43a	15774.20a
شش روزه 6 days interval	1.17b	0.74a	33.48b	13395.10b
ده روزه 10 days interval	1.11c	0.67b	28.20c	11280.00c

میانگین های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه ای دانکن دارای تفاوت معنی داری نیستند
Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر مالچ بر وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت، درصد ماده خشک و نسبت گوشت به هسته

Table 6- Mean comparison effect of mulch on traits of fruit weight, pulp fresh and dry weight, dry matter and Pulp/Pit ratio of olive cv. Sevillana

مالچ Mulch	وزن میوه Fruit Weight (g)	وزن تر گوشت Pulp Fresh Weight (g)	وزن خشک گوشت Pulp Dry Weight (g)	ماده خشک Dry matter (%)	نسبت گوشت به هسته Pulp/Pit ratio (%)
پلی اتیلن Polyethylene	3.88a	2.99a	0.55a	25.71b	0.97a
کاه و کلش Organic materials	3.78a	2.91a	0.54a	25.88b	0.97a
بدون مالچ Control	2.61b	1.97b	0.39b	39.13a	0.97a

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند

Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر مالچ بر طول و قطر هسته، درصد گوشت، عملکرد در درخت و هکتار، زیتون رقم سویلانا

Table 7- Mean comparison effect of mulch on traits of Pit length and diameter, fruit yield per tree and hectare of olive cv. Sevillana

مالچ Mulch	طول هسته Pit Length (cm)	قطر هسته Pit Diameter (cm)	عملکرد در درخت Fruit Yield (kg/ tree)	عملکرد در هکتار Fruit Yield (kg/ hectare)
پلی اتیلن Polyethylene	1.27a	0.77a	36.64a	14658.20a
کاه و کلش Organic materials	1.25a	0.76a	35.54a	14218.20a
بدون مالچ Control	0.97b	0.61b	28.93b	11572.90b

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند

Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%

در پژوهش حاضر وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت، طول و قطر هسته و نیز عملکرد میوه در درخت و هکتار تحت تأثیر فواصل آبیاری قرار گرفت. در پژوهش‌های متعدد به اثبات رسید است که کم آبیاری در زیتون معمولاً منجر به کاهش اندازه و ابعاد میوه می‌گردد. به‌طوری‌که راپوپرت و گاستاگلی (۲۰۰۴) نشان دادند اعمال تنش بین چهار تا نه هفته بعد از مرحله تمام گل در زیتون رقم لچینو منجر به کاهش وزن میوه، حجم میوه و تعداد سلول شد. افزایش درصد ماده خشک در تیمارهای کم آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل نیز می‌تواند به محتوای آب در سلول‌ها ارتباط داشته باشد (۲۸). گیاهان مختلف مکانیزم‌های متفاوتی مانند تغییر در محتوای ترکیبات فیتوشیمیایی درون سلول‌ها را برای ایجاد مقاومت به خشکی دارند (۴).

مالچ با ایجاد شرایط مناسب از جمله حفظ رطوبت خاک، کاهش رشد علف‌های هرز و از بین بردن رقابت بین علف‌های هرز و گیاه اصلی باعث رشد بیشتر میوه در درختان زیتون گردید. حفظ رطوبت خاک در اثر کاربرد مالچ باعث می‌شود که میزان رشد اندام‌های مختلف به علت وجود آب کافی در خاک مناسب باشد.

عملکرد میوه: اثر فواصل آبیاری و مالچ بر عملکرد میوه در

درخت و هکتار در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد. بین فواصل آبیاری، فاصله آبیاری سه روزه باعث افزایش عملکرد میوه در درخت و هکتار گردید و تیمار ده روزه آبیاری باعث کاهش عملکرد میوه در درخت و هکتار شد (جدول ۵). همچنین بین تیمارهای مالچی، مالچ کاه و کلش و پلی اتیلن باعث افزایش عملکرد میوه در درخت و هکتار گردیدند و در یک کلاس قرار گرفتند (جدول ۷).

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول مربوطه، صفات وزن میوه، وزن تر و خشک گوشت میوه، طول و قطر هسته و میزان عملکرد میوه با میزان آب آبیاری ارتباط داشته و این افزایش در میزان رشد اندام‌های مختلف به علت آب کافی جهت رشد و تقسیم سلول‌ها می‌باشد. به عبارتی گیاهانی که تحت تنش آبی قرار می‌گیرند به علت کاهش تورژسانس سلولی و عدم آب کافی جهت رشد و تقسیم سلول‌ها، میزان رشد و نمو اندام‌های مختلف در آنها کاهش می‌یابد (۱۳).

جدول ۸- اثر متقابل فواصل آبیاری و مالچ بر طول و قطر میوه، درصد رطوبت میوه، وزن تر و خشک هسته

Table 8- Interaction effect of days interval and mulch on traits of fruit length and diameter, fruit moisture and pit fresh and dry weight of olive cv. Sevillana

تیمار Treatments	طول میوه Fruit Length (cm)	قطر میوه Fruit Diameter (cm)	رطوبت میوه Fruit Moisture (%)	وزن تر هسته Pit Fresh Weight (g)	وزن خشک هسته Pit Dry Weight (g)
سه روزه و مالچ پلی اتیلن 3 days interval and Polyethylene	2.45a	1.74a	76.41a	1.03a	0.66a
سه روزه و مالچ کاه و کلش 3 days interval and Organic materials	2.40a	1.73a	76.15a	1.01a	0.64a
سه روزه و بدون مالچ 3 days interval and Control	2.09d	1.40d	65.98d	0.73d	0.46d
شش روزه و مالچ پلی اتیلن 6 days interval and Polyethylene	2.32b	1.60b	74.38b	0.86b	0.54b
شش روزه و مالچ کاه و کلش 6 days interval and Organic materials	2.29bc	1.59b	74.47b	0.84b	0.53b
شش روزه و بدون مالچ 6 days interval and Control	1.73e	1.17e	62.83e	0.67e	0.42e
ده روزه و مالچ پلی اتیلن 10 days interval and Polyethylene	2.25bc	1.50c	72.07c	0.77c	0.49c
ده روزه و مالچ کاه و کلش 10 days interval and Organic materials	2.23c	1.49c	71.73c	0.76cd	0.48cd
ده روزه و بدون مالچ 10 days interval and Control	1.48f	1.00f	53.73f	0.50f	0.32f

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر صفت، در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند

Means having the same letter in traits are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5%

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش و با توجه به اینکه درختان زیتون کاشت شده تحت مالچ مدت زمان کمتری در هر بار آبیاری شدند می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از خاکپوش کارایی مصرف آب آبیاری را بالا برده و آب کمتری در هر بار آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد و از طرفی صدمه وارد شده به درختان زیتون در شرایطی که از مالچ استفاده شد کمتر از شرایطی بود که از مالچ استفاده نگردید. بر این اساس می‌توان با استفاده از مالچ‌های کاه و کلش و نیز پلی اتیلن دور آبیاری را بدون صدمه به درختان زیتون افزایش داد و از این طریق در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی کرد.

سیاسگزاری

این پژوهش در قالب پروژه تحقیقاتی به شماره مصوب ۸۴۰۱۴-۴-۱۲-۵۴ با استفاده از اعتبارات پژوهشی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی انجام شده و نویسندگان بر خود لازم می‌دانند قدردانی خود را از مسئولان مربوط اعلام دارند و نیز از همکاران

استفاده از مالچ‌های آلی مانند برگ خشک نیشکر، شلتوک برنج، خاک اره و برگ خشک درختان می‌تواند فاصله آبیاری را از پنج به یازده روز افزایش دهد (۳۲). استفاده از مالچ‌های آلی باعث تعدیل دمای خاک و کاهش رشد علف‌های هرز می‌گردد. استفاده از مالچ در باغات باعث کاهش رشد علف‌های هرز، حفظ رطوبت موجود در خاک، کاهش آبیاری و نیز کاهش تنش آبی می‌شود (۱۵). کاربرد مالچ باعث افزایش رطوبت خاک و رشد گیاه شده و از تخریب غشاء سلولی جلوگیری می‌نماید (۲).

استفاده از مالچ چوپ در باغات سیب مقدار عملکرد را به دلیل افزایش حجم ریشه در لایه‌های بالایی خاک، که باعث افزایش کارایی مصرف آب آبیاری می‌گردد، افزایش داد (۱۹). گزارش‌هایی در مورد کاربرد مالچ و حفظ کارایی مصرف آب و حفظ رطوبت خاک وجود دارد (۳۳) که احتمالاً افزایش میزان آب قسمت‌های مختلف درخت زیتون در اثر کاربرد مالچ توانسته است از در افزایش میزان عملکرد درختان زیتون مورد پژوهش مؤثر باشد.

ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو به ویژه آقایان مهندس حاجی امیری و نجفی به خاطر کمک در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- 1- Arzani K., and Arji I. 2000. The effect of water stress and deficit irrigation on young potted olive cv. Local-Roghani Roodbar. *Acta Horticulturae*, 537: 879-885.
- 2- Ashrafuzzaman M., Halim M. A., Ismail M. R., Shahidullah S. M., and Hossain M. A. 2011. Effect of Plastic Mulch on Growth and Yield of Chilli (*Capsicum annuum* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(2), 321-330.
- 3- Bunna S., Sinath P., Makara O., Mitchell J., and Fukai S. 2011. Effects of straw mulch on mungbean yield in rice fields with strongly compacted soils. *Field Crops Research* 124: 295-301.
- 4- Boughalleb F., and Mhamdi M. 2011. Possible involvement of proline and the antioxidant defense systems in drought tolerance of three olive cultivars grown under increasing water deficit regimes. *Agricultural Journal*, 6(6): 371-391.
- 5- Berenguer M.J., Gratten S., Connel J., Polito V., and Vossen P. 2002. Optimizing olive oil production and quality through irrigation management, University of California Cooperative Extension and UC Davis. *cesonoma. Ucdavis.edu/files/51774-pdf*, accessed 15 July, 2014.
- 6- Calatrava J., and Franco J.A. 2011. Using pruning residues as mulch: Analysis of its adoption and process of diffusion in Southern Spain olive orchards. *Journal of Environmental Management*, 92 (3): 620-629.
- 7- Chai Q., Gan Y., Zhao C., Xu H.L., Waskom R.M., Niu Y., and Siddique K.H.M. 2015. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 21p.
- 8- Camposeo S., and Vivaldi G.A. 2011. Short-term effects of de-oiled olive pomace mulching application on a young super high-density olive orchard. *Scientia Horticulturae*, 129: 613-621.
- 9- Elhami B., Zaare-Nahandi F., and Jahanbakhsh-Godehkahriz S. 2015. Effect of sodium nitroprusside (SNP) on physiological and biological responses of olive (*Olea europaea* L. cv. Conservolia) under water stress. *International Journal of Biosciences*, 6(4): 148-156.
- 10- Farshchi A., Shariati M., Jarvalhy R., Ghami M., Shabifar M., and Tavallaei M. 1997. Estimate crop water requirements of agricultural and horticultural crop country. Volume II. Agricultural education publishing. 629p. (in Persian)
- 11- FAO. 2008. <http://www.fao.org/nr/water/ETo.html>. Accessed 27 November, 2013.
- 12- I.O.O.C. 2002b. Methodology for the secondary characterization (agronomic, phonological, pomological and oil quality) of olive varieties held in collection. Project on conservation, characterization, collection of Genetic Resources in olive. International Olive Oil Council. 23p.
- 13- Inglese P., Barone E., and Gullo G. 1996. The effect of complementary irrigation on fruit growth, ripening pattern and oil characteristics of olive (*Olea europaea* L.) cv Carolea. *Journal of Horticultural Science*, 2: 257-263.
- 14- Jalota S. K. 1993. Evaporation Through a soil mulch in relation to characteristics and evaporativity. *Australian Journal of Soil Research*, 31; 131-6.
- 15- Greenly K.M., and Rakow D.A. 1995. The effect of wood mulch type and depth on weed and tree growth and certain soil parameters. *Journal of Arboriculture*, vol: 21(5) 225-232.
- 16- Gholami R., Arzani K., and Arji I. 2012. Effect of Paclobutrazol and different amounts of irrigation water on the growth of young olive plants Cv. Manzanillo. *Journal of Horticultural Sciences*, Mashhad. 26 (4): 402-408 (in Persian with English abstract).
- 17- Gholami R. 2016. Effects of Deficit Irrigation on Some Physiological, Biochemical, Morphological Properties and Yield in Six Olive Commercial Cultivars. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, 170. (in Persian with English abstract).
- 18- Hosseini A., and Namati H. 2014. The effect of irrigation interval on growth characteristics, yield and quality of tomato in the conditions with and without application of plastic mulch. *Journal of agricultural ecology*, 6(3), 522-560. (in Persian with English abstract)
- 19- Kotze W.P., Ltze E., and Schmeisser M. 2012. The effect of mulching on tree performance and fruit quality of 'Cripps Pink' apples. Thesis, in the Department of Horticultural Science, Faculty of Agri Science, Stellenbosch University. 189 p.
- 20- Machado M., Felizardo C., Fernandes-Silva A.A., Nunes F.M., and Barros A. 2013. Polyphenolic compounds, antioxidant activity and L-phenylalanine ammonia-lyase activity during ripening of olive cv. Cobrançosa under different irrigation regimes. *Food Research International*, 51: 412-421.
- 21- Mezghani M.A., Charfi C.M., Gouiaa M., and Labidi F. 2012. Vegetative and reproductive behaviour of some olive tree varieties (*Olea europaea* L.) under deficit irrigation regimes in semi-arid conditions of Central Tunisia. *Scientia*

- Horticulturae, 146: 143-152.
- 22- Motilva M.J., Tovar M.J., Romero M.P., Alegre S., and Girona J. 2000. Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (Arbequina cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. Journal of Agricultural and food Chemistry, 80(14): 2037-2043.
- 23- Pinheiro C., Passarinho J.A., and Ricardo C.P. 2004. Effect of drought and rewatering on metabolism of *Lupinus albus* organs. Journal of Plant Physiology, 161, 1203-1210.
- 24- Rosecrance R.C., Krueger W.H., Milliron L., Bloese J., Garcia C., and Mori B. 2015. Moderate regulated deficit irrigation can increase olive oil yields and decrease tree growth in super high density Arbequina olive orchards. Scientia Horticulturae, 190: 75-82.
- 25- Roussos P.A., Denaxa N.K., Damvakaris T., Stournaras V., and Argyrokastritis I. 2010. Effect of alleviating products with different mode of action on physiology and yield of olive under drought. Scientia Horticulturae, 125: 700-711.
- 26- Rapoport H.F., and Costagli G. 2004. The effect of water deficit during early fruit development on olive fruit morphogenesis. Journal of the American Society for Horticultural Science, 129(1): 121-127.
- 27- Singer C. K., and Martin C. A. 2009. Effect of landscape mulches and drip irrigation on transplant establishment and growth of three North American desert native plants. Journal of Environmental and Horticulture, 27(3), 166-170.
- 28- Sofo A., Manfreda S., Fiorentino M., Dichio B., and Xiloyannis C. 2008. The olive tree: A paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. Hydrology and Earth System Sciences, 12: 293– 301.
- 29- Shahriari S. 2011. The study on the effect of irrigation levels and mulch application on growth indices and essential oil content of peppermint (*Mentha piperita* L.). Planta Medicine, 18, 77 – 88.
- 30- Steinmetz Z., Wollmann C., Schaefer M., Buchmann C., David J., Troger J., Munoz K., Fror O., and Schaumann G.L. 2016. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? Science of the Total Environment, 550: 690–705.
- 31- Scopel E., Da Silva F.A.M., Corbeels M., Affholder F., and Maraun F. 2004. Modelling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semi-arid and humid tropical conditions. Agronomie 24: 383-395.
- 32- Srivastava B.K., Sharma A.K., Singh A.K., and Pandey V.B. 1984. Effects of organic mulches and irrigation levels on soil temperature water economy and yield of summer tomato. Vegetable Science, 11:1-9.
- 33- Wang C., Wang H., Zhao X., Chen B., and Wang F. 2015. Mulching affects photosynthetic and chlorophyll a fluorescence characteristics during stage III of peach fruit growth on the rain-fed semiarid Loess Plateau of China. Scientia Horticulturae, 194:246–254.



Study of Irrigation Interval and Mulch Effects on Pomological Characteristics and Yield of Sevillana Cultivar in Field Condition

R. Gholami^{*1} - M. Gerdakaneh² - H. Gholami³

Received: 26-02-2017

Accepted: 29-11-2017

Introduction: Olive (*Olea europaea* L.) is one of the drought tolerant ever green fruit trees. Olive is an economically important species of the Mediterranean area, so understanding the mechanisms by which olive plants face drought stress under environmental conditions is essential for the improvement of olive yield and oil quality. Olive is one of the fruit trees which become important in the Iranian fruit industry at the near future. Mulch is an optimizing strategy under which crops are allowed to sustain some degree of water deficit and yield reduction. Increasing crop water-use efficiency (WUE) through water conservation in the soil is an important component of dry land farming. Mulching is among the water management practices for increasing WUE. Mulch is referred to as any material that is spread onto the surface of the soil for protection against solar radiation or evaporation. Different materials, such as wheat straw, rice straw, plastic film, grass, wood, and sand, are used as mulches.

Materials and Methods: This experiment was conducted to study the effect of irrigation interval and mulch on Pomological characteristics and yield of 11-years old Sevillana olive cultivar. A factorial experiment was carried out in Dallaho Olive Research Station at Sarepole located in Kermanshah province. Field experiment based on randomized complete block design with three replications and two factors (irrigation interval and mulch) were conducted in 2015. Each experiment unit consists of 4 trees and 108 trees were used. Irrigation treatments period for experiment were 3, 6 and 10 days interval and mulch treatments for experiment were polyethylene, organic materials and non-mulch (control). Geographical characters was longitude of 45°, 51' E and latitude of 34°, 30' N and the height of sea level 581m. The measured tree characteristics were: Fruit Weight, Pulp Fresh Weight, Pulp Dry Weight, Dry matter, Pulp/Pit ratio, Pit Length, Pit Diameter, Fruit Yield (kg/ tree) and Fruit Yield (kg/ hectare). Reproductive traits were determined by the methods of I.O.O.C.(2002). Collected data were analyzed using SAS program.

Results and Discussion: Obtained results showed that mulch and interval irrigation treatments had significant differences in Pomological traits so that mulch and 3 days interval irrigation treatments increased fruit weight, pulp fresh and dry weight, fruit moisture percent, fruit yield kg/ tree and kg/ hectare but fruit weight, pulp fresh and dry weight, fruit moisture percent and Fruit yield kg/ tree and kg/ hectare reduced by drought stress. Mulch application increased fruit weight, fruit length and diameter, pulp fresh and dry weight, fruit moisture percent and fruit yield. Mulch application improved Pomological characteristics such as fruit weight, pulp fresh and dry weight, fruit moisture percent, Fruit yield kg/ tree and kg/ hectare of olive Sevillana cultivar under drought stress and helped to save irrigation water in olive orchards. In the arid and semi arid as well as sub-tropical regions, water shortage is a normal phenomenon and seriously limits the agricultural potential. Therefore, under irrigation or rain-fed conditions, it is important for the available water to be used in the most efficient way. The proper irrigation interval can play a major role in increasing the water use efficiency and the productivity by applying the required amount of water when it is needed. On the other hand, the poor irrigation interval can lead to the development of crop water deficit and result in lower yield due to water and nutrient deficiency. Early in the season when plants are small, it is beneficial to encourage the roots to explore as much of the soil profile as possible. This maximizes nutrient uptake and stress tolerance later in the season. The effect of mulch on yield and its components have been reported in various studies. The effect of mulch on plant yield through changes in soil conditions that can change the soil temperature and soil moisture that influence on the growth and yield. The effect of mulch can be done through weed control, make favorable conditions of temperature and soil moisture, reduce leaching of nutrients and soil fertility, increase the efficiency of water use, increase availability of absorption of nutrients, increased root growth and control of diseases and pests.

Conclusion: According to the results of this research, it can be concluded that mulch and interval irrigation had a significant effect on reproductive characteristics. Using mulch improved Pomological characteristics of

1 and 2- Assistant Professors, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

(*- Corresponding Author Email: gholami.rahmat@yahoo.com)

3- Master of Entomology, Distribution of Agricultural Institutions in Srple-Zhab

olive including fruit weight and yield per tree and hactar, fruit length and diameter, pulp fresh and dry weight, fruit moisture percent Under drought stress and helped to save irrigation water in olive orchards.

Keywords: Irrigation interval, Olive (*Olea europaea* L.), Mulch, Pomological characteristics



ارزیابی کمی و کیفی اسانس دو اکوتایپ نعناع دشتی (*Mentha spicata* L.) در زمان‌های مختلف برداشت

محمد محمودی سورستانی^{*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵

چکیده

زمان برداشت گیاهان دارویی در ماه‌های مختلف سال باعث تغییر تولید ماده مؤثره گیاهان می‌شوند. در پژوهش حاضر، کمیت و کیفیت دو اکوتایپ نعناع کاشان و شوشتر در پنج زمان مختلف برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت. اسانس نمونه‌ها به کمک کلونجر و به مدت سه ساعت استخراج و با دستگاه‌های گاز کروماتوگراف و گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج نشان داد که شرایط دمایی و رطوبتی حاکم بر منطقه در فواصل زمانی برداشت اثر معنی‌داری روی رشد گیاهان و نهایتاً وزن خشک برگ گیاه، میزان و اجزای اسانس دارد. بیشترین وزن خشک برگ نعناع کاشان و شوشتر به ترتیب در برداشت‌های سوم و پنجم مشاهده شد ولی برداشت پنجم نعناع شوشتر با برداشت سوم اختلاف معنی‌داری نداشت. عملکرد تجمعی برگ خشک نعناع کاشان و شوشتر به ترتیب ۱۰۶۶/۳۷ و ۱۱۹۹/۷۹ گرم در متر مربع بود. بیشترین میزان اسانس نعناع کاشان و شوشتر به ترتیب در برداشت‌های سوم و دوم ثبت گردید. عملکرد تجمعی اسانس نعناع کاشان و شوشتر به ترتیب ۲۷/۵۸ و ۲۱/۸۰ گرم در متر مربع بود. اجزای اصلی نعناع کاشان و شوشتر شامل کارون، لیمون، سیس دی هیدروکارون و ترانس کاریوفیلین بودند. روند تغییرات کارون و سیس دی هیدروکارون عکس یکدیگر بودند. با این وجود، مقدار کارون در تمام برداشت‌ها بیش از ۵۰ درصد بود. در مجموع، با توجه به نتایج بازده و کیفیت اسانس، بهترین زمان برداشت دو اکوتایپ، برداشت دوم و سوم بود ولی با مقایسه بازده اسانس و مقدار کارون در اسانس پژوهش حاضر با پژوهش‌های قبلی، برداشت دو اکوتایپ در زمان‌های برداشت مورد مطالعه توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: زمان برداشت، سیس دی هیدروکارون، کارون، لیمون، نعناع

مقدمه

خانواده نعناع^۲ با بیش از ۲۰۰ جنس و ۳۰۰۰ گونه، از نظر

اقتصادی و دارویی اهمیت بسیار زیادی دارد. جنس نعناع^۳ حاوی ۲۵ تا ۳۰ گونه است که در مناطق مختلف معتدله آسیا، اروپا، استرالیا و آفریقای جنوبی رشد می‌کند. تنوع بسیار زیادی از نظر ترکیب شیمیایی در بین گونه‌های جنس نعناع مشاهده می‌شود (۱۹). اسانس نعناع دشتی^۴ غنی از کارون^۵ است که عطر مخصوص نعناع را تولید

می‌کند (۱۰). قیمت بالای کارون در بازار، اصلاح‌گران را در جهت اصلاح گونه‌های نعناع با کارون بالا سوق داده است. در این راستا ژنوتیپ‌های غنی از کارون (۶۰ تا ۷۰٪) در بازار موجود می‌باشد که می‌توان به MSS-1 (۶۰٪ کارون)، Punjab Spearmint-1 (۶۸٪ کارون) و MSS-5 (۷۰٪ کارون) اشاره نمود (۵). گیاه تازه و خشک شده و همچنین اسانس آن در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی و دارویی استفاده می‌شود (۱۲).

شرایط اقلیمی مهمترین عامل مؤثر در رشد گیاهان محسوب می‌شوند و تغییرات اقلیمی تأثیر شگرفی بر مؤلفه‌های رویشی و تولید اقتصادی ماده مؤثره گیاهان دارویی می‌گذارد. زمان برداشت گیاهان دارویی چه در طول روز و چه در مراحل فنولوژیکی مختلف نقش عمده‌ای در تغییر تولید ماده مؤثره گیاهان دارند و این امر به دلیل نوسان فعالیت‌های متابولیکی گیاه تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی در طول رشد گیاه می‌باشد (۱۹). در پژوهش انجام شده توسط سلطانی و همکاران (۲۱) مشخص شد که ترکیب اسانس نعناع فلفلی

۱- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

(*)- نویسنده مسئول: f_mahmoodi2000@yahoo.com (Email: f_mahmoodi2000@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.63776

2- Lamiaceae

3- *Mentha*

4- *Mentha spicata* L.

5- Carvone

صفی‌آباد دزفول در پنج چین (زمان برداشت) انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه گیاهان دارویی شرکت گلکاران واقع در بخش صفی‌آباد از توابع شهرستان دزفول با محدوده جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و با ۸۲ متر ارتفاع از سطح دریا طی سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا گردید. دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار (زمان برداشت) در دو اکوتایپ کاشان و شوشتر (شکل ۱) از نعنای دشتی با سه تکرار انجام شد. اولین برداشت در اواسط اردیبهشت، دومین برداشت در اواسط تیر، سومین برداشت در اوایل شهریور، چهارمین برداشت در اواسط مهر و پنجمین برداشت در اوایل آذر انجام شد.



نعناع شوشتر



نعناع کاشان

شکل ۱- نمایی از دو اکوتایپ نعنای دشتی کاشان و شوشتر در مرحله گلدهی

Figure 1- A view of two ecotypes of spearmint (*Mentha spicata* L.) "Kashan" and "Shushtar"

نگهداری شدند. میزان اسانس به صورت درصد وزنی- وزنی محاسبه شد:

$$(۱) \quad ۱۰۰ \times \frac{\text{وزن اسانس بدست آمده}}{\text{مقدار وزن خشک گیاه اسانس گیری شده}} = \text{میزان اسانس (\%)}$$

عملکرد اسانس از حاصل ضرب میزان اسانس در عملکرد پیکر رویشی خشک یک متر مربع حاصل گردید.

جهت شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس‌ها از دستگاه کروماتوگرافی گازی^۱ و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی^۲ استفاده شد. اسانس‌ها به دستگاه جرمی تزریق شده و طیف

در دو مرحله از رشد نعنای با هم متفاوت است. میزان منتول در برداشت اول نسبت به برداشت دوم کمتر و ترکیبات ناخواسته مانند منتوفوران و پولگون در ترکیب اسانس وجود داشت، در حالی که در برداشت دوم میزان منتول بیشتر و ترکیبات منتوفوران و پولگون بسیار ناچیز بود. تحقیقات بیشتر در این زمینه نشان داد که افزایش مقدار منتول در برداشت دوم در اثر فعالیت بیشتر آنزیم منتون ردوکتاز است. اکبری نیا و همکاران (۲) نشان دادند که زمان برداشت روی عملکرد سرشاخه هوایی و میزان اسانس آویشن دناهی تأثیر می‌گذارد. نوسانات دمایی و رطوبتی در طول دوره رشد گیاهان در استان خوزستان بسیار زیاد است که می‌تواند روی کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه گیاهان اثر بگذارد. نتایج تحقیقات قبلی در ارتباط با اثر اقلیم و زمان برداشت روی کمیت و کیفیت اسانس نعنای دشتی نشان داد که مقدار اسانس و میزان کارون به عنوان ترکیب اصلی اسانس به شدت متأثر از شرایط دمایی در منطقه است (۱۵ و ۱۶). تحقیق حاضر با هدف بررسی کمیت و کیفیت اسانس دو اکوتایپ نعنای دشتی منطقه

گیاهان از نظر سن، دوساله و تمام سطح زمین را پوشانده بودند. آبیاری مزرعه بصورت هفتگی یک بار انجام شد. همچنین ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار محاسبه و بصورت تقسیط شده بعد از هر چین به زمین داده شد. علف‌های هرز بصورت دستی کنترل گردید. برداشت گیاهان زمانی انجام گرفت که گیاهان از نظر رشد رویشی به حداکثر مقدار رسیده و وارد فاز زایشی شده بودند. نمونه‌گیری بدین صورت بود که سه متر مربع در محل‌های مختلف از هر مزرعه (در هر تکرار یک متر مربع) انتخاب و کل پیکر رویشی گیاهان از ارتفاع ۵ سانتی‌متری از سطح خاک برداشت و به آزمایشگاه منتقل و در سایه خشک شدند. سپس پیکر رویشی خرد و اسانس گیاه با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت استخراج گردید. جهت حذف رطوبت اضافی از نمونه‌های اسانس، مقدار کمی سولفات سدیم به آن‌ها اضافه شد و اسانس‌ها درون ظروف‌های تیره و در دمای یخچال

1- Gas Chromatography (GC)

2- Gas Chromatography- Mass spectrometry (GC/MS)

زنجاسکوف^۱ و همکاران (۲۶) نعنای را در شش زمان مختلف برداشت نمودند و نتیجه گرفتند که برداشت آخر (ششم) بیشترین عملکرد بیوماس تر و خشک را دارا می‌باشد. روش انجام آزمایش، دلیل تناقض در نتایج پژوهش آنها و نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. در آزمایش مذکور آنها فقط یکبار در زمان‌های مشخص در طول سال از ژوئن (۵۳ روز پس از کاشت نعنای) تا سپتامبر (۱۲۳ روز پس از کاشت نعنای) گیاهان را برداشت نمودند در حالی که در پژوهش حاضر هر اکوتایپ نعنای پنج بار برداشت گردید. بنابراین از نظر بیوماس نتایج دو تحقیق قابل قیاس نمی‌باشد. در مطالعه دیگری زنجاسکوف و همکاران (۲۸) اظهار داشتند که گیاه ریحان در برداشت اول در حال استقرار سیستم ریشه است و ساقه کمتری تولید می‌نماید ولی با برداشت گیاه، نسبت ریشه به ساقه تغییر و گیاه شروع به تولید شاخه و برگ بیشتری می‌نماید و عملکرد گیاه در برداشت‌های بعدی افزایش می‌یابد. در پژوهش حاضر، مزرعه نعنای‌های مورد مطالعه دوساله بودند و گیاهان تمام سطح مزرعه را پوشانده بودند و استدلال فوق برای نتایج بدست آمده در این تحقیق کارایی ندارد و عمده تغییرات وزن خشک برگ تابع اثر شرایط اقلیمی بر رشد گیاهان در طول برداشت‌های مختلف بود. علاوه بر این، شرایط محیطی به ویژه دما، رطوبت خاک و تغذیه گیاه ممکن است روی شاخص‌های فتوسنتزی گیاهان تأثیر داشته باشد و منجر به کاهش یا افزایش عملکرد تجمعی پیکر رویشی گیاه گردد (۱۳، ۱۴ و ۱۷).

میزان اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین زمان‌های برداشت از نظر میزان اسانس اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. بیشترین میزان اسانس (۳/۳۳ درصد) نعنای کاشان در برداشت سوم ثبت گردید و با برداشت چهارم اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان اسانس (۱/۷۲ درصد) در برداشت اول مشاهده شد و با برداشت دوم و پنجم اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان اسانس نعنای شوشتر (۲/۵۳ درصد) آن در برداشت دوم و کمترین مقدار نیز در برداشت اول ثبت گردید که با برداشت‌های سوم و پنجم اختلاف معنی‌داری نداشت. میزان اسانس برداشت چهارم در گروه جداگانه‌ای قرار داشت (شکل ۳). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که درصد اسانس بسته به ژنوتیپ گیاه تحت تأثیر زمان برداشت قرار می‌گیرد. حداکثر اسانس نعنای کاشان در برداشت‌های سوم و چهارم که مصادف با افزایش دمای هوا و همچنین طول روز بود، ثبت گردید. به نظر می‌رسد که دمای بالا در طول ماه‌های تابستان روی میزان اسانس گیاهان اثر گذاشته است.

جرمی ترکیب‌ها بدست آمد. شناسایی طیف‌ها به کمک بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری، مطالعه طیف‌های جرمی هر یک از اجزاء اسانس و بررسی الگوهای شکست آن‌ها، مقایسه آن‌ها با طیف‌های استاندارد و استفاده از منابع معتبر انجام گردید (۱). درصد کمی هر ترکیب بر اساس سطح زیر منحنی و توسط برنامه‌ریزی رایانه‌ای مشخص گردید.

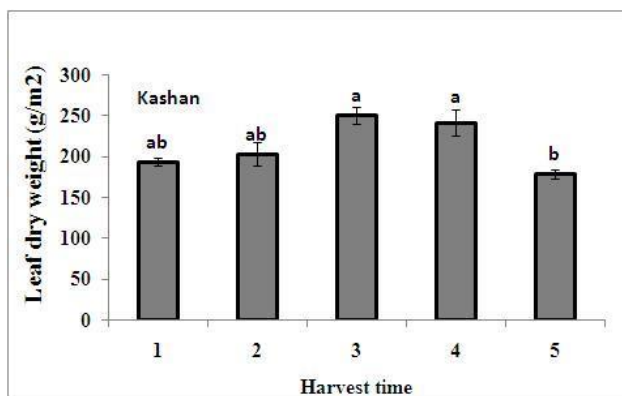
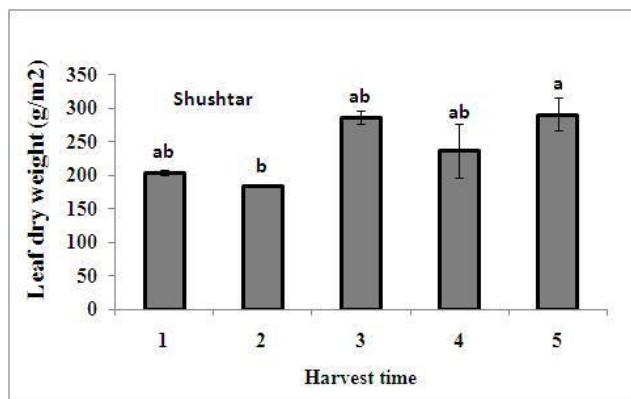
گاز کروماتوگرافی مورد استفاده مدل Varian 3800 و ستون استفاده شده CP-Sil8-CB (به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۳۲ میلی‌متر، ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر) بود. دمای اولیه ۴۰ درجه سانتی‌گراد (با زمان نگهداری ۱ دقیقه) بود که با ۵ درجه سانتی‌گراد افزایش در هر دقیقه به دمای نهایی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. درجه حرارت محفظه تزریق و آشکارساز به ترتیب ۲۸۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بود. سرعت گاز حامل (هلیوم) ۱/۵ میلی‌لیتر در دقیقه بود. گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنجی جرمی از نوع Agilent مدل ۵۹۷۵ ms HP-۵ (به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر) بود. درجه حرارت محفظه تزریق و آشکارساز و همچنین برنامه دمایی ستون و گاز حامل مشابه گاز کروماتوگراف بود. زمان اسکن برابر یک ثانیه و انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت بود.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Ver. 8.2) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel (2010) استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین زمان‌های برداشت دو اکوتایپ نعنای از نظر وزن خشک برگ، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت. بیشترین (۲۵۰/۶۷ گرم در متر مربع) و کمترین مقدار (۱۷۷/۹۳ گرم در متر مربع) وزن خشک برگ نعنای کاشان به ترتیب در برداشت‌های سوم و پنجم مشاهده شدند. بین برداشت‌های اول تا چهارم نعنای کاشان از نظر وزن خشک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین (۲۹۰/۲۳ گرم در متر مربع) و کمترین مقدار (۱۸۳/۵۳ گرم در متر مربع) وزن خشک برگ نعنای شوشتر به ترتیب در برداشت‌های پنجم و دوم مشاهده شدند. بین برداشت‌های اول، سوم، چهارم و پنجم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲). عملکرد تجمعی برگ خشک نعنای کاشان و شوشتر به ترتیب ۱۰۶۶/۳۷ و ۱۱۹۹/۷۹ گرم در متر مربع بود.



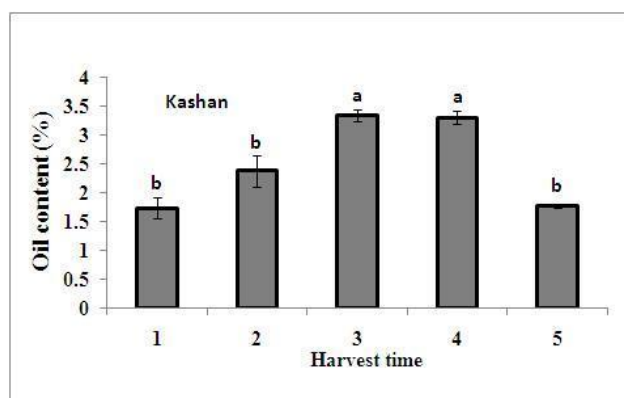
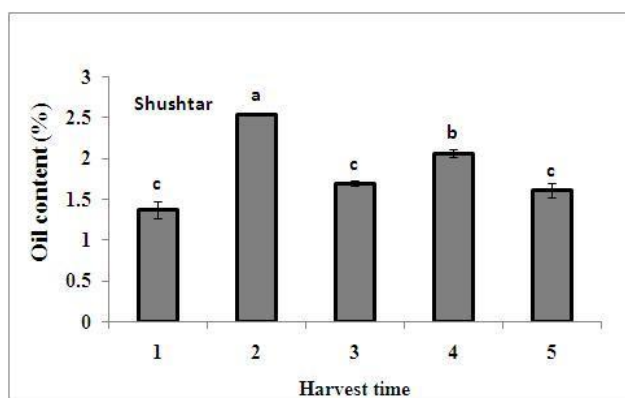
شکل ۲- اثر زمان برداشت روی وزن خشک برگ دو اکوتایپ نعناع دشتی (*Mentha spicata* L.) کاشان و شوشتر

ستون‌های با حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های برداشت در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد
Figure 2- The effect of harvest time (cut) on leaf dry weight of two ecotypes of spearmint (*Mentha spicata* L.) “Kashan” and “Shushtar”

Columns with different letters show significant difference ($P \leq 0.5$) between harvest times based on Duncan's multiple range test

نعناع بررسی گردید و نتایج آن نشان داد که میزان اسانس در گونه اسپیکاتا تا برداشت سوم افزایش می‌یابد در حالی‌که در گونه گراسیلیس تغییر معنی‌داری با زمان حاصل نشد (۲۷). در تحقیق دیگری، اکسیشن‌های مختلف گیاه پچولی در چهار زمان مختلف (می، اگوست و نوامبر ۲۰۰۸ و فوریه ۲۰۰۹) برداشت و مشخص شد که میزان اسانس اکسیشن‌ها در برداشت‌های مختلف، متفاوت است (۳). در مجموع، درصد اسانس گونه‌های مختلف گیاهان دارویی در مراحل مختلف رشد، متفاوت است و بیشتر تابع ژنتیک، شرایط محیطی و اندام حاوی اسانس می‌باشد (۲ و ۱۱).

نتایج پژوهش پیشین روی نعناع در دو منطقه حمیدیه و شوشتر، فرضیه مطرح شده را تأیید می‌نماید (۱۵ و ۱۶). در یک مطالعه به رابطه نزدیک بین طول روز بلند، بلوغ گیاه و افزایش اسانس اشاره شده است (۱۸). علاوه بر آن، طبق یافته‌های محققان، برداشت گیاه ممکن است به عنوان یک عامل تنش عمل نماید و سنتز و تجمع اسانس را در برداشت‌های بعدی تحریک نماید (۲۸). تلسی و سهباز (۲۲) میزان اسانس کلون‌های مختلف نعناع را در برداشت‌های اول و دوم به مدت دو سال بررسی و نتیجه گرفتند که میزان اسانس گیاه نعناع به طور معنی‌داری تحت تأثیر زمان برداشت و ژنوتیپ گیاه قرار می‌گیرد. در پژوهش دیگری اثر زمان برداشت در گونه‌های مختلف



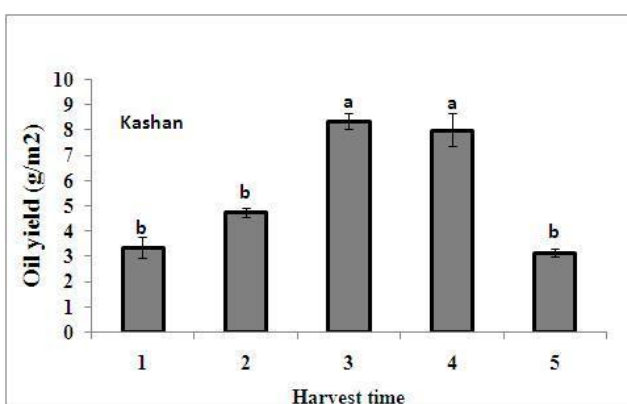
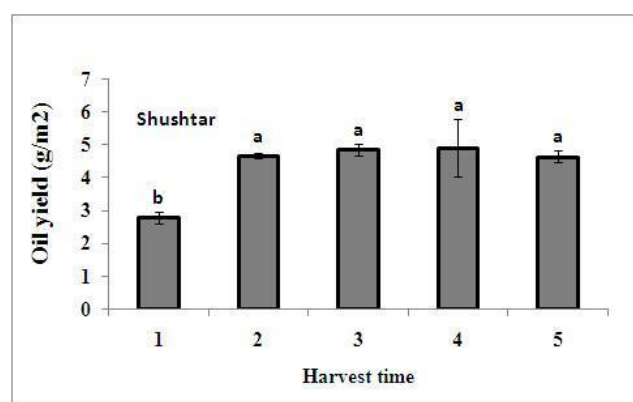
شکل ۳- اثر زمان برداشت روی میزان اسانس دو اکوتایپ نعناع دشتی (*Mentha spicata* L.) کاشان و شوشتر

ستون‌های با حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های برداشت در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد
Figure 3- The effect of harvest time (cut) on essential oil content of two ecotypes of spearmint (*Mentha spicata* L.) “Kashan” and “Shushtar”

Columns with different letters show significant difference ($P \leq 0.5$) between harvest times based on Duncan's multiple range test

عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر زمان‌های مختلف برداشت بر میزان عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. عملکرد اسانس تابع تغییرات میزان اسانس و وزن خشک برگ گیاه بود. بیشترین عملکرد اسانس (۸/۳۴ گرم در متر مربع) نعنای کاشان در برداشت سوم ثبت گردید و با برداشت چهارم اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد اسانس (۳/۱۴ گرم در متر مربع) در برداشت پنجم مشاهده شد و با برداشت اول و دوم اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین عملکرد اسانس (۴/۸۹ گرم در متر مربع) نعنای شوشتر در



شکل ۴- اثر زمان برداشت روی عملکرد اسانس دو اکوتایپ نعنای دشتی (*Mentha spicata* L.) کاشان و شوشتر

ستون‌های با حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین زمان‌های برداشت در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن می باشد
Figure 4- Effect of harvest time (cut) on essential oil yield of two ecotypes of spearmint (*Mentha spicata* L.) “Kashan” and “Shushtar”

Columns with different letters show significant difference ($P \leq 0.5$) between harvest times based on Duncan's multiple range test

اجزای اسانس

روند تغییرات اجزای اسانس نعنای کاشان در جدول ۱ نشان داده شده است. لیمون، سیس دی هیدروکارون، کارون و کاریوفیلین اجزای اصلی اسانس نعنای کاشان بودند. مقدار لیمون از کمترین مقدار (۱۲/۲۲ درصد) در برداشت اول به بیشترین مقدار (۲۰/۵۵ درصد) در برداشت دوم رسید و پس از آن در برداشت چهارم کاهش چشمگیری داشت. روند تغییرات سیس دی هیدروکارون بر خلاف روند تغییرات لیمون بود و از ۴/۹۵ درصد در برداشت اول به ۲/۳۴ درصد (کمترین مقدار) در برداشت دوم رسید. مقدار این ترکیب طی برداشت‌های سوم و چهارم اندکی افزایش یافت ولی در برداشت پنجم به بیشترین مقدار (۱۱/۱۴ درصد) رسید. مقدار کارون به عنوان ترکیب غالب اسانس این گیاه از ۶۸/۹۴ درصد در برداشت اول به ۷۴/۲۱ درصد (بیشترین مقدار) در برداشت سوم رسید و پس از کاهش اندک در برداشت چهارم، در برداشت آخر به کمترین مقدار (۶۵/۱۵ درصد) کاهش

یافت. بیشترین مقدار کاریوفیلین (۵/۰۶ درصد) در برداشت اول مشاهده شد و پس از آن طی برداشت‌های دوم و سوم کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت. مقدار این ترکیب در برداشت چهارم افزایش و به ۳/۲۹ درصد رسید و در برداشت پنجم مجدداً کاهش یافت.

ترکیبات اصلی اسانس نعنای شوشتر مشابه نعنای کاشان بود با این تفاوت که تعداد ترکیبات شناسایی شده در نعنای شوشتر نسبت به کاشان بیشتر بود. لیمون به عنوان یکی از اجزای اصلی اسانس از برداشت اول تا چهارم روند افزایشی داشت و در برداشت پنجم کاهش چشمگیری داشت و به کمترین مقدار (۴/۲۲ درصد) رسید. مقدار سیس دی هیدروکارون از برداشت اول تا پنجم افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت. بیشترین مقدار کارون (۶۷/۷۲ درصد) در برداشت اول مشاهده شد و پس از آن در برداشت دوم تا چهارم نسبتاً ثابت و در دامنه ۶۳/۳۶ تا ۶۴/۶۰ درصد قرار داشت ولی در برداشت پنجم به کمترین مقدار (۵۸/۵۶ درصد) رسید. مقدار کاریوفیلین طی

برداشت‌های اول تا پنجم روند کاهشی داشت (جدول ۲).

در مسیرهای سنتز مونوترپن‌ها، ژرانیل پیروفسفات بسته به فعالیت آنزیم‌های مختلف، مسیرهای متفاوتی را دنبال می‌کند. با توجه به نتایج بدست آمده، به نظر می‌رسد که در دو اکوتایپ نعنای کاشان و شوشتر، آنزیم‌های مسیر سنتز ۱ و ۸ سینثول و همچنین مسیر سنتز منتول فعالیت زیادی ندارند و بر خلاف آن مسیر سنتز کارون فعال است و باعث شده است تا این ماده به عنوان اصلی‌ترین جزء اسانس، سهم زیادی از اجزای اسانس داشته باشد. در این مسیر ژرانیل پیروفسفات ابتدا توسط لیمون سنتتاز به لیمون و سپس لیمون توسط آنزیم لیمون ۶ مونواکسیژناز به ترانس کارونول و بعد ترانس کارونول توسط آنزیم ترانس کارونول دهیدروژناز به کارون تبدیل می‌شود (۸). کارون هم می‌تواند در اثر فعالیت آنزیم کارون ردوکتاز به سیس دی هیدروکارون تبدیل گردد (۲۴). مقدار لیمون و کارون گیاه نعنای کاشان در برداشت دوم و سوم افزایش یافت در حالی که میزان سیس دی هیدروکارون کاهش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که طی برداشت‌های مذکور مسیر سنتز کارون فعال بوده است ولی در برداشت پنجم، فعالیت بیشتر کارون ردوکتاز باعث افزایش تبدیل کارون به سیس دی هیدروکارون گردیده است. نتیجه مشابهی توسط محمودی و اکبرزاده (۱۵ و ۱۶) گزارش شده است. آنها نشان دادند که

همزمان با کاهش دما در ماه‌های پائیز، میزان کارون کاهش و میزان سیس دی هیدروکارون افزایش می‌یابد. این تغییرات می‌تواند به دلیل بیان ژن‌های مختلف در مراحل نموی مختلف گیاه یا به دلیل فاکتورهای محیطی متأثر از تغییرات فصلی باشد (۹). مقدار کارون گزارش شده در نعنای دشتی بسیار متفاوت است که علت آن نوع توده، شرایط اقلیمی، عملیات به زراعی، ترکیب خاک، اندام گیاه، سن گیاه و مراحل زندگی رویشی یا زایشی گیاه می‌باشد. نعنای خوراکی کموتایپ‌های مختلف مثل کموتایپ لینالول، پولگون، پیپریتون، پیپریتون اکساید و غیره در سطح جهان دارد. کموتایپ کارون بصورت تجاری کشت و کار می‌شود. در کل، مقدار کارون اسانس نعنای بایستی بیش از ۵۰ درصد باشند (۲۷). مقدار کارون اسانس نعنای اکوتایپ کاشان و شوشتر در تمام برداشت‌ها بیش از ۵۰٪ بود. میزان کارون اسانس نعنای در سال‌های مختلف و زمان‌های مختلف برداشت کلون‌ها متفاوت است. در تحقیق انجام شده روی نعنای بیشترین میزان کارون از کلون ۱۲ (۸۲/۲ درصد) و کلون ۲۱ (۸۰/۲ درصد) بدست آمد (۲۲). در تحقیق دیگری، بیشترین میزان کارون در برداشت دوم (جولای) مشاهده گردید و میزان آن در برداشت ششم (سپتامبر) کاهش یافت (۲۶).

جدول ۱- اجزای اسانس نعنای دشتی (*Mentha spicata* L.) اکوتایپ کاشان در برداشت‌های مختلف

Table 1- Oil composition of spearmint (*Mentha spicata* L.) "Kashan" at different harvest times (cuts)

ردیف No.	ترکیبات Compounds	شاخص بازداری Retention Index	زمان برداشت Harvest time (Cut)				
			1	2	3	4	5
1	α -Pinene	938	0.60	0.54	0.44	0.60	0.78
2	Sabinene	971	1.03	0.97	0.85	0.98	1.15
3	β -Pinene	974	0.45	0.40	0.40	0.61	0.47
4	β -Myrcene	986	-	-	-	0.18	-
5	Limonene	1024	12.22	20.55	18.92	13.92	15.28
6	α -Terpinolene	1082	0.13	0.27	-	0.24	0.30
7	Cis-Dihydrocarvone	1192	4.95	2.34	2.38	3.61	11.14
8	Pulegone	1235	-	-	-	0.24	0.39
9	Carvone	1250	68.94	70.92	74.21	73.38	65.15
10	Carvacrol	1300	0.18	0.34	0.26	0.18	0.30
11	Dihydrocarveyl acetate	1323	-	0.14	-	-	-
12	Piperitenone	1337	0.79	0.29	0.12	0.13	0.46
13	Carveyl acetate	1357	0.66	0.76	0.52	0.80	0.88
14	β -Bourbonene	1380	1.62	0.40	0.31	0.57	0.70
15	Isocaryophyllene	1401	0.40	-	-	0.10	-
16	Caryophyllene	1415	5.06	1.13	0.96	3.29	2.00
17	α -Humulene	1450	0.21	0.11	-	-	0.10
18	Germacrene D	1463	0.65	0.12	0.12	0.31	0.17
19	γ -Cadinene	1509	0.41	-	-	0.22	-
20	4-Methoxycinnamaldehyde	1562	0.66	0.23	0.11	0.19	0.25
	Total		98.96	99.51	99.60	99.55	99.52

جدول ۲- اجزای اسانس نعنای دشتی (*Mentha spicata* L.) اکوتایپ شوشتر در برداشت‌های مختلف

 Table 2- Oil composition of spearmint (*Mentha spicata* L.) "Shushtar" at different harvest times (cuts)

ردیف No.	ترکیبات Compounds	شاخص بازداری Retention Index	زمان برداشت Harvest time (Cut)				
			1	2	3	4	5
1	α -Pinene	938	0.83	0.66	1.03	1.07	0.68
2	Sabinene	971	0.26	0.19	0.24	0.30	-
3	β - Pinene	974	1.17	1.15	2.10	1.54	1.08
4	β - Myrcene	986	1.07	0.79	1.01	1.19	0.93
5	Limonene	1024	17.48	19.20	19.61	21.53	14.22
6	Isomenthone	1158	0.40	0.76	-	0.42	0.59
7	Borneol	1161	0.21	0.61	-	0.14	0.33
8	Cis- Dihydrocarvone	1192	2.40	4.91	4.56	4.48	13.54
9	Trans- Dihydrocarvone	1198	-	0.83	0.74	0.45	3.12
10	Carvone	1247	67.72	64.60	63.36	64.25	58.56
11	Dihydrocarvyl acetate	1323	-	-	-	-	0.34
12	Piperitenone	1337	0.23	0.33	1.31	0.17	0.99
13	Carvyl acetate	1357	-	-	0.21	-	0.21
14	β -Bourbonene	1380	1.01	0.75	0.71	0.58	0.81
15	β -Elemene	1385	0.16	-	-	-	0.10
16	Methyl eugenol	1396	0.12	-	-	-	-
17	Trans-Caryophyllene	1414	3.08	2.24	2.07	1.63	1.73
18	α -Humulene	1450	0.14	0.10	0.13	-	0.19
19	γ -Muurolen	1474	0.37	0.26	0.30	0.19	0.22
20	Germacerene D	1478	0.38	0.29	0.28	0.19	0.24
21	γ -Cadinene	1510	0.61	0.47	0.26	0.12	0.18
22	cis-Calamene	1518	0.28	0.19	0.11	-	-
23	α -Cadinene	1534	0.28	0.18	0.19	0.15	0.17
24	4-Methoxycinnamaldehyde	1562	0.17	0.11	0.20	0.27	0.45
Total			98.37	98.62	98.42	98.67	98.68

تحت تأثیر تغییرات محیطی باشد. در پژوهش حاضر، نعنای دشتی در مرحله یکسانی از نظر فنولوژی (اوایل رشد زایشی) برداشت گردیدند و تغییرات مشاهده شده در اسانس آنها مستقیماً به شرایط محیطی حاکم بر گیاه در طول دوره رشد و برداشت ارتباط داده می‌شود. در مجموع، غلظت نهایی یک ترکیب در اسانس نعنای دشتی نتیجه برهمکنش محیط، ژنوتیپ، فاکتورهای به‌زرایی مثل نوع و مقدار کود، زمان و مرحله برداشت گیاه و تراکم کشت است.

نتیجه‌گیری

تجمع اسانس و تغییر در اجزای آن به ساختار ژنتیکی گیاه، شرایط اکولوژیکی و عملیات به‌زرایی بستگی دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که زمان برداشت بر صفات فوق‌الذکر اثرگذار است که علت آن می‌تواند شرایط دمایی و رطوبتی منطقه در فواصل بین برداشت‌ها باشد. میزان و عملکرد اسانس گیاهان مورد مطالعه در منطقه نسبت به سایر گزارش‌ها روی این گیاهان در مناطق دیگر، بیشتر بود. علاوه بر آن میزان کارون دو اکوتایپ نعنای دشتی و شوشتر طی پنج برداشت بالاتر از ۵۰ درصد (استاندارد اسانس نعنای دشتی) بود. در مجموع حداکثر عملکرد اسانس در دو اکوتایپ طی برداشت سوم و چهارم

مطالعات انجام شده روی نعنای بومی در منطقه‌ای از آمریکا نشان داد که زمان برداشت در طول روز روی میزان و اجزای اسانس آن اثر معنی‌داری دارد (۴). در پژوهش دیگری مشخص شد که زمان برداشت در طول روز و تاریخ برداشت اثر معنی‌داری بر کمیت و کیفیت اسانس نعنای ژاپنی دارد (۲۰). نتایج تحقیقات انجام شده روی ریحان نشان داد که روش برداشت (شاخه‌های اولیه یا ثانویه یا کل بیوماس گیاه) می‌تواند اجزای اصلی اسانس را تغییر دهد. نسبت برگ به ساقه پس از برداشت اول گیاه، در برداشت‌های بعدی تغییر می‌نماید و ممکن است نوبت برداشت از این طریق روی اجزای اسانس اثر بگذارد (۲۸). در گیاهانی که در طول سال چند بار برداشت می‌شوند بعد از برداشت اول، ساختار گیاه، نسبت برگ‌های پیر به جوان، نسبت گل به برگ تغییر و متعاقب آن میزان و ترکیبات اسانس تحت تأثیر قرار می‌گیرد. فرضیه دیگری توسط دودایی^۱ و همکاران (۶) مطرح و مورد آزمایش قرار گرفت. آنها نشان دادند که تغییرات فصلی اجزای اسانس گیاه *Micromeria fruticosa* از خانواده نعنای، بیشتر به دلیل تغییرات مرفولوژیکی گیاه در طول فصل است تا اینکه

1- Dudai

سیاسگزاری

نویسنده مقاله از دانشگاه شهید چمران جهت حمایت های مالی طرح و شرکت گلکاران به ویژه مهندس حسن پور به دلیل فراهم نمودن مواد گیاهی تشکر و قدردانی می نماید.

بدست آمد ولی با توجه به درصد و عملکرد اسانس گیاهان مورد مطالعه در سایر زمان های برداشت و مقایسه آنها با سایر منابع، جهت استخراج اسانس، برداشت نعنای کاشان و شوشتر در در پنج زمان برداشت مورد مطالعه توصیه می شود.

منابع

- 1- Adams R.P. 2007. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy, Fourth ed. Allured Publishing Corporation, Illinois.
- 2- Akbarinia A., Sharifi Ashoorabadi E., and Mirza M. 2010. Study on drug yield and essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak. under cultivated condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26 (2): 205-212. (in Persian with English abstract)
- 3- Blank A.F., Santana T.C.P., Santos P.S., Arrigoni-Blank M.F., Prata A.P.N., Jesus H.C.R., and Alves P.B. 2011. Chemical characterization of the essential oil from patchouli accessions harvested over four seasons. Industrial Crops and Products, 34: 831– 837.
- 4- Bufalo J., Zheljzakov V.D., Cantrell C.L. Astatkie T., Ciampa L., and Jeliazkova E. 2015. Diurnal effects on spearmint oil yields and composition. Scientia Horticulturae, 182:73–76.
- 5- Chauhan R.S., Kaul M.K., Shahi A.K., Kumar A., Ram G., and Tawa A. 2009. Chemical composition of essential oils in *Mentha spicata* L. accession [IIIM(J)26] from North-West Himalayan region, India. Industrial Crops and Products, 29: 654–656.
- 6- Dudai N., Larkov O., Ravid U., Putievsky E., and Lewinsohn E. 2001. Developmental control of monoterpene content and composition in *Micromeria fruticosa* (L.) Druce. Annals of Botany, 88: 349-354.
- 7- Gebremeskel H. 2014. Growth, biomass and oil yield of rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit) as influenced by different harvesting stages. International Journal of Novel Research in Life Sciences, 1 (1): 48-55.
- 8- Gershenzon J., Maffei M., and Croteau, R. 1989. Biochemical and histochemical localization of monoterpene biosynthesis in the glandular trichomes of spearmint (*Mentha spicata*). Plant Physiology, 89: 1351-1357.
- 9- Gurudatt P.S., Priti V., Shweta S., Ramesha B.T., Ravikanth G., Vasudeva R., Amna T., Deepika S., Ganeshaiah K.N., Uma Shaanker R., Puri S., and Gazi N. 2010. Changes in the essential oil content and composition of *Origanum vulgare* L. during annual growth from Kumaon Himalaya. Current science, 98, 8 (25): 1010-1012.
- 10- Jirovetz L., Buchbauer G., Shabi M., and Ngassoum M.B. 2002. Comparative investigation of essential oil and volatiles of spearmint. Perfume Flavour, 27: 16–22.
- 11- Kothari S.K., Bhattacharya A.K., and Ramesh S. 2004. Essential oil yield and quality of methyl eugenol rich *Ocimum tenuiflorum* L. (syn. *O. sanctum* L.) grown in south India as influenced by method of harvest. Journal of Chromatography, 1054: 67–72.
- 12- Lawrence B.M. 2006. Mint: The Genus *Mentha*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- 13- Mahmoodi Sourestani M. 2013. Diurnal variations of gas exchange characteristics in leaves of anise hyssop (*Agastache foeniculum*) under normal, drought stress and recovery conditions. Journal of Medicinal Plants and Byproducts, 1: 91-101.
- 14- Mahmoodi Sourestani M. 2016. The study on diurnal changes in leaf gas exchange of lemon balm, catnip, holy basil and sweet basil in Ahvaz. Journal of Horticultural Science, 30 (3): 395-405. (in Persian with English abstract)
- 15- Mahmoodi Sourestani M., and Akbarzade M. 2014. Seasonal changes in essential oil content yield and composition of spearmint cultivated in Shoshtar. Agricultural Crop Management, 16 (3): 613-625. (in Persian with English abstract)
- 16- Mahmoodi Sourestani M., and Akbarzade M. 2015. The effect of harvest time on essential oil content, yield and composition of spearmint (*Mentha spicata* L.) in the Hamidiyeh region. Journal of the Plant Production, 38 (1): 115-129. (in Persian with English abstract)
- 17- Moghimi Pour Z., Mahmoodi Sourestani M., and Alamzadeh Ansari N. 2016. Effects of foliar application of nano zinc chelate and zinc sulfate on zinc content, pigments and photosynthetic indices of holy basil (*Ocimum sanctum*). Journal of Horticultural Science, 30 (2): 242-250. (in Persian with English abstract)
- 18- Muller-Riebau F.J., Berger B.M., Yegen O., and Cakir C. 1997. Seasonal variations in the chemical compositions of essential oils of selected aromatic plants growing wild in Turkey. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 45: 4821-4825.
- 19- Omidbaigi R. 2007. Production and Processing of Medicinal Plant. Vol. 2 ed. 4.Astan Quds Razavi Pub. Mashad. (in Persian)
- 20- Shiwakoti S., Sintim H.Y., Poudyal S., Bufalo J., Cantrell C.L., Astatkie T., and Zheljzakov V.D. 2015. Diurnal

- effects on *Mentha canadensis* oil concentration and composition at two different harvests. HortScience, 50(1): 85-89.
- 21- Soltani F., Sharifi M., Khajeh K., and Yousefzadi M. 2008. Study of essential oil composition, menthone reductase activity and antimicrobial activity of *Mentha piperita* in two stages of growth. Iranian Journal of Biology, 21 (5): 62-70. (in Persian with English abstract)
- 22- Telci I., and Sahbaz N. 2005. Variation of yield, essential oil and carvone contents in clones selected from carvone-scented landraces of Turkish *Mentha* species. Journal of Agronomy, 4 (2): 96-102.
- 23- Telci I., Kacar O., Bayram E., Arabac O., Demirtas I., Yilmaz G., Ozcan I., Sönmez C., and Göksu E. 2011. The effect of ecological conditions on yield and quality traits of selected peppermint (*Mentha piperita* L.) clones. Industrial Crops and Products, 34: 1193–1197.
- 24- Van der Werf M.J., and Boot A.M. 2000. Metabolism of carveol and dihydrocarveol in *Rhodococcus erythropolis* DCL14. Microbiology, 146 (5):1129-1141.
- 25- Zawislak G. 2014. Yield and chemical composition of essential oil from *Salvia officinalis* L. in third year of cultivation. Herba Polonica, 60 (3): 13-22.
- 26- Zheljazkov V.D., Cantrell C.L., Astatkie T., and Hristov A. 2010 (a). Yield, content, and composition of peppermint and spearmints as a function of harvesting time and drying. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58, 11400–11407.
- 27- Zheljazkov V.D., Cantrell C.L., Astatkie T., and Ebelhar M.W. 2010 (b). Productivity, oil content, and composition of two spearmint species in Mississippi. Agronomy Journal, 102 (1): 129-133.
- 28- Zheljazkov V.D. Cantrell C.L., Tekwani B., and Khan S.I. 2008. Content, composition, and bioactivity of the essential oils of three basil genotypes as a function of harvesting. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 5: 380–385.



Essential Oil Quantity and Quality of Two Ecotypes of Spearmint (*Mentha spicata* L.) in Different Harvesting Times

Mohammad Mahmoodi Sourestani^{*1}

Received: 22-05-2017

Accepted: 06-11-2017

Introduction: Spearmint (*Mentha spicata* L.) is an aromatic plant belonging to the Lamiaceae family. The ground fresh biomass and dried leaves of the plant are used as spice and herbal tea, and cultivated commercially in the entire world. Spearmint oil also has economic importance and is used in perfumery, confectionary and pharmaceutical preparations. Major components in cultivated spearmint oil are carvone, limonene, and 1,8-cineole. Essential oil compositions of aromatic plants depend on their genetic structure, the climatic factors and the agronomical practices as well as harvest and post-harvest managements. A climate with adequate and regular rainfall and good sunshine during its growing period ensures a good yield. Climatic condition is one of the most important factors influencing the growth and accumulation of active ingredients that its effect is concealed at the harvesting time of plants. In addition, harvest time (cut) and phenological stages can affect herbage yield and oil content and composition of perennial medicinal plants.

Materials and Methods: Plant materials were harvested from a farm in Safiabad city, Khuzestan province, Iran. Five samples from each ecotype of spearmint (Kashan and Shushtar) were collected during growth season at the beginning of flowering stage, from May to the end of November. Plants were hand-harvested by cutting the herbage at 5 cm above the soil. Then the plants were dried at room temperatures (approximately 40 °C). Spearmint essential oil was extracted via steam distillation using a Clevenger apparatus. The distillations were carried out on a sample size of 50 g of dry aerial parts with a distillation time of 180 min. The oil was dried over anhydrous sodium sulfate and was kept in a refrigerator until further analysis. The essential oil's chemical composition was analyzed by GC and GC/MS.

Results and Discussion: The results showed that temperature and humidity conditions prevailing in the area at the time of harvest had significant effect on plant growth and ultimately leaf dry weight, oil content and composition. The highest leaf dry weight of the Kashan (250.67 g.m⁻²) and the Shushtar (290.23 g.m⁻²) were observed at the third and fifth harvest time, respectively. There was no significant difference between the first to fourth harvest times of the Kashan and the first, third, fourth and fifth harvest time of the Shushtar. The highest (3.33%) and the lowest (1.72%) amounts of essential oil of the Kashan ecotype were obtained from the third and the first cuts, respectively. The Shushtar ecotype had lower oil than the Kashan ecotype. The second harvest time of the Shushtar ecotype had the highest (2.53%) amount of essential oil and the lowest (1.36%) amount was observed at the first harvest time that had no significant difference with the third and fifth harvest times. The highest amount of oil yield of the Kashan (8.34 g.m⁻²) and the Shushtar (4.89 g.m⁻²) ecotypes was recorded at the third and the fourth cuts, respectively. It seems that plants during the second to the fourth harvests encouraged with hot stress and they produced more essential oil in response to high temperature. Limonene, cis-dihydrocarvone, carvone and caryophyllene were the main oil components at five harvest times. Both ecotypes were similar in regards of main oil components but the Shushtar had more oil composition than the Kashan. In the Kashan ecotype, limonene was at the lowest amount (12.22%) and reached to the maximum amount (20.55%) at the second harvest time. In contrast, cis-dihydrocarvone decreased from 4.95% to 2.34% at the second harvest time and finally the maximum amount (11.14%) was recorded at the fifth harvest time. Carvone content was 68.94% at the first harvest and after that increased to the highest level (74.21%) and finally decreased to the minimum level (65.15%) at the fifth harvest time. In the Shushtar, limonene increased from the first until the fourth harvest and ultimately declined in the last cut. The maximum amount of carvone (72/67%) was observed in the first harvest and then was relatively constant during the second to fourth harvests, and reached to the lowest level (56/58%) at fifth harvest. The Kashan ecotype had more carvone than the Shushtar ecotype. The fluctuation of carvone and cis dihydrocarvone were in opposite of each other and it seems that lower temperatures in the fifth harvest caused to carvone convert to cis-dihydrocarvone. However, the amount of carvone was more than 50 % at all harvest times.

Conclusion: Although harvest times had a significant effect on the traits, both ecotypes showed a good oil content and yield at five cuts. Oil composition was also changed during different harvest times. Nevertheless,

1- Associate Professor, Horticulture Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz
(*-Corresponding Author Email: f_mahmoodi2000@yahoo. com)

Carvone content was up to 50% at all harvest times and it seems that we can recommend harvesting of plants from May to the end of November.

Keywords: Carvone, Cis-dihydrocarvone, Harvest time, Limonene, Mint

Contents

Growth Response of Aboveground and Belowground of <i>Eustoma grandiflorum</i> to Elevated Co in Hydroponic Culture	642
M. Nikoo- M. Shoor- A. Tehranifar- E. Saeedi Pooya	
Evaluation of the Effect of Storage Temperature, Atmosphere and Packaging Materials on some Properties of <i>Carum copticum</i> Fruits during Nine Months Storage	657
G. Baghdadi- M. Azizi- N. Sedaghat- V. Rowshan- H. Aroiee	
Effects of Various Substrates and Foliar Application of Humic Acid on Growth and some Qualitative and Quantitative Characteristics of Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i>) Seedling	670
N. Pourghasemian- M. Naghizadeh- R. Moradi- M. Salari	
Effect of Superabsorbent Polymers on some Morphological Characteristics of Olive Cultivars 'Baghmalek' and 'Dezphol' under Water Deficit	682
E. Khaleghi- N. Moallemi	
Effect of Different Light Sources on Morphology and Growth of Potato Plantlets under <i>in-vitro</i> Conditions and their Effect on Minituber Production in Greenhouse	693
J. Nabati- A. Boroumand Rezazadeh- M. Zare Mehrjerdi- M. Kafi	
Effect of Different Culture Media on Broccoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>) Yield Components and Mineral Elements Concentration in Soilless Culture	704
K. Ghasemi- S. M. Emadi- Y. Ghasemi	
Effects of Vegetative and Seedling Pear Rootstocks on Growth Characteristics and Water Potential of Pear Cultivar	721
F. Alizade Zarmehri- GH. Davary Nejad- R. Khorasani- S.H. Nemati- P. Keshavarz	
Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Yield and Yield Components of Garlic Medicinal Plant (<i>Allium sativum</i> L.) under the Conditions of Different Organic and Chemical Fertilizers Application	738
Y. Esmaeelian - M.B. Amiri- S. Askari Naeeni- J. Moradi Sadr- F. Heidari Amale	
The Effect of Low Temperature on some Physiological and Biochemical Trait of some Semi-orange Genotype in the North Iran	750
S. Mohammadi - H. R. Khazaie- A. Nezami- Y. Tajvar	
Evaluation of Physico-biochemichal Characteristics of Fruits in New Varieties of Noushin and Shahin Mandarins During Storage	764
J. Fatahi Moghadam - S. E. Seyed Ghasemi- K. Najafi	
Postharvest Application of Spermidine Polyamine on the Storage Quality and Vase Life of Mango (<i>Mangifera indica</i> L.) in Dipped Conditions	777
M. S. Hosseini - S. M. Zahedi - M. Karimi - A. Ebrahimzadeh	
Optimization of King Oyster Mushroom (<i>Pleurotus eryngii</i>) Substrate Using Lignocellulosic Affordable Wastes	788
J. Janpoor- M. Farsi- F. Gholizadeh- H. R. Pourianfar- Sh. Rezaian	
The Evaluation of Phytochemical Compounds of Fruits in some Plum and Prune Cultivars and Genotypes	802
Z. Falati- M. R. Fatahi Moghadam- A. Ebadi	
Development of an Efficient Regeneration and Transformation Method for <i>Nicotiana tabacum</i> L. through the Optimization of Growth Regulators and Sucrose Concentration	814
M. Beihaghi- A. Bagheri- H. Marashi- M. Sankian- A. Farsad	
Study of Irrigation Interval and Mulch Effects on Pomological Characteristics and Yield of Sevillana Cultivar in Field Condition	824
R. Gholami- M. Gerdakaneh - H. Gholami	
Essential Oil Quantity and Quality of Two Ecotypes of Spearmint (<i>Mentha spicata</i> L.) in Different Harvesting Times	835
Mohammad Mahmoodi Sourestani	

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 31 No. 4 2018

Published by: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Editor in charge: Valizadeh,R.(Ruminant Nutrition) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

General Chief Editor: Tehranifar,A. (Horticultural Sciences) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

Editorial Board:

Tehraniifar, A.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Davarynejad, GH.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Talaie, A.	Pomologist	Prof. Tehran University.
Azizi, M.	Medicinal Plants	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Ebadi, A.	Horticultural Sciences	Prof .Tehran University.
Farsi, M.	Plant Breeding and Genetics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Kafi, M.	Floriculture and landscaping	Prof .Tehran University.
Lahouti, M.	Biology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Mobli,M.	Horticultural Sciences	Prof. Isfahan University of Technology.

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.

Printed by: Ferdowsi University of Mashhad, press.

Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

P.O.BOX: 91775- 1163

Tel: +98-0511- 8795620

Fax: +98-0511- 8787430

E-Mail: Jhorts4@um.ac.ir

Web Site: <http://jm.um.ac.ir>