



عنوان مقالات

- تأثیر کودهای گاوی، نیتروژن، فسفر و وزن بنه بر شاخص‌های عملکرد گل حسرت (*Colchicum kotschy Boiss.*) ۳۵۹
هما عزیزی - پرویز رضوانی مقدم - مهدی پارسا - رضا خراسانی - محمود شور
- اثر فواصل آبیاری و ترکیبات طبیعی ضد تعرق بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره‌وری آب
آبیاری سیاهدانه (*Nigella sativa L.*) ۳۷۱
زینب صفایی - مجید عزیزی - حسین آروبی - غلامحسین داوری نژاد
- پارامترهای رشدی، عملکرد و کیفیت خیار گلخانه‌ای تحت تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی
در سیستم بدون خاک ۳۸۳
یاسر جوان - محمد جواد نظری دلجو
- بهینه‌سازی القای ریشه‌های موین و تولید زیست‌توده در گیاه کاسنی (*Cichorium intybus L.*) ۳۹۳
رقیه فتحی - مهدی محب‌الدینی - اسماعیل چمنی
- بررسی صفات مورفولوژیکی تعدادی از ژنوتیپ‌های بومی زیتون (*Olea europaea L.*) در استان کرمانشاه ۴۰۷
رحمت اله غلامی - علی اصغر زینالو - فردین قنبری
- تأثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و EDTA بر برخی عناصر غذایی و خصوصیات رشدی گیاه اسفناج
(*Spinacea oleracea*) ۴۱۹
صبا نجاتی زاده - سعید ملک زاده شقارودی - علیرضا آستارایی - نسرين مشتاقی
- تأثیر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده طلایی ایرانی ۴۲۹
کریم عرب سلمانی - امیرحوشنگ جلالی - پیمان جعفری
- اثر اسپرمیدین بر تحمل به سرمای بوته‌های خیار در مرحله نهال‌پذیری ۴۳۹
محمد سلیمانی - مصطفی مبلی - علی اکبر رامین - بهرام بانی نسب - لیلا اصلانی
- تلاقی رقم تجارتنی آیلار با لاین‌های منتخب والدینی خیار و ارزیابی نتایج آنها ۴۵۱
محبوبه دیانی - یوسف حمیدلوغلی - جمال‌اللی قتی‌چیرانی
- اثر محلول‌پاشی برگی پتاسیم، روی و بُر بر خصوصیات میوه برخی ارقام زیتون ۴۵۹
رضا غلامی - نوراله معلی - اسماعیل خالقی - سید منصور سیدنژاد
- بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پسته رقم احمدآقایی روی ژنوتیپ‌های پایه متحمل و حساس به سرما
در شرایط تنش یخ‌زدگی ۴۷۱
علی تاج‌آبادی پور - محمد رضا فتاحی مقدم - ذبیح‌الله زمانی - فاطمه نصیبی - حسین حکم‌آبادی
- اثر برخی اکسین‌های مصنوعی روی عملکرد و بازارپسندی چهار رقم آلو ۴۸۵
نیازقلی فیروزبخت - مهدی رضائی

Contents

- The Effect of Cow Manure, Nitrogen, Phosphorus and Corm Weight on the Yield
Characters of *Colchicum* (*Colchicum kotschy Boiss.*) 370
H. Azizi - P. Rezvani Moghaddam - M. Parsa - R. Khorasani - M. Shoor
- The Effect of Irrigation Intervals and Anti- transpiration Compounds on Morphological
Traits, Physiological Traits, and Irrigation Water Efficiency Index in the *Nigella sativa L.* 382
Z. Safaee - M. Azizi - H. Aroiee - Gh. Davarynejad
- Growth and Developmental Parameters, Quality and Productivity of Cucumber as Affected by
K: Ca Ratios of Nutrient Solution in Soilless System 391
Y. Javan - M.J. Nazarideljou
- Optimization of Hairy Root Induction and Biomass Production of Chicory
(*Cichorium intybus L.*) 405
R. Fathi - M. Mohebodini - E. Chamani
- Morphological Traits Diversity in some Olive (*Olea europaea L.*) Genotypes over
Kermanshah Province. 417
R. Gholami - A. A. Zeinaloo - F. Ghanbari
- Effects of Titanium Dioxide (TiO₂) and EDTA on Growth and Biochemical Properties
of Spinach (*Spinacia oleracea*) 427
S. Nejatie zadeh - S. Malekzadeh Shafarodi - A. Astaraci - N. Moshtaghi
- Effect of Salinity Stress on Yield and Yield Components of Three Iranian Cantaloupe
Masses 438
K. Arabsalmani - A. H. Jalali - P. Jafari
- Effect of Spermidine on Cold Tolerance of Cucumber Plants in Seedling Stage 450
M. Solaimani - M. Mobli - A.A. Ramin - B. Baninasab - L. Aslani
- Crossing Commercial Hybrid Cucumber (*Cucumis sativus*) cv. Ailar with Elite Lines and
their Progenies 458
M. Dianati - Y. Hamidoghli - J.A. Olfati
- The Effect of Potassium, Boron and Zinc Foliar Application on Fruit Characteristics of some
Olive (*Olea europaea L.*) Cultivars 470
R. Gholami - N. Moalleemi - E. Khaleghi - S.M. Seyyednegad
- Evaluation of Physiological and Biochemical Changes of Pistachio
(*Pistacia vera L.* cv. Ahmad-Aghaii) on Cold Tolerant and Sensitive Rootstocks under
Freezing Stress Conditions 484
A. Tajabadipour - M.R. Fattahi Moghadam - Z. Zamani - F. Nasibi - H. Hokmabadi
- Effects of some Synthetic Auxins on Yield and Marketability of Four Plum Cultivars 493
N. G. Firozbakht - M. Rezaei

نشریه علوم باغبانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه ۲۱/۲۰۱۵ و درجه علمی - پژوهشی شماره ۲۶۵۲۴ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۶۸/۴/۱۱ ۷۳/۱۰/۱۹
جلد ۳۲ شماره ۳ پاییز ۱۳۹۷

صاحب امتیاز:

دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول:

رضا ولی زاده

سر دبیر:

علی تهرانی فر

اعضای هیئت تحریریه:

تهرانی فر، علی

خانی زاده، شاهرخ

داوری نژاد، غلامحسین

طلایی، علیرضا

عزیزی، مجید

عبادی، علی

فلاحی، اسماعیل

فارسی، محمد

کافی، محسن

لاهوئی، مهرداد

مبلی، مصطفی

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: چاپخانه 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 صورت فصلنامه (۴ شماره در سال) چاپ و منتشر می شود.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۳۵۹ تأثیر کودهای گاوی، نیتروژن، فسفر و وزن بنه بر شاخص‌های عملکرد گل حسرت (*Colchicum kotschy Boiss.*)
هما عزیزی - پرویز رضوانی مقدم - مهدی پارسا - رضا خراسانی - محمود شور
- ۳۷۱ اثر فواصل آبیاری و ترکیبات طبیعی ضد تعرق بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره‌وری آب آبیاری سیاهدانه (*Nigella L. sativa*)
زینب صفایی - مجید عزیزی - حسین آروبی - غلامحسین داوری نژاد
- ۳۸۳ پارامترهای رشدی، عملکرد و کیفیت خیار گلخانه‌ای تحت تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در سیستم بدون خاک
یاسر جوان - محمد جواد نظری دلجو
- ۳۹۳ بهینه‌سازی القای ریشه‌های موئین و تولید زیست‌توده در گیاه کاسنی (*Cichorium intybus L.*)
رقیه فتحی - مهدی محب‌الدینی - اسماعیل چمنی
- ۴۰۷ بررسی صفات مورفولوژیکی تعدادی از ژنوتیپ‌های بومی زیتون (*Olea europaea L.*) در استان کرمانشاه
رحمت اله غلامی - علی اصغر زینالو - فردین قنبری
- ۴۱۹ تأثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و EDTA بر برخی عناصر غذایی و خصوصیات رشدی گیاه اسفناج (*Spinacea oleracea*)
صبا نجاتی زاده - سعید ملک زاده شفارودی - علیرضا آستارایی - نسرين مشتاقی
- ۴۲۹ تأثیر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده طالبی ایرانی
کریم عرب سلمانی - امیر هوشنگ جلالی - پیمان جعفری
- ۴۳۹ اثر اسپرمیدین بر تحمل به سرمای بوته‌های خیار در مرحله نهال بذری
محمد سلیمانی - مصطفی مبلی - علی اکبر رامین - بهرام بانی نسب - لیلا اصلانی
- ۴۵۱ تلاقی رقم تجار تی آیلار با لاین‌های منتخب والدینی خیار و ارزیابی نتایج آنها
محبوبه دیانتی - یوسف حمید اوغلی - جمال‌علی الفتی چیرانی
- ۴۵۹ اثر محلول‌پاشی برگ‌پتاسیم، روی و بُر بر خصوصیات میوه برخی ارقام زیتون
رضا غلامی - نوراله معلمی - اسماعیل خالقی - سید منصور سیدنژاد
- ۴۷۱ بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پسته رقم احمدآقایی روی ژنوتیپ‌های پایه متحمل و حساس به سرما در شرایط تنش یخ-زدگی
علی تاج آبادی پور - محمد رضا فتاحی مقدم - ذبیح‌الله زمانی - فاطمه نصیبی - حسین حکم آبادی
- ۴۸۵ اثر برخی اکسین‌های مصنوعی روی عملکرد و بازارپسندی چهار رقم آلو
نیازقلی فیروزبخت - مهدی رضائی



تأثیر کودهای گاوی، نیتروژن، فسفر و وزن بنه بر شاخص‌های عملکرد گل حسرت (*Colchicum kotschy Boiss.*)

هما عزیزی^۱ - پرویز رضوانی مقدم^{۲*} - مهدی پارسا^۳ - رضا خراسانی^۴ - محمود شور^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۴

چکیده

گل حسرت گیاهی دارویی است که ماده مؤثره آن در درمان بیماری‌های التهابی نظیر نقرس کاربرد دارد. جهت بررسی تأثیر منابع کودی و وزن بنه مادری بر شاخص‌های مرتبط با عملکرد گل حسرت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۶ تیمار در دو سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت. تیمارها شامل: وزن بنه مادری (کمتر از ۴۰ و بیشتر از ۴۰ گرم)، کود گاوی (شاهد و ۵۰ تن در هکتار)، کود نیتروژن (شاهد و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود فسفر (شاهد و ۲۵ کیلوگرم در هکتار) بودند. در سال اول آزمایش بیشتر بنه‌ها به دلیل تنش ناشی از انتقال بنه و عدم استقرار مناسب گیاه، گل ندادند. نتایج در سال دوم آزمایش نشان داد که تیمارهای آزمایش اثر معنی‌داری بر شاخص‌های مطالعه شده داشتند ($P \leq 0.05$). بنه‌های مادری بزرگتر، در پایان فصل رشد از عملکرد بیشتری برخوردار بودند. بیشترین تعداد گل، تعداد کپسول، تعداد و وزن خشک دانه مربوط به بنه‌های مادری بزرگ‌تر بود. با کاربرد کود گاوی، عملکرد بنه (۲۲۵/۷ گرم در متر مربع)، عملکرد بیولوژیک (۲۹۳/۱ گرم در متر مربع) و شاخص برداشت بنه (۷۶/۸۱ درصد) نسبت به شاهد افزایش یافت، ولی وزن هزار دانه (۱۶/۴۹ گرم) و شاخص برداشت بذر (۵/۵۳۶ درصد) در تیمار کود گاوی کاهش یافت. مصرف کود اوره به صورت منفرد اثر معنی‌داری بر شاخص‌های مطالعه شده نداشت. با کاربرد سوپرفسفات عملکرد بنه، عملکرد بیولوژیک، وزن خشک دانه، عملکرد و وزن هزار دانه افزایش یافت. کاربرد توأم کود گاوی و کود فسفره سبب افزایش عملکرد بنه شد. از آنجا که هم بنه و هم بذر این گیاه دارای مواد مؤثره دارویی است، می‌توان با مصرف بهینه و متعادل کود گاوی و فسفره به عملکرد مناسب دست یافت.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، سورنجان، کود دامی، کود شیمیایی

مقدمه

گیاه غنی از آلکالوئیدهای ایزوکوئینولین^۶ می‌باشد که کلشی‌سین و کلشیکوزید، مهم‌ترین آن‌هاست. اثرات درمانی کلشی‌سین شامل اثرات ضد سرطان، ضد رماتیسم، ضد التهاب، تنها درمان اختصاصی بیماری نقرس حاد (۱، ۴، ۱۳، ۲۵ و ۲۷) و بیماری تب مدیترانه‌ای، سندرم بهجت (۱۵)، فیبروز کبدی و سیروز کبدی پیشرفته (۳۹) می‌باشد. همچنین در بیولوژی گیاهی، جهت ایجاد پلی‌پلوئیدی (دو برابر کردن کروموزوم‌ها) به کار می‌رود (۲۹). نکته حائز اهمیت این است که کلشی‌سین هنوز از منابع گیاهی به دست می‌آید، زیرا تولید آن به روش‌های شیمیایی، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست (۱۷ و ۳۸).

گل حسرت از انواع ژئوفیت‌های هیستراتنوس^۷ است (۱۹) و دارای ساقه ذخیره‌ای زیرزمینی از نوع بنه^۸ می‌باشد. این گیاه چندساله متعلق

تعدد گیاهی فراوان و زمینه رشد گیاهان دارویی، باعث شده ایران یکی از بهترین مناطق جهان جهت تولید گیاهان دارویی به‌شمار آید، اما استفاده صحیح از گیاهان دارویی مشروط بر وجود اطلاعات دقیق و علمی است (۶). با توجه به اینکه برخی گونه‌های گیاهان دارویی در عرصه‌های طبیعی بیش از حد ظرفیت مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، لذا اهلی‌سازی آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد (۱۱). گل حسرت (سورنجان) از جمله گیاهان دارویی است که اهلی نشده است. این

۱ و ۲ - به ترتیب دانش آموخته دکتری، استاد و دانشیار گروه آگروتکنولوژی،

دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

۴ - دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۵ - دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.44438

و از طرفی تحقیقات انجام شده روی این گیاه در جهان و خصوصاً ایران بسیار کم می‌باشد، لذا این آزمایش با هدف بررسی نقش اندازه بنه در زمان کاشت، کاربرد کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص‌های مرتبط با عملکرد گیاه دارویی گل حسرت (*Colchicum kotschy* Boiss.) در شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

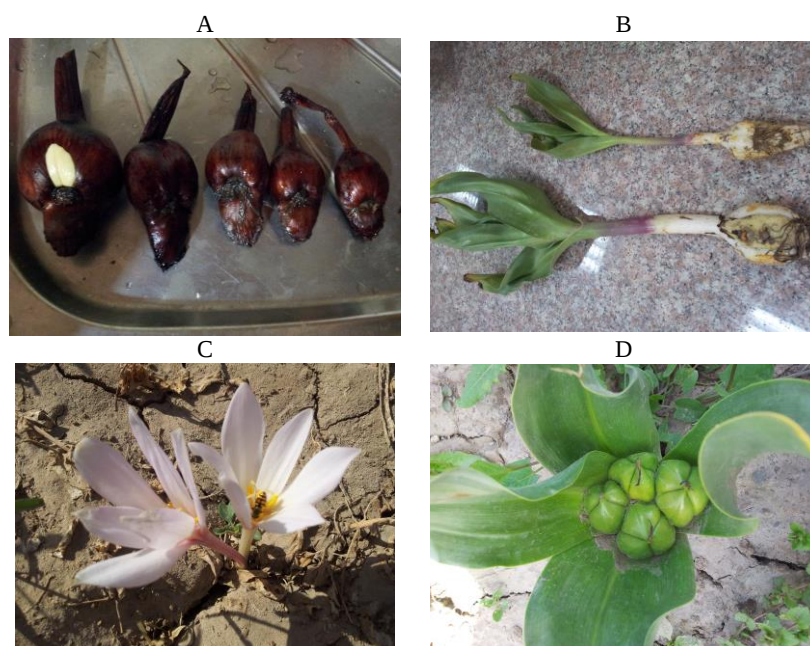
این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۶ تیمار در دو سال ۱۳۹۱-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. بنه‌های گل حسرت مربوط به گونه *Colchicum kotschy* Boiss. که یکی از گونه‌های بومی کشور ایران می‌باشد (۳۶)، در فصل تابستان که گیاه وارد فاز استراحت می‌گردد (تابستان ۱۳۹۱)، از عرصه طبیعی آن واقع در رشته کوه‌های بینالود منطقه فریزی از خاک برداشت شد. به دلیل تفاوت بسیار زیادی که بین بنه‌های جمع‌آوری شده از نظر وزنی وجود داشت و جهت یکسان‌سازی اثر وزن بنه در بین تیمارها، اندازه بنه مادری به عنوان یکی از فاکتورهای آزمایش در نظر گرفته شد. به این منظور پس از توزین کلیه بنه‌ها و به دست آوردن متوسط وزنی آنها، وزن ۴۰ گرم به عنوان وزن مینا در نظر گرفته شد و بر این اساس بنه‌ها به دو دسته کمتر از ۴۰ گرم (ریز) و بیش از ۴۰ گرم (درشت) دسته‌بندی شدند (شکل ۱). با توجه به این که این گیاه اهلی نشده است، جهت آرمودن واکنش کودپذیری آن پس از آنالیز خاک مزرعه و عرصه طبیعی (جدول ۱)، از یک سطح کودی مناسب استفاده شد. بر این اساس فاکتورهای آزمایش شامل اندازه (وزن) بنه مادری در دو سطح (کمتر از ۴۰ گرم و بیشتر از ۴۰ گرم)، کود گاوی در دو سطح شاهد (عدم کاربرد) و ۵۰ تن در هکتار، کود شیمیایی نیتروژن در دو سطح شامل شاهد و کاربرد یک سطح مناسب کود اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود شیمیایی فسفر در دو سطح شاهد و کاربرد یک سطح مناسب از کود سوپرفسفات (۲۵ کیلوگرم در هکتار) بودند. به منظور اجرای آزمایش، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و دیسک انجام و پس از تسطیح زمین بوسیله لولر، کرت‌هایی به ابعاد ۱×۱ متر ایجاد شد. فاصله بین کرت‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. در سال اول آزمایش، کود گاوی و سوپرفسفات پیش از کاشت و در سال دوم پیش از گلدهی (همزمان با خواب بنه‌ها در مرداد ۱۳۹۲) به صورت دستی بر اساس نقشه طرح به خاک افزوده و بطور کامل با خاک مخلوط شدند و کود اوره در هر دو سال آزمایش، اوایل دی‌ماه (زمان ظهور برگ-ها) به خاک افزوده شد. کاشت در تاریخ هفتم شهریور ۱۳۹۱ به صورت دستی انجام و بنه‌های جمع‌آوری شده از عرصه پس از ضدعفونی با قارچ کش کاپتان (به نسبت دو در هزار) با فاصله ۲۵ سانتی‌متر در عمق ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متری خاک (بسته به اندازه بنه) کشت شدند. عملیات آبیاری و وجین علف‌های هرز بر حسب نیاز در زمان‌های لازم انجام شد.

به خانواده کلشیکاسه^۱، از چرخه زندگی غیرمعمولی برخوردار است. بسیاری از گونه‌های گل حسرت در انتهای شهریور^۲ و پیش از ظهور برگ‌ها به گل نشسته و میوه آن در خردادماه^۳ می‌رسد. در طبیعت، بنه‌های این گیاه در فصل زمستان (از دی تا اسفند) و نیز پس از میوه‌دهی در تابستان (از تیر تا شهریور) وارد مرحله استراحت (خواب) می‌شوند. هرساله یک بنه مادری، یک و گاهی اوقات دو تا بنه دختری تولید می‌کند (۳۹).

جذب عناصر معدنی توسط گیاه فرآیند پیچیده‌ای است که توسط عوامل متعددی تعیین می‌گردد که با یکدیگر اثر متقابل دارند (۴۲). مطالعات انجام شده روی گونه‌های مختلف جنس گل حسرت نشان دادند که مقدار عناصر غذایی ماکرو (پرنیاز) هم برای رشد و تولید بنه و هم از نظر میزان متابولیت‌های ثانویه حائز اهمیت است (۳۸). مدیریت حاصلخیزی خاک یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی محسوب می‌شود (۳۰). از طرفی گیاهان پیازدار در مقایسه با سایر گیاهان نیازمند توجه بیشتری از نظر مدیریت تغذیه هستند، به دلیل این که ریشه‌های کم‌عمقی داشته و از نظر جذب عناصر غذایی کم‌تحرك در خاک، مشکل بیشتری دارند (۱۴). تاکنون در مطالعات مختلفی اثرات کاربرد منابع تغذیه‌ای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی مورد مطالعه قرار گرفته است. کودهای آلی فراورده‌های بدون خطری هستند که می‌توانند برای پایداری کشاورزی مناسب باشند (۴۶). نیتروژن، فسفر و پتاسیم باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاهان می‌شوند (۳۰). نیتروژن عنصری مهم و حیاتی برای گیاه به شمار می‌رود و در پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل وجود دارد و بیش از عناصر غذایی دیگر در معرض از دست رفتن می‌باشد و مقدار بازیافت آن کمتر از نصف مقدار به کار رفته می‌باشد (۱۲). در حدود ۰/۲ درصد وزن خشک گیاهان را فسفر تشکیل می‌دهد. مقدار فسفر قابل جذب گیاه در خاک توسط عوامل متعددی نظیر واکنش خاک، غلظت یون کلسیم، میزان مواد آلی خاک، نوع و مقدار رس، رطوبت خاک، بافت خاک، ترشحات و تراکم ریشه کنترل می‌شود (۱۰).

وزن بنه در گیاهان بنه‌دار بوسیله مقدار کل مواد غذایی ذخیره شده در بنه توسط گیاه از طریق فرآیند فتوسنتز تعیین می‌شود. تحقیقات انجام شده در گیاه موسیر (*Allium altissimum* Regel.) نشان می‌دهد که با افزایش نیتروژن و وزن پیاز در هنگام کاشت، میزان تولید موسیر افزایش می‌یابد (۱۸).

از آنجاکه گل حسرت به صورت اهلی شده از نظر زراعی در ایران کشت نمی‌شود و تنها بصورت پراکنده، در عرصه طبیعی یافت می‌شود



شکل ۱- اندازه‌های مختلف بنه که بر اساس آن به دو دسته کمتر و بیشتر از ۴۰ گرم تقسیم‌بندی شدند (A)، بنه، غلاف برگ و برگ گیاه (B)، گل‌ها (C)، و شروع شکل‌گیری میوه‌های گل حسرت (D)

Figure 1- (A) Different sizes of corms which were categorized into two groups: less than 40 grams and more than 40 grams, (B) corm, leaf sheath and leaf, (C) flowers, and (D) initial fruits establishing of Colchicum

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و عرصه طبیعی
Table 1- Soil chemical and physical properties of farm and natural site

نمونه خاک	رس	سیلت	شن	اسیدیته	هدایت الکتریکی	نیتروژن	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
Soil sample	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	pH	EC (dS.m ⁻¹)	Nitrogen (%)	Absorbable phosphorous (mg.kg ⁻¹)	Absorbable potassium (mg.kg ⁻¹)
مزرعه	48.46	31.95	19.59	7.73	2.77	0.092	13.00	230
Farm								
عرصه	24.00	26.50	50.50	7.62	0.94	0.086	15.40	230
Natural site								

$$HI = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times 100$$

برای محاسبه شاخص برداشت بنه، وزن بنه خشک شده (گرم در متر مربع) به عنوان عملکرد اقتصادی و وزن خشک کل بوته شامل بنه، برگ، ساقه و بذر (گرم در متر مربع) به عنوان عملکرد بیولوژیک در نظر گرفته شد. برای محاسبه شاخص برداشت بذر نیز وزن خشک بذر (گرم در متر مربع) به عنوان عملکرد اقتصادی در نظر گرفته شد. برای تعیین وزن خشک بنه، بنه‌ها قطعه قطعه شده و در هوای آزاد بدون نور مستقیم، خشک شدند.

با شروع گلدهی در انتهای شهریور، تعداد گل در واحد سطح در فواصل زمانی مشخص ثبت شد. با زرد شدن تدریجی برگ‌ها و زمانی که رنگ کپسول‌ها از سبز به قهوه‌ای تغییر یافت (اواخر خرداد)، گیاهان از سطحی معادل ۵۰۰۰ سانتی‌متر مربع (نیمی از کرت) برداشت شده و صفات عملکرد بنه، عملکرد بذر، عملکرد بیولوژیک، تعداد و وزن خشک بذر در بوته، تعداد و وزن خشک میوه در بوته، وزن هزار دانه، شاخص برداشت (بر اساس بنه) و شاخص برداشت (بر اساس بذر)، اندازه‌گیری شد. برای محاسبه شاخص برداشت (HI) معادله زیر مورد استفاده قرار گرفت (۴۴):

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های مرتبط با عملکرد گیاه دارویی گل حسرت (*Colchicum kotschy Boiss*) در سال دوم آزمایشTable 2- Analysis of variance for yield characters of *Colchicum kotschy Boiss*. at the second year of experiment

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد بذر Seed yield	عملکرد بنه Corm yield	تعداد گل در متر مربع Flower number per m-2	وزن هزار دانه 1000-seed weight	وزن خشک کپسول Capsule dry weight	تعداد کپسول در بوته Capsule number per plant	وزن خشک دانه Seed dry weight	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	شاخص برداشت بنه Corm HI	شاخص برداشت بذر Seed HI
S	1	***	***	***	**	***	***	***	***	**	NS	***
C	1	***	***	***	***	***	NS	NS	***	NS	***	***
S × C	1	NS	**	NS	***	*	NS	NS	**	NS	NS	NS
N	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
S × N	1	*	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C × N	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
S × C × N	1	*	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	*
P	1	***	***	***	NS	***	NS	NS	***	NS	NS	NS
S × P	1	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	*
C × P	1	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
S × C × P	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N × P	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
S × N × P	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C × N × P	1	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
S × C × N × P	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
خطا Error	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات CV(%)	-	5.47	13.94	6.72	27.22	5.80	30.77	19.43	13.94	13.17	3.01	12.47

S*: وزن بنه (corm weight)؛ C: کود گاوی (cow manure)؛ N: کود اوره (urea)؛ P: کود سوپرفسفات (superphosphate)

***، **، * و NS به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک دهم درصد، یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری

***، **، * and ns: significant at 0.1%, 1%, 5% and non significant, respectively

حاصل از نشاء کاری (انتقال نشاء) بوده است.

اثر وزن بنه مادری روی عملکرد گیاه

نتایج نشان داد که اثر وزن بنه مادری بر عملکرد گیاه معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). بنه‌هایی که در زمان کاشت، وزن بیشتری داشتند، در پایان فصل رشد نیز عملکرد بنه و عملکرد کل (بیولوژیک) بالاتری داشتند (جدول ۳) که به دلیل دارا بودن ذخایر بیشتر جهت رشد می‌باشد، زیرا اساساً اندازه و وزن بنه بوسیله مقدار کل مواد غذایی ذخیره شده در بنه توسط گیاه از طریق فرآیند فتوسنتز تعیین می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهند که رشد اولیه گیاه و توان حیاتی آن بوسیله مقدار مواد غذایی فراهم شده برای گیاه در حال رشد، توسط بنه تعیین می‌شود (۳۵). در آزمایشی که بر روی گیاه بنه‌دار گلابول (*Gladiolus grandiflorus* cvs.) انجام گرفت، مشخص شد که تعداد بنه‌های دختری تولید شده بازه هر گیاه و اندازه بنه تولید شده در بنه‌های مادری درشت‌تر بیشتر از بنه‌های متوسط و کوچک بود

تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1، MS Excel Ver. 11 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

در سال اول آزمایش بیش از ۵۰ درصد بنه‌ها به دلیل تنش ناشی از انتقال بنه^۱ و عدم استقرار مناسب گیاه، گل ندادند. به همین جهت نتایج مربوط به سال دوم ارائه شده است (جدول ۲). پوتارد و گیراردین (۴۰) نیز در آزمایشی که بر روی گل حسرت گونه *Colchicum autumnale* در طی چهار سال متوالی در کشور فرانسه انجام دادند، گزارش کردند که در دو سال اول (۱۹۹۳ و ۱۹۹۴) گیاهان عملاً هیچ گل و بذری تولید نکردند و بیان داشتند که احتمالاً دلیل آن تنش

اثر کود دامی روی عملکرد گیاه

اثر کود دامی بر اکثر شاخص‌های مطالعه شده معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). با کاربرد ۵۰ تن در هکتار کود گاوی، عملکرد خشک بنه (۲۲۵/۷ گرم در متر مربع)، عملکرد بیولوژیک (۲۹۳/۱ گرم در متر مربع) و شاخص برداشت بنه (۷۶/۸۱ درصد) در پایان فصل رشد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). از آنجا که کودهای آلی باعث بهبود ساختمان خاک، توسعه بهتر ریشه، تنظیم دمای خاک و جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید، فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه و نیز کمک به بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شوند (۳۰)، بنابراین اعمال کود دامی با فراهم نمودن کلیه مزایای ذکر شده، موجب بهبود رشد رویشی و عملکرد بنه گردید. آزادسازی آهسته عناصر غذایی از کود گاوی در طول فصل رشد و بنابراین میزان اندک آبشویی مواد غذایی در مقایسه با کود اوره جنبه مثبت اثرگذار کود گاوی است (۴۷). تحقیقات نشان می‌دهند که کاربرد کود گاوی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد پیاز گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) می‌شود (۲۵). نتایج تحقیق امیری (۷) نیز نشان داد که مصرف کود دامی در مقایسه با تیمار شاهد نقش بسیار مؤثری در افزایش عملکرد بنه‌های زعفران داشت.

تعداد و وزن خشک کپسول در بوته و تعداد دانه در بوته تحت تأثیر تیمار کود دامی قرار نگرفتند ($p \leq 0.05$). از آنجا که تعداد میوه و دانه در زمان گلدهی و لقاح تعیین می‌شود (۳۹)، احتمالاً عوامل تعیین کننده عملکرد بذر در گیاه، در زمان گلدهی نسبت به زمان برداشت از اهمیت بیشتری برخوردارند، زیرا تعداد کپسول در گیاه و تعداد بذر در کپسول در طی عمل لقاح تعیین می‌شوند. لذا به نظر می‌رسد تنها عاملی که می‌تواند در طی فرآیند رشد و نمو کپسول‌ها تغییر نماید، وزن هزار دانه است. نتایج نشان داد که وزن خشک دانه در بوته و وزن هزار دانه، عملکرد دانه و همچنین شاخص برداشت بذر در تیمار کود گاوی در مقایسه با شاهد کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کود گاوی با فراهم نمودن رشد رویشی مناسب و بالا بردن عملکرد بنه، سبب کم شدن سهم دانه (وزن خشک دانه) در مقایسه با بنه در عملکرد کل گیاه (عملکرد بیولوژیک) می‌گردد. ضمن این که ممکن است رقابت بین بنه و بذر برای دریافت مواد فتوسنتزی سبب کاهش وزن دانه در تیمار کود گاوی شده باشد. در همین راستا علیرضایی نغندر و همکاران (۵) با بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد بنه و میزان کلشی‌سین گل حسرت (*Colchicum kotschy* Boiss.) تحت شرایط رویشگاه مشاهده نمودند که وزن تر و خشک بذر در تیمار شاهد بیشتر از تیمار کود نیتروژن می‌باشد.

(۲۶). در آزمایشی مشابه وزن پیازهای دختری تولیدی در گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) با افزایش اندازه پیاز در زمان کاشت افزایش یافت، به دلیل این که پیازهای بزرگ‌تر دارای مواد فتوسنتزی بیشتری بودند (۳). عیشی رضایی و همکاران (۱۸) بیان نمودند که با افزایش وزن پیاز در هنگام کاشت، میزان تولید موسیر (*Allium altissimum* Regel) افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش وزن پیاز در زمان کاشت از ۱۰ به ۲۰ گرم، ۵۰ درصد افزایش در عملکرد پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) به دلیل افزایش سرعت رشد گیاه و افزایش طول دوره رشد پیاز مشاهده شد (۳۲). حسن‌زاده اول و همکاران (۲۱) به نقل از مولینا و همکاران (۳۱) گزارش کردند که در بنه‌های بزرگ‌تر تقسیم سلولی و به دنبال آن رشد برگ‌ها نسبت به بنه‌های کوچک‌تر زودتر اتفاق می‌افتد. رشد زودتر برگ‌ها امکان استفاده بیشتر از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده را به دنبال دارد و در نهایت موجب ایجاد بنه‌های بزرگ‌تر در پایان فصل رشد می‌شود. نتایج حاصل از بررسی اثر وزن بنه نشان داده است که با افزایش اندازه بنه، سطح برگ و تولید ماده خشک در طی دوره رشد زعفران بیشتر بوده که در نهایت منجر به تولید بیشتر بنه‌های دختری در پایان دوره رشد می‌شود (۴۲).

نتایج نشان داد که شاخص‌های مربوط به عملکرد بذر تحت تأثیر تیمار وزن بنه قرار گرفتند ($p \leq 0.05$). بنه‌های مادری درشت‌تر از تعداد گل در متر مربع (۲۴/۷۳)، تعداد کپسول (۳/۳۵۰) در بوته، تعداد دانه (۶۷/۸۴)، وزن خشک دانه (۱/۳۲۴) گرم در بوته و وزن هزار دانه (۱۸/۳۷) گرم بیشتری برخوردار بودند (جدول ۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد در زعفران (*Crocus sativus* L.) بین وزن بنه و تولید بنه‌های دختری و عملکرد گل همبستگی مثبت وجود دارد (۲۹). به نظر می‌رسد که در گل حسرت همانند سایر گیاهان بنه‌دار نظیر زعفران، اندازه بنه با تعداد گل تولید شده رابطه مستقیم دارد، لذا بنه‌های مادری درشت‌تر به دلیل داشتن جوانه زایشی بیشتر و تولید گل بیشتر، در انتهای فصل از میوه و به تبع آن دانه بیشتری برخوردار بودند. کاپیلا و همکاران (۲۴) نیز گزارش نمودند که کاشت ریشه‌های غده‌ای بزرگ‌تر منجر به حصول عملکرد بالاتر (دانه بیشتر) در زیره سیاه (*Bunium persicum*) می‌شود.

اندازه بنه مادری اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت بنه نداشت ($p \leq 0.05$). در مورد شاخص برداشت بذر، بنه‌های کوچک‌تر از شاخص برداشت بذر بیشتری در مقایسه با بنه‌های بزرگ‌تر برخوردار بودند ($p \leq 0.05$) (جدول ۳)، به عبارت دیگر در بنه‌های بزرگ‌تر سهم بذر در افزایش عملکرد کل گیاه نسبت به بنه‌های کوچک‌تر بسیار ناچیز است.

جدول ۳- اثر وزن بنه مادری و کود دامی بر شاخص‌های مرتبط با عملکرد گیاه دارویی گل حسرت

Table 3- The effect of mother corm weight and cow manure on yield characters of *Colchicum kotschyi* Boiss

وزن بنه مادری Mother corm weight (g)	کود گاوی Cow manure (t.ha ⁻¹)	عملکرد بنه Corm yield (g.m ⁻²)	عملکرد بذر Seed yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g.m ⁻²)	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	تعداد گل در متر مربع Flower number per m ²	تعداد کپسول در بوته Capsule number per plant	وزن خشک کپسول Capsule dry weight (g.m ⁻²)	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	وزن خشک دانه Seed dry weight (g per plant)	شاخص برداشت بانه Corm HI (%)	شاخص برداشت بذر Seed HI (%)
40>	-	138.7a	15.54a	182.9a	17.23a	19.43a	1.958a	0.528a	60.61a	1.036a	75.50	8.762
40<	-	269.5b	19.86b	356.2b	18.37b	24.73b	3.350b	0.753b	67.84b	1.324b	75.49	5.690
LSD (0.05)	-	8.081	1.454	8.698	0.609	3.543	0.304	0.116	4.987	0.097	-	0.531
-	0	182.5a	20.49b	246.0a	19.12b	26.83a	2.7	0.646	65.30	1.366b	74.17a	8.889a
-	50	225.7b	14.91a	293.1b	16.49a	17.33b	2.6	0.636	63.14	0.994a	76.81b	5.536b
-	LSD (0.05)	8.081	1.454	8.698	0.609	3.543	-	-	-	0.097	1.338	0.531

و بنه‌های بزرگتری تولید می‌شود. چاجی و همکاران (۱۶) نیز مشاهده نمودند که کاربرد فسفر باعث افزایش وزن تر و خشک بنه‌های گیاه زعفران می‌شود. در آزمایشی که بر روی گیاه گلابیول انجام گرفت، مشخص شد که با افزایش کود فسفر، عملکرد بنه در مقایسه با شاهد افزایش پیدا می‌کند (۳۵).

با مصرف کود فسفر، وزن خشک دانه (۱/۲۶۸ گرم در بوته)، عملکرد دانه (۱۹/۰۲ گرم در متر مربع) و وزن هزار دانه (۱۸/۸۶ گرم) نسبت به شاهد افزایش یافت ($p \leq 0.05$) (جدول ۴). فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر در تغذیه گیاهی بوده و برخلاف نیتروژن که در رشد رویشی گیاه اهمیت دارد، فسفر در رشد زایشی و تشکیل گل، میوه و بذر مهم‌تر و موثرتر می‌باشد (۴۶). تحقیقات نشان داده‌اند که کود فسفر عمدتاً عملکرد زایشی را ارتقاء می‌دهد (۲). در آزمایشی که عارفی و همکاران (۸) بر روی موسیر انجام دادند، مشخص شد که کاربرد کود فسفر، سبب افزایش عملکرد بذر در مقایسه با شاهد شد. سایر شاخص‌های مطالعه شده تحت تأثیر تیمار کود فسفر قرار نگرفتند (جدول ۴).

اثرات متقابل تیمارها

کاربرد توأم کود گاوی و کود فسفره سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بنه شد ($p \leq 0.05$). بیشترین عملکرد بنه در تیمار کاربرد تلفیقی کود گاوی و کود سوپرفسفات (۲۴۲/۹ گرم در متر مربع) و کمترین آن در تیمار شاهد (عدم کاربرد کود گاوی و سوپرفسفات) به میزان ۱۷۴/۵ گرم در متر مربع مشاهده شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد که کاربرد همزمان کود گاوی و شیمیایی فسفر، می‌تواند اثر مثبت تشدید کننده^۱ بر روی عملکرد بنه داشته باشد. کود دامی با فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه و نیز کمک به بهبود جذب عناصر

اثر کودهای شیمیایی مورد آزمایش روی عملکرد گیاه

در این آزمایش مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت منفرد اثر معنی‌داری بر شاخص‌های مطالعه شده نداشت ($p \leq 0.05$). تحقیقات نشان می‌دهند که بیشتر گیاهان دارویی پاسخ مستقیمی به افزایش نیتروژن نشان نمی‌دهند (۱۴). به نظر می‌رسد که تأثیر ناچیز کود اوره احتمالاً به دلیل کم بودن مقدار نیتروژن بکار رفته در تیمار کود اوره که دارای ۴۶ درصد نیتروژن است (معادل ۲/۳ گرم نیتروژن در متر مربع)، می‌باشد. آشنوبی احتمالی کود اوره نیز می‌تواند از جمله دلایل عدم اثرگذاری این کود باشد. بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از سطوح بیشتر کود اوره بتواند موجب اثرگذاری احتمالی نیتروژن بر روی رشد گیاه شود. در همین رابطه علیرضایی نغندر و همکاران (۵) در آزمایشی با بررسی سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن در گل حسرت (*Colchicum kotschyi* Boiss.) به این نتیجه رسیدند که بیشترین وزن تر بنه در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن به دست می‌آید. پنت (۳۵) در بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد بنه گلابیول بیان نمود که ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین عملکرد بنه را در مقایسه با شاهد تولید می‌نماید.

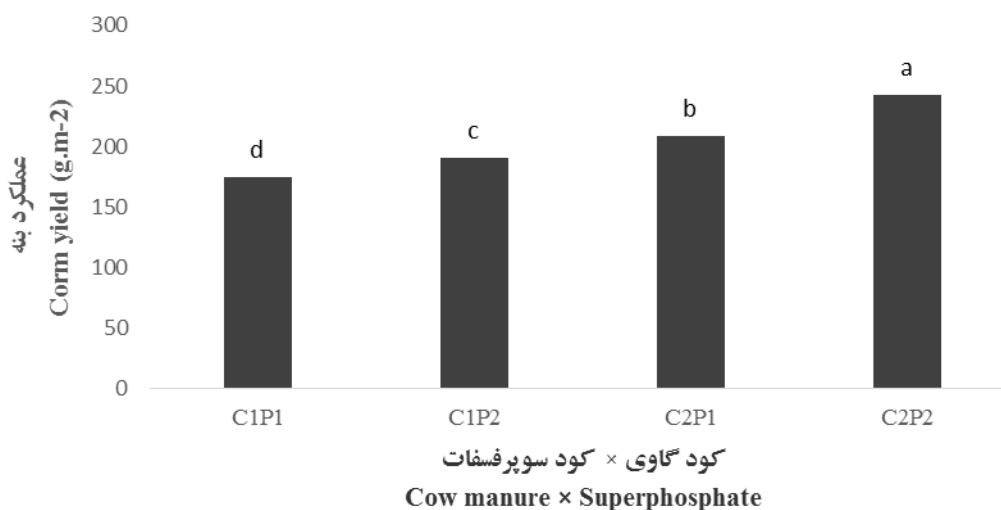
اثر کود شیمیایی سوپرفسفات بر برخی شاخص‌های مطالعه شده معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). با کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات، عملکرد بنه (۲۱۶/۶ گرم در متر مربع) و عملکرد بیولوژیک (۲۸۴/۳ گرم در متر مربع) نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۴). بسیاری از محققین گزارش نموده‌اند که کمبود فسفر اثر معنی‌داری بر روی فتوسنتز برگ و متابولیسم کربن در گیاهان دارد (۴۵). ممانعت از فتوسنتز ناشی از کمبود فسفر عمدتاً ناشی از کاهش اندازه مخزن ریبوز ۱ و ۵ بیسفسفات (RUBP) یا تولید ناکافی ATP می‌باشد (۳۷). لذا با افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر مواد غذایی در شرایط تأمین فسفر، انرژی بیشتری در بنه ذخیره شده

غذایی توسط گیاه سبب افزایش جذب عناصری مانند فسفر گشته و لذا تلفیق این دو کود، اثر مثبتی بر عملکرد بنه داشته است. در آزمایشی در گیاه گالایول، قطر و وزن تر بنه در تیمار تلفیقی کود آلی و کود شیمیایی NPK حداکثر بود (۲۰). در همین راستا تلفیق کود حیوانی با کود فسفر و نیتروژن بیشترین عملکرد بنه زعفران را تولید نمود (۷).

جدول ۴- اثر کود اوره و سوپرفسفات بر شاخص‌های مرتبط با عملکرد گیاه دارویی گل حسرت

Table 4- The effect of urea and superphosphate on yield characters of *Colchicum kotschy* Boiss

کود اوره Urea (kg.ha ⁻¹)	کود سوپر فسفات Superphosphate (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بنه Corm yield (g.m ⁻²)	عملکرد بذر Seed yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g.m ⁻²)	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)	تعداد گل در متر مربع Flower number per m ²	تعداد کپسول در بوته Capsule number per plant	وزن خشک کپسول Capsule dry weight (g.m ⁻²)	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	وزن خشک دانه Seed dry weight (g per plant)	شاخص برداشت بذر Seed HI (%)	شاخص برداشت بنه Corm HI (%)
0	-	202.14	17.94	267.686	17.77	22.34	2.8	0.640	65.81	1.196	7.35	75.48
50	-	206.02	17.46	271.388	17.83	21.82	2.5	0.642	62.63	1.164	7.10	75.51
LSD (0.05)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	0	191.5a	16.382a	254.8a	16.74a	20.64	2.7	0.671	62.94	1.092a	7.20	74.84
-	25	216.6b	19.021b	284.3b	18.86b	23.52	2.6	0.611	65.50	1.268b	7.25	76.15
-	LSD (0.05)	8.081	1.454	8.698	0.609	-	-	-	-	0.097	-	-



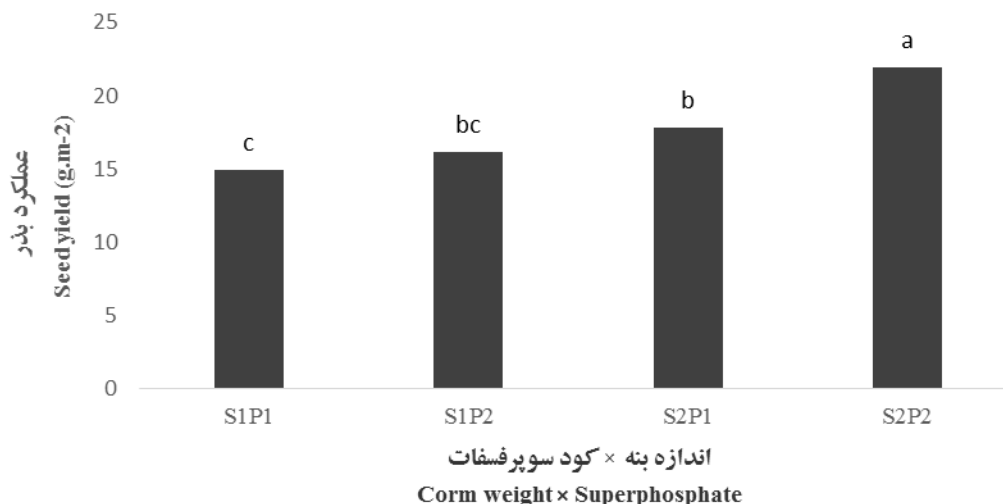
شکل ۲- اثر متقابل کود گاوی × کود سوپرفسفات بر عملکرد بنه گل حسرت در پایان فصل رشد

Figure 2- The interaction effect of cow manure × superphosphate on corm yield of *Colchicum kotschy* at the end of growing season

C1: عدم کاربرد کود گاوی؛ C2: کاربرد ۵۰ تن در هکتار کود گاوی؛ P1: عدم کاربرد کود فسفر؛ P2: ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر
C1: Control, C2: 50 t.ha⁻¹ Cow manure; P1: Control, P2: 25 kg.ha⁻¹ superphosphate

شرایط عدم کاربرد کود فسفر، کمترین عملکرد بذر (۱۴/۹۵ گرم در متر مربع) و وزن خشک دانه در بوته (۰/۹۹۷ گرم) را به خود اختصاص دادند (شکل‌های ۳ و ۴).

اثر متقابل اندازه بنه × کود فسفر بر وزن خشک دانه در بوته و عملکرد دانه معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$), بنه‌های درشت در شرایط کاربرد کود فسفر دارای بیشترین عملکرد دانه (۲۱/۹۱ گرم در متر مربع) و وزن خشک دانه (۱/۴۶۱ گرم) بودند و بنه‌های کوچک‌تر در

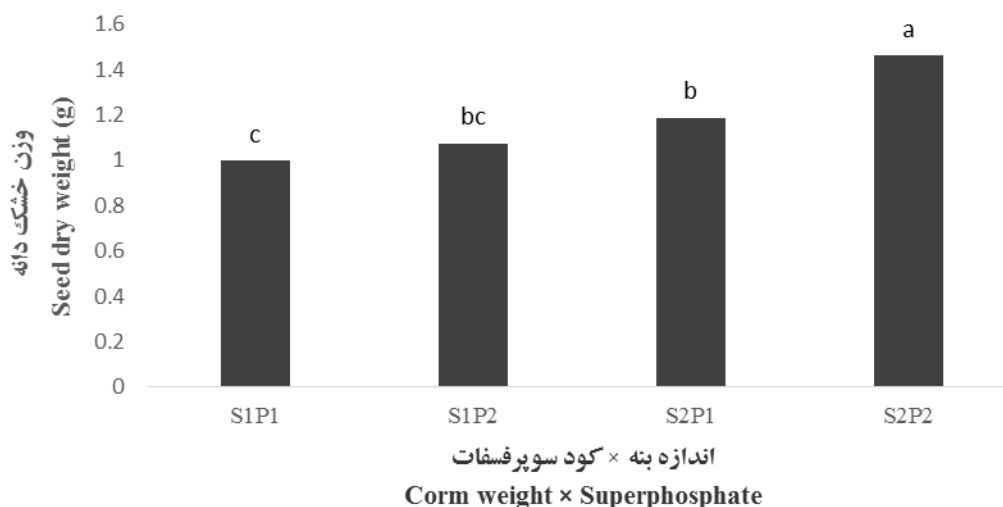


شکل ۳- اثر متقابل اندازه بنه × کود سوپرفسفات بر عملکرد بذر گل حسرت در پایان فصل رشد

Figure 3- The interaction effect of corm weight ×superphosphate on seed yield of *Colchicum kotschy* at the end of growing season

S1: بنه کمتر از ۴۰ گرم؛ S2: بنه بزرگتر از ۴۰ گرم؛ P1: عدم کاربرد کود فسفر؛ P2: ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر

S1: Corm weight less than 40 g, S2: Corm weight more than 40 g; P1: Control, P2: 25 kg.ha⁻¹ superphosphate



شکل ۴- اثر متقابل اندازه بنه × کود سوپرفسفات بر وزن خشک دانه در بوته گل حسرت در پایان فصل رشد

Figure 4- The interaction effect of corm weight ×superphosphate on seed dry weight of *Colchicum kotschy* at the end of growing season

S1: بنه کمتر از ۴۰ گرم؛ S2: بنه بزرگتر از ۴۰ گرم؛ P1: عدم کاربرد کود فسفر؛ P2: ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر

S1: Corm weight less than 40 g, S2: Corm weight more than 40 g; P1: Control, P2: 25 kg.ha⁻¹ superphosphate

نتیجه گیری

کودی بیشتر جهت تعیین بهترین سطح کودی و آزمودن واکنش گیاه به سطوح بالاتر کودهای شیمیایی خصوصاً کود نیتروژن می تواند در افزایش عملکرد کمی و کیفی مناسب نقش مؤثری داشته باشد.

نتایج حاکی از آن است که با کاربرد کود گاوی، خصوصیات مربوط به عملکرد بنه و با کاربرد کود فسفره شاخص های مربوط به عملکرد بنه و بذر بهبود می یابد. به نظر می رسد که استفاده از سطوح

- 1- Ade R., and Rai M.K. 2010. Review: Colchicine, current advances and future prospects. Bioscience, 2:90-96.
- 2- Adnan Y., Aslam Pervez khan M., and Riaz A. 2014. Effects of different Nitrogen, phosphorus and potash fertilizers on growth of *Dahlia coccinea* cv. Decorative. Caderno de Pesquisa, serie Biologia, 18(3): 8-13.
- 3- Ahmad I., Ahmad T., Asif M., Saleem M., and Akram A. 2009. Effect of bulb size on growth, flowering and bulbils production of tuberose. Sarhad Journal of Agriculture, 25(3): 391-398.
- 4- Akram M., Alam O., Usmanghani K., Akhter N., and Asif H.M. 2012. *Colchicum autumnale*: A review. Journal of Medicinal Plants Research, 6: 1489-1491.
- 5- Alirezaei Noghondar M., Aruei H., Rezazadeh Sh., and Shoor M. 2012. Effect of different levels of biological and chemical nitrogen fertilizers on corm yield and colchicine content of *C. Kotschy* Bioss under natural conditions. Journal of Medicinal Plants, 9: 91-103. (In Persian with English abstract)
- 6- Amirdavoodi H., and Babakhanlo P. 2008. Identification of medicinal plants of Markazi province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23: 544- 559.
- 7- Amiri M. 2008. Impact of animal manure and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus*). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science, 4: 274- 279.
- 8- Arefi I., Kafi M., and Khazaei H.R. 2013. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium nutrient elements on yield, and yield components of Persian shallot (*Allium altissimum*). International Journal of Agriculture, 3(3): 516-522.
- 9- Aroiee H., and Omidbaigi R. 2004. Effects of nitrogen fertilizer on productivity of medicinal pumpkin. XXVI International Horticultural Congress: The Future for Medicinal and Aromatic Plants, pp. 415-419.
- 10- Barber S.A. 1995. Soil Nutrient Bioavailability. John Wiley & Sons Inc.
- 11- Bodeker G. 2002. Medicinal Plants: Towards Sustainability and Security. Green College, Oxford, UK.
- 12- Boswell F.C., Meisinger J.J., and Case W.L. 1985. Production, marketing and use of nitrogen fertilizers. p. 229-292. In: Fertilizer Technology and Use. 3rd Edition. Soil Science Society of America Madison WI.
- 13- Boye O., and Brossi A. 1992. Tropolonic Colchicum alkaloids and allo congeners. The Alkaloids. Academic Press, New York.
- 14- Brewster J.L. 1994. Onion and Other Vegetable Alliums. CAB International, UK.
- 15- Cerquaglia C., Diaco M., Nucera G., La Regina M., and Manna R. 2005. Pharmacological and clinical basis of treatment of Familial Mediterranean Fever (FMF) with colchicine or analogues. Current Drug Targets-Inflammation and Allergy, 4: 117-124.
- 16- Chaji N., Khorassani R., Astaraei A., and Lakzian A. 2013. Effect of phosphorus and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of saffron. Journal of Saffron Research, 1: 1-12. (In Persian with English abstract)
- 17- Chatterjee S.K., Nandi R.P., Bharati P., Yonjan B., and Yonzon M.K. 1988. Improvement studies on some alkaloid yielding medicinal plants. Medicinal, Aromatic and Spice Plants, 188: 39-46.
- 18- Eyshi Rezayi E., Kafi M., and Bannayan M. 2013. Nitrogen and cultivated bulb weight effects on radiation and nitrogen-use efficiency, carbon partitioning and production of Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.). Journal of Crop Science and Biotechnology, 16(3): 237-244.
- 19- Frankova L., Cibirova K., Boka K., Gasparikova O., and Psenak M. 2004. The role of the roots in the life strategy of *Colchicum autumnale*. Biologia Bratislava, 13: 87-93.
- 20- Gangadharan G.D., and Gopinath G. 2000. Effect of organic and inorganic fertilizers on growth, flowering and quality of *Gladiolus* cv. White prosperity. Karnataka Journal of Agricultural sciences, 13(2): 401-405.
- 21- Hassanzadeh Aval F., Rezvani Moghaddam P., Bannayan aval M., and Khorasani R. 2013. Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology, 1(1): 22-39.
- 22- Hatamzadeh A., Tehranifar A., and Akbari R. 2012. Effect of planting depth, bulb size and their interactions on growth and flowering of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 12(11): 1452-1456.
- 23- Kabir A.K.M.R., Iman M.H., Mondal M.M.A., and Chowdhury S. 2011. Response of tuberose to integrated nutrient management. Journal of Environmental Science and Natural Resources, 4(2): 55-59.
- 24- Kapila R., Panwar K., and Badiyala D. 1997. Variation and association analysis in domesticated populations of Black caraway (*B. persicum*). Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 19: 709-71.
- 25- Kaplan M.M., Schmid C., Provenzale D., Sharma A., Dickstein G., and McKusic A. 1999. A prospective trial of colchicine and methotrexate in the treatment of primary biliary cirrhosis. Gastroenterology, 117: 1173-1180.
- 26- Karim A., Aslam Khan M., Rehman S.U., and Afzal I. 2013. Different corm sizes affect performance of *Gladiolus grandiflorus* cvs. Red majesty and early yellow. Advances in Zoology and Botany, 1(4): 86-91.

- 27- Katzung G.B. 2004. Basic and Clinical Pharmacology. The McGraw-Hill companies Inc. USA. 133: 627-631.
- 28- Kuepper G. 2000. Manures for organic crop production. ATTRA, Fayetteville AR72702, from [http:// WWW.Attar.org/attar-pub/manures.html](http://WWW.Attar.org/attar-pub/manures.html).
- 29- Mammadov R., Düsen O., Uysal (DEMIR) D., and Köse E. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of extracts from tubers and leaves of *Colchicum balansae* Planchon. Journal of Medicinal Plant Research, 3(10): 767-770.
- 30- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants (2td Ed.). London: Academic Press.
- 31- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia- Luce, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulture, 103: 361-379.
- 32- Mosleh-Deen M.D. 2008. Effect of mother bulb size and planting time on growth, bulb and seed yield of onion. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 33: 531-537.
- 33- Nassiri Mahallati M., Koocheki, A. Boroumand Rezazadeh Z., and Tabrizi L. 2008. Effect of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 5: 155-166. (In Persian with English abstract)
- 34- Omidbaigi R. 2008. Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Ghods Razavi Publication, Mashhad.
- 35- Pant S.S. 2005. Effect of different doses of nitrogen and phosphorus on the corm and cormel development of *Gladiolus* CV. American beauty. Journal of Institute of Agriculture and Animal Sciences, 26: 153-157.
- 36- Persson K. 1992. Liliaceae III. Subfam. I. Wurmbaeoideae. In Rechinger K.H. (ed.) Flora Iranica. Akademische Druck- u. Verlagsanstalt, Graz.
- 37- Pieters A.J., Paul M.J., and Lawlor D.W. 2001. Low sink demand limits photosynthesis under Pi deficiency. Journal of Experimental Botany, 52: 1083-1091.
- 38- Poutaraud A., and Champy N. 1995. Meadow saffron (*Colchicum autumnale* L.) a medical plant to domesticate. Revue Suisse- D Agriculture, 27(2): 93-100.
- 39- Poutaraud A., and Girardin P. 2002. Alkaloids in meadow saffron, *Colchicum autumnale* L. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 9: 63-80.
- 40- Poutaraud A., and Girardin P. 2006. Agronomical and chemical variability of *Colchicum autumnale* accessions. Canadian Journal of Plant Science, 86: 547-555.
- 41- Radanovic D., Antic-Mladenovic S., and Jakovljevic M. 2002. Influence of some soil characteristics on heavy metal content in *Hypericum perforatum* L. and *Achillea millefolium* L. Acta Horticulture, 576: 295-301.
- 42- Rao I.M. 1996. The role of phosphorus in photosynthesis. In Pessarakli, M. (ed.) Handbook of photosynthesis. New York: Marcel Dekker, 173-194.
- 43- Renau-Morata B., Nebauer S.G., Sánchez M., and Molina R.V. 2012. Effect of corm size, water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Industrial Crops and Products, 39: 40-46.
- 44- Sharif Roohani M., Kafi M., and Nezami A. Effect of irrigation regime and sowing depth on yield and yield components of the *Allium* as a medicinal and industrial plant in the meteorological conditions of Mashhad. Journal of Agroecology, 6(2): 219-228. (In Persian with English abstract)
- 45- Teimori S., Behdani M.A., Ghaderi M.G., and Sadeghi B. 2013. Investigation on the effect of organic and chemical fertilizers on morphological and agronomic characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) corm criteria. Journal of Saffron Research, 1(1): 36-47. (In Persian with English abstract)
- 46- White P.J., and Veneklaas E.J. 2012. Nature and nurture: the importance of seed phosphorus content. Plant and Soil, 357: 1-8.
- 47- Zebarth B.J., Neilsen G.H., Hogue E., and Neilsen D. 1999. Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. Canadian Journal of Soil Science, 79: 501-504.



The Effect of Cow Manure, Nitrogen, Phosphorus and Corm Weight on the Yield Characters of *Colchicum* (*Colchicum kotschy* Boiss.)

H. Azizi¹ - P. Rezvani Moghaddam^{2*} - M. Parsa³ - R. Khorasani⁴ - M. Shoor⁵

Received: 02-03-2015

Accepted: 12-04-2016

Introduction: Meadow saffron (*Colchicum*) is a non-domesticated medicinal plant, rich in isoquinoline alkaloids. These alkaloids are used in medicines mainly for their anti-gout and myorelaxant properties. Meadow saffron has an unusual biology that does not favor cultivation. Flowers of Meadow saffron appear in September and fruits mature in June. The corms enter dormancy phase in winter (January to March) and after fruiting in summer (June to September). Each year, a mother corm produces one daughter corm, or sometimes two daughter corms. The uptake of mineral element in plant is a complex process that governed by numerous factors influencing each other. Nitrogen, phosphorus, and potassium application can significantly increase the yield and improve the quality of plants. Meadow saffron need more consider in fertilization managements in comparison with other crops because it has shallow roots than other crops and exposes to more problems in uptake of immobile nutrients in the soil. The object of this study was to determine the effect of different fertilizers and mother corm weight on yield characters of *Colchicum kotschy* Boiss.

Materials and Methods: This experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in two years, 2012- 2013 and 2013-2014. The Corms of *Colchicum kotschy* Boiss. were harvested from natural site of Binalood Mountains during their summer dormancy. The mother corm weight was considered as a factor in the experiment, because of the variation between the collected corms. In order to evaluate fertilizers effect, soil analysis was conducted. So, the experimental factors were: mother corm weight (less than 40 g and more than 40 g), cow manure (0 and 50 t.ha⁻¹), urea (0 and 50 kg.ha⁻¹) and superphosphate (0 and 25 kg.ha⁻¹). Before planting, cow manure and superphosphate were well mixed with soil and urea was added to soil during emergence of leaves. Planting date was 28th August 2012. Planting depth was 12-15 cm and the space between plants was 25 cm. During flowering, flower number was recorded. Plants were harvested when the color of leaves and capsules were changed from yellow to brown, and characteristics such as corm yield, seed yield, biological yield, 1000-seed weight, capsule number, capsule dry weight, seed number, seed dry weight, corm and seed HI were measured. Data analysis was done by SAS Ver. 9. Mean comparisons were done by LSD test at 5% probability.

Results and Discussion: At the first year of experiment, most of transplanted corms did not flower due to transplanting. Therefore, just the results of the second year were presented here. The results showed that mother corm weight had significant effect on the yield ($p \leq 0.05$). The weight of daughter corms was increased by increasing mother corm weight, because of more supply of nutrients. The weight of the corm is basically determined by the amount of total food stored in the corm by the plant through the process of photosynthesis. The initial plant growth and its vigor are determined by the amount of food supplied to the growing plant by the corm. The results showed that seed yield characters were affected by the cultivated corm weight. The most flowers per area unit, capsule number per plant, seed number and dry weight per plant were belonged to heavier cultivated corms. The effect of corm weight on corm HI was not significant ($p \leq 0.05$), but smaller corms had more seed HI than bigger corms ($p \leq 0.05$). The effect of cow manure on most characters was significant ($p \leq 0.05$). Corm yield and corm HI increased in cow manure treatment in comparison with control. Organic fertilizers cause improvement of soil structure, better development of roots, regulation of soil temperature and useful microorganisms, supply of nutrients for plant and supports plant in nutrient absorption. Capsule number, capsule dry weight and seed number per plant were not influenced by cow manure. The number of capsules per plant and the number of seeds per capsule were determined during fertilization. The only parameter that can vary during capsule development was the thousand-seed weight. The results showed that seed dry weight per plant,

1, 2 and 3- Ph.D. Graduate, Professor and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Respectively

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

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

5- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

1000-seed weight, seed yield and seed HI were decreased in cow manure treatment in comparison with control. It seems that cow manure has more effect on vegetative growth and decrease proportion of seed compared to corm in whole plant weight. Meanwhile, the competition between corm and seed for photosynthetic materials may decrease seed dry weight. The effect of superphosphate was significant on some studied characters. Superphosphate utilization was increased corm yield and biological yield compared to control. Many researchers reported that phosphorus that was effective in leaf photosynthesis and carbon metabolism in plants. Phosphorus increased seed dry weight per plant, seed yield and 1000-seed weight. Phosphorus is a very important nutrient in plant nutrition and is more effective in the formation of flower, fruit and seed. Many researches have shown that phosphorus promote reproductive growth.

Conclusion: The results showed that colchicum could have a good response to treatments especially cow manure and superphosphate. It seems that more levels of fertilizers especially urea could improve quantitative and qualitative yield of plant.

Keywords: Chemical fertilizer, Manure, Soranjan, Yield components



اثر فواصل آبیاری و ترکیبات طبیعی ضد تعرق بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره‌وری آب آبیاری سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

زینب صفایی^۱ - مجید عزیزی^{۲*} - حسین آرویی^۳ - غلامحسین داوری نژاد^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶

چکیده

به منظور ارزیابی اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره‌وری آب آبیاری سیاهدانه، تحقیقی در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری (۸ و ۱۶ روز) و در کرت‌های فرعی محلول‌پاشی ترکیبات کیتوزان (۱، ۵/۵، ۲۵/۰ و صفر درصد)، موسیلاژ اسفرزه (۱/۵، ۱، ۵/۵ و صفر درصد) و صمغ عربی (۷۵/۰، ۲۵/۰، ۵/۵ و صفر درصد) با سه تکرار قرار گرفتند. ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، دمای سطح برگ، میزان هدایت روزنه‌ای و شاخص بهره‌وری آب آبیاری اندازه‌گیری شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که بین تیمارها از نظر تمامی صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بهترین میزان صفات مورد اندازه‌گیری در دور آبیاری ۸ روز و تیمار کیتوزان مشاهده شد. محلول‌پاشی کیتوزان با ایجاد شرایط مناسب نظیر کاهش دمای برگ، میزان هدایت روزنه‌ای و افزایش شاخص بهره‌وری آب آبیاری موجب بهبود صفات مورفولوژیکی نسبت به شرایط تنش در فواصل آبیاری ۱۶ روز شد. محلول‌پاشی با تیمار صمغ عربی نه تنها موجب بهبود صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره‌وری آب آبیاری نشد، بلکه به عنوان یک عامل بازدارنده تعیین شد. کلیه ترکیبات طبیعی ضد تعرق میزان هدایت روزنه‌ای و دمای سطح برگ را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش دادند. به نظر می‌رسد استفاده از ترکیب طبیعی کیتوزان می‌تواند در شرایط تنش رطوبتی به عنوان یک ماده ضد تعرق در شرایط آب و هوایی مشهد مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات ضد تعرق، تنش خشکی، دمای گیاه، گیاه دارویی، میزان هدایت روزنه‌ای

مقدمه

فعالیت‌های فیزیولوژی گیاه، مستقیماً یا به طور غیرمستقیم دچار اختلال می‌گردد. از آنجائی که وجود فشار تورمی بالای سلولی برای انجام فعالیت‌های مهم فیزیولوژی از جمله رشد سلول‌ها و حرکات روزنه‌ها ضروری است. از بین تنش‌های غیرزنده، تنش آبی از لحاظ وقوع، شدت، طول دوره و زمان آن در رابطه با فتولوژی گیاه بسیار غیرقابل پیش‌بینی است (۷ و ۱۸). ایران با متوسط ۲۴۰ میلی‌متر نزولات آسمانی در گروه مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌گردد. بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل، باعث توجه بیشتری به مطالعه در مورد اثرات تنش خشکی شده است. با کاهش میزان تلفات آب از طریق تبخیر و تعرق می‌توان علاوه بر کاهش مصرف آب، ضمن حفظ منابع آب موجود و استفاده بهینه از آنها، از افزایش شوری خاک در بخش‌های وسیعی از کشور نیز تا حدی جلوگیری کرد. در این بین کاربرد مواد ضد تعرق یک ابزار نوید بخش برای تنظیم تعرق در حفظ آب گیاه در حد مطلوب است که استراتژی‌هایی مانند استفاده از مواد ضد تعرق، پتانسیل تنظیم تعرق را دارد (۱، ۳۶ و ۳۷). ماده ضد تعرق از طریق ساز و کارهایی از قبیل

امروزه با توجه به اثرات جانبی داروهای شیمیایی، مصرف و اهمیت گیاهان دارویی از گسترش روزافزونی برخوردار شده است. سیاهدانه گیاهی است دولپه، علفی و یکساله با نام علمی (*Nigella sativa* L.) متعلق به خانواده آلاله (Ranunculaceae) می‌باشد. دانه‌های رسیده آن از لحاظ غذایی و دارویی حائز اهمیت است (۲۹ و ۸). آب ماده‌ای حیاتی برای رشد و نمو گیاه می‌باشد. تنش ناشی از کمبود آب چه به شکل مستمر و چه به صورت موقت، رشد و توزیع پوشش گیاه طبیعی را محدود می‌کند و بیش از هر عامل محیطی دیگری بر روی گیاهان کشت شده تأثیر دارد. گیاهان با روش‌های گوناگونی در برابر تنش آبی مقاومت می‌کنند. در تنش آبی

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد، دانشیار و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: azizi@um.ac.ir)
(*) نویسنده مسئول

بستن روزنه‌ها، انعکاس بیشتر نور خورشید و کاهش رشد اندام‌های هوایی، در افزایش مقاومت گیاه به شرایط کمبود آب مؤثر می‌باشند (۲۴). کیتوزان یک پلی ساکارید با وزن مولکولی بالاست که به عنوان یکی از اجزای اصلی ساختاری پوشش خارجی سخت پوستان و حشرات می‌باشد و همچنین به صورت تجاری از پوست خرچنگ دریایی و میگو بدست می‌آید. کیتوزان در بسیاری از فرایندهای زیستی در گیاه، از جمله سنتز مهارکننده‌های پروتئاز و افزایش چوبی شدن دخیل می‌باشد کیتوزان با تحریک بیوسنتز اسید آسزیک بر میزان گشودگی روزنه‌ها و میزان هدر رفتن آب در گیاه نقش دارد. این ترکیب در بیان برخی از ژن‌های مقاومت در گیاه و همچنین در تولید برخی از متابولیت‌های ثانویه نقش دارد (۹ و ۴). صمغ‌ها و موسیلاژها به موادی اطلاق می‌شوند که قدرت تشکیل ژل را دارند، این مواد از تراوشات درختان و بوته‌ها، عصاره‌های گیاهی، پودر دانه‌ها، بذرها، مواد چسپناک حاصل از فرایندهای تخمیری و از بسیاری از فرایندهای طبیعی دیگر به دست آمده‌اند. موسیلاژها ترکیباتی کربوهیدراتی، با ساختار شیمیایی پیچیده، دارای مولکول‌های بزرگ با وزن مولکولی زیاد که در آب حل شده و پس از جذب آب متورم و محلول‌های چسبناکی تشکیل می‌دهند (۸). ایریتی و همکاران (۲۰) اثر کاربرد ماده ضد تعرق کیتوزان را بر رابطه فتوسنتز و آب در گیاه فلفل شیرین مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که در اثر مصرف این ماده ضد تعرق، سرعت فتوسنتز افزایش یافت. همچنین ماده ضد تعرق باعث بهبود راندمان آب مصرفی و مقاومت گیاه فلفل به خشکی شد. کاروپا و همکاران (۲۵) طی تحقیقی اثر مواد ضد تعرق مختلف کائولین، فینل مرکوریک استات، سالیسیلیک اسید و پارافین مایع را روی بادمجان بررسی کردند و گزارش کردند که مواد ضد تعرق به طور قابل توجهی، زیست‌توده گیاه، تعداد شاخه‌ها، ارتفاع گیاه، سطح برگ و تعداد گل‌ها را افزایش دادند. دل آمارو و همکاران (۹) اثر ترکیب ضد تعرق کیتوزان بر گیاه لوبیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد کیتوزان با تحریک سنتز اسید آسزیک در گیاه تیمار شده موجب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و مقدار آب در گیاه تیمار شده می‌شود. هدف از انجام تحقیق حاضر، امکان بهبود صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و شاخص بهره‌وری آب آبیاری گیاه دارویی سیاهدانه توسط ترکیبات ضد تعرق تحت شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بر روی گیاه دارویی سیاهدانه به اجرا درآمد. پیش از شروع آزمایش از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه برداری و آنالیز انجام شد (جدول ۱). این تحقیق با استفاده از آزمایش

کرت‌های خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد به طوری که در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری (۸ و ۱۶ روز) و در کرت‌های فرعی محلول‌پاشی ترکیبات ضد تعرق کیتوزان (۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و صفر درصد)، موسیلاژ اسفرزه (۱/۵، ۱، ۰/۵ و صفر درصد) و صمغ عربی (۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵ و صفر درصد) با سه تکرار قرار داده شدند. تیمار شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شد. بذور سیاهدانه، اسفرزه و صمغ عربی از عطاری معتبر در مشهد تهیه شد. ترکیب ضد تعرق کیتوزان از شرکت سیگما آلدیج تهیه شد و مقدار گرم ماده مورد نیاز را برای هر بار محلول‌پاشی نمودن در محلول ۱ درصد اسید استیک حل نموده و به درصد مورد نیاز رسانیده شد. به منظور تهیه موسیلاژ از بذر گیاه مورد نظر، ۲۰۰ گرم بذر گیاه اسفرزه را با ۱۰ برابر آب مقطر به حجم رسانده و آن را بر روی دستگاه لرزاننده قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت موسیلاژ به طور کامل در جدار خارجی بذور رسوب نموده و با مالش شدید بذرها و گذراندن آنها از پارچه لمل موسیلاژ از بذر جدا شد. به منظور تعیین درصد ماده خشک موسیلاژ، ۳ نمونه از موسیلاژ به حجم ۱ میلی‌لیتر را جدا نموده و در شیشه ساعت توزین شده قرار داده شد. سپس به آن ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها آنها را وزن نموده و درصد ماده خشک موسیلاژ استخراج شده تعیین شد. به منظور تهیه غلظت‌های صمغ عربی ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم صمغ را در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل کرده و به مدت ۲۴ ساعت بر روی دستگاه لرزاننده قرار گرفت و سپس به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. طول هر کرت فرعی ۱/۵ متر و عرض آن ۱ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین در یک بلوک فاصله کرت‌های اصلی ۱ متر و فاصله بین دو بلوک ۲ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور روی هم اثری نداشته باشد. تاریخ کاشت ۲۸ فروردین ماه بود و کاشت به صورت دستی در شیارهایی با عمق ۰/۵ سانتی‌متر انجام گرفت. تراکم اولیه بوته‌ها در زمان کاشت ۲۵۰ بوته در کرت بود که با عملیات تنک کردن در مرحله چهار و شش برگی به ۵۰ بوته رسانیده شد. جهت یکنواختی در سبز شدن بذور، پس از کاشت آبیاری متوالی صورت گرفت و اعمال تیمار آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه در مرحله شش برگی آغاز شد و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ادامه یافت. آبیاری در کرت‌ها با یک حجم مشخص آب انجام شد. ابتدا یک کرت را به صورت آزمایشی با یک مقدار مشخص آب، آبیاری نموده بطوری که پشته‌های کرت کاملاً خیس شد. سپس حجم آب مصرفی کرت را تعیین نموده (۴۰۰ متر مکعب در هکتار که این حجم آب مصرفی در حد میانگین نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شد) و آبیاری در فواصل ذکر شده (۸ روز و ۱۶ روز) بر اساس آن انجام شد. ترکیبات ضد تعرق همزمان با اعمال تنش خشکی تا مرحله گلدهی، هفته‌ای یکبار در هنگام غروب آفتاب محلول‌پاشی شدند. که در

(۳۰/۶۴ سانتی متر) به ترتیب در فواصل آبیاری ۸ روز و ۱۶ روز مشاهده گردید، همچنین بین سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق اختلاف معنی داری مشاهده شد. بیشترین و کمترین ارتفاع با میانگین (۳۴/۱۴ و ۳۰/۶۴ سانتی متر) به ترتیب در تیمار کیتوزان ۱ درصد و تیمار ۰/۲۵ درصد صمغ عربی مشاهده گردید (جدول ۳). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر تعداد شاخه های گل دهنده معنی دار بود ($p \leq 0.01$), در حالی که اثر متقابل این دو معنی دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین تعداد شاخه گل دهنده (۵/۹۵ عدد) و کمترین (۵/۰۹ عدد) به ترتیب در تیمارهای فواصل آبیاری ۸ روز و ۱۶ روز مشاهده گردید (جدول ۳). در بین ترکیبات ضد تعرق تیمار کیتوزان ۱ درصد دارای بیشترین تعداد ساقه گل دهنده (۶/۴۷ عدد) و صمغ عربی ۰/۲۵ درصد دارای کمترین تعداد ساقه گل دهنده (۴/۹۳ عدد) بودند. بین سطح ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد ترکیب کیتوزان نسبت به شاهد اختلاف معنی دار نبود. همچنین سطوح مختلف موسیلاژ و صمغ نسبت به هم اختلاف معنی داری نداشتند ولی نسبت به شاهد اختلاف معنی دار بود (جدول ۳). همچنین اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر تعداد شاخه گل دهنده معنی دار نشد ($p \leq 0.01$), (جدول ۲). نتایج حاصل با نتایج بحرینی نژاد و همکاران (۵), صفی خانی و همکاران (۳۴) و ال مکاوی (۱۰) از لحاظ کاهش رشد مطابقت دارد. یکی از اولین نشانه های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه اختلال در رشد و توسعه سلول ها به ویژه در ساقه و برگ می باشد. با کاهش رشد سلول اندازه اندام محدود می شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی گیاهان را می توان اندازه کوچکتر برگ ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (۳۴). کاظم پور و تاج بخش (۲۴) گزارش کردند که رشد گیاه نه تنها بستگی به تجمع مواد خام از طریق فتوسنتز و جذب عناصر دارد، بلکه به حفظ پتانسیل زیاد آب گیاه جهت طویل شدن سلول ها بستگی دارد و مواد ضد تعرق از طریق بستن روزنه ها و افزایش مقاومت به انتشار بخار آب از برگ ها موجب افزایش پتانسیل آب در سلول های برگ و نهایتاً رشد اندام ها می شوند. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر شاخص سطح برگ معنی دار بود ($p \leq 0.01$), در صورتی که اثر متقابل این دو معنی دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری شاخص سطح برگ کاهش یافت، بطوری که بیشترین شاخص سطح برگ (۰/۲۲) و کمترین (۰/۱۸) به ترتیب در فواصل آبیاری ۸ روز و ۱۶ روز مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین بیشترین شاخص سطح برگ (۰/۲۳) و کمترین (۰/۱۸) به ترتیب در تیمار کیتوزان ۱ درصد و صمغ عربی ۰/۲۵ درصد مشاهده گردید. همچنین بین سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق نسبت به هم اختلاف معنی دار نبود (جدول ۳). نتایج حاصل با نتایج نبی پور و همکاران (۳۲)، خالد و همکاران (۲۸) از لحاظ کاهش رشد مطابقت

مجموع تعداد دفعات محلول پاشی چهار مرتبه بود. به منظور انجام آنالیزهای رشد، نمونه برداری گیاهان از دو ردیف وسط هر کرت با حذف اثرات حاشیه ای و بصورت تصادفی از هر کرت آزمایشی ۷ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفاتی از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و سطح برگ اندازه گیری شد. تعداد ردیف های کاشت در هر کرت شش ردیف بود. برای تعیین سطح برگ از دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل (LI-3000A, USA) استفاده شد. میزان هدایت روزنه ای (g) با محاسبه میلی مول بخار آب خارج شده از برگ در واحد سطح برگ و زمان بوسیله سنجنده هدایت روزنه ای مدل Sc-L^۱ انجام گرفت. اندازه گیری دمای سطح برگ بوسیله دماسنج مادون قرمز^۲ مدل TN568 انجام گرفت. برای اندازه گیری این صفت، بعد از محلول پاشی با ترکیبات ضد تعرق، هفته اول تیرماه دو بار در ساعات ۱۱-۱۰ صبح و دیگری ساعات ۱۵-۱۳:۳۰ بعد از ظهر اقدام به اندازه گیری دمای گیاه گردید. تعداد اندازه گیری از هر کرت ۱۰ مرتبه بود که با میانگین گیری دمای پوشش گیاهی هر کرت محاسبه شد. برای اندازه گیری دمای هوا، یک دماسنج معمولی در مزرعه کار گذاشته شد. سپس اختلاف دمای گیاه با دمای محیط برای هر کرت با استفاده از معادله زیر بدست آمد:

دمای محیط - دمای برگ = اختلاف دمای پوشش گیاهی با محیط

شاخص بهره وری آب آبیاری برای تولید دانه از تقسیم عملکرد دانه بر میزان آب مصرفی در واحد سطح بدست آمد.

عملیات برداشت هنگامی که رنگ بوته ها متمایل به زرد شده ولی هنوز کپسول ها شکاف بر نداشته بودند در تاریخ های ۲۵ تیرماه (فواصل آبیاری ۱۶ روز) و ۵ مرداد ماه (فواصل آبیاری ۸ روز) انجام شد. پس از حذف حاشیه ها سطح باقیمانده برای تعیین عملکرد دانه تعیین گردید. برای تجزیه واریانس داده های آزمایش و رسم نمودارها، به ترتیب از نرم افزارهای SAS و Minitab-16 و Excel استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین ها در سطح احتمال یک درصد و براساس آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر ارتفاع بوته معنی دار شد ($p \leq 0.01$), در صورتی که اثر متقابل این دو معنی دار نبود (جدول ۲). بیشترین میانگین ارتفاع بوته ها (۳۲/۸۷ سانتی متر) و کمترین ارتفاع

1- Sc-L Leaf Porometer for Stomatal Conductance Measurements
2- TN568 Infrared thermometer

دارد. در شرایط تنش خشکی گیاه با کاهش تعداد و کوچکتر کردن برگ، سطح فتوسنتز کننده خود را کاهش می‌دهد و متعاقب کاهش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد و این رویداد باعث کاهش سطح برگ می‌شود (۲۷ و ۳). کاهش رشد سلول‌ها در اثر کم آبی در درجه اول باعث کاهش رشد برگ‌ها می‌شود که با کاهش سطح برگ گیاه آب کمتری از دست می‌دهد. بنابراین محدود شدن

سطح برگ را می‌توان به عنوان یکی از ساز و کارهای دفاعی گیاه در برابر خشکی در نظر گرفت (۳۴ و ۳). کلپر و ریک من (۲۳) گزارش کردند که کاهش سرعت تثبیت کربن کانوپی در طی دوره خشکی علت کاهش سطح برگ فتوسنتز کننده است. همچنین تنش خشکی منجر بافزایش تولید رادیکال‌های آزاد در برگ‌ها شده و رادیکال‌های آزاد موجب القای تنش اکسیداتیو و آسیب به برگ می‌شوند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physicochemical properties of soil

اسیدیته خاک pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	نیترژن کل Total N (%)	فسفر P (mg/kg)	پتاسیم K (mg/kg)	بافت خاک Soil texture
7.8	1.21	0.3	19.7	334	لوم رسی Clay loam

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر صفات مورد بررسی سیاهدانه (*Nigella sativa*)Table 2- Analysis of variance for some traits of *Nigella sativa* L. affected by different irrigation intervals and anti-transpiration compounds

میانگین مربعات Mean squares									
منابع تغییر V.O.S	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ LAI	تعداد شاخه فرعی Number of branches	عملکرد دانه Seed yeild	شاخص بهره وری آب آبیاری برای تولید دانه Irrigation water efficiency index for seed production	دمای برگ صبح Leaf temperature (Morning)	دمای برگ عصر Leaf temperature (Evening)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance
تکرار Replication	2	0.88 ^{ns}	0.003**	0.81 ^{ns}	2178.6 ^{ns}	1.36 ^{ns}	9.32**	2.6 ^{ns}	1.31**
دور آبیاری Irrigation interval	1	70.63**	0.024**	33.75**	280030**	0.17**	24.06**	35.26**	0.8**
خطای اصلی Error _a	2	0.097	0.0001	0.95	991.01	0.00045	6.01	0.06	1.34
ترکیبات ضد تعرق Anti- transpiration compounds	9	16.9**	0.002**	7.64**	28594.7**	0.05**	22.29**	58.17**	284.66**
دور آبیاری × ترکیبات ضد تعرق Irrigation interval × Anti- transpiration	9	1.84 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	1.08 ^{ns}	4365.12**	0.0002 ^{ns}	1.14 ^{ns}	5.67**	10.71**
خطای فرعی Error _b	36	0.65	0.0003	0.3	796.2	0.0002	0.74	0.87	0.053

** : وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} : عدم وجود اختلاف معنی دار

** : significant at the 1% of probability level and ^{ns} : not significant

میزان هدایت روزنه‌ای

اثر سطوح آبیاری بر میزان هدایت روزنه‌ای معنی‌دار شد ($p \leq 0/01$)، (جدول ۲). با اعمال تنش شدید هدایت روزنه‌ای نسبت به تنش ملایم افزایش یافت. بیشترین هدایت روزنه‌ای در تیمار فواصل آبیاری ۱۶ روز ($33/17$ میلی‌مول $\text{CO}_2/\text{متر مربع}$ در ثانیه) و کمترین میزان آن در تیمار فواصل آبیاری ۸ روز ($31/56$ میلی‌مول $\text{CO}_2/\text{متر مربع}$ در ثانیه) مشاهده شد (جدول ۳). نتایج حاصل با نتایج دل‌آمارو و همکاران (۹) و فلکساس و همکاران (۱۱) مطابقت دارد. کاهش میزان هدایت روزنه‌ای در تیمار تنش شدید به سبب بروز مکانیزم‌های مقاومتی گیاه نسبت به نگه داشتن روزنه‌ها در شرایط خشکی می‌باشد. باز شدن روزنه‌ها نتیجه افزایش پتانسیل فشاری سلول‌های محافظ روزنه نسبت به سلول‌های اطراف آن می‌باشد. این آماس عکس العمل‌های گیاه نسبت به محرک‌های محیطی است که بعضی مواقع این محرک، ورود یون پتاسیم می‌باشد که بر تنظیم فشار اسمزی اثر می‌گذارد. نور، پائین بودن غلظت دی‌اکسید کربن و آبسزیک اسید و آب کافی از جمله عواملی هستند که ورود یون پتاسیم را به داخل سلول‌های روزنه تحریک می‌نمایند. بنابراین تنش آب می‌تواند اندازه شکاف روزنه‌ها را کاهش داده و ممکن است این عمل را از طریق آبسزیک اسید انجام دهد (۱۲، ۳۰ و ۳۳). اثر تیمار ترکیبات ضد تعرق بر میزان هدایت روزنه‌ای معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$). کمترین و بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب در تیمار کیتوزان در سطح ۱ درصد ($27/58$ میلی‌مول $\text{CO}_2/\text{متر مربع}$ در ثانیه) و تیمار صمغ عربی در سطح ۰/۲۵ درصد ($36/23$ میلی‌مول $\text{CO}_2/\text{متر مربع}$ در ثانیه) بدست آمد (جدول ۳). تیمار کیتوزان نسبت به سایر ترکیبات ضد تعرق میزان هدایت روزنه‌ای را بصورت معنی‌داری کاهش داد. با انجام مقایسات بین سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضد تعرق مشخص شد که اثر متقابل بسیار معنی‌داری وجود دارد ($p \leq 0/01$). بطوری‌که بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای ($43/24$ میلی‌مول $\text{CO}_2/\text{متر مربع}$ در ثانیه) مربوط به تیمار شاهد در فواصل آبیاری ۱۶ روز و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای ($26/37$ میلی‌مول $\text{CO}_2/\text{متر مربع}$ در ثانیه) مربوط به تیمار کیتوزان در سطح ۰/۵ درصد و در فواصل آبیاری ۸ روز مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد ترکیبات ضد تعرق کاملاً وابسته به وضعیت آبی گیاه می‌باشد. میزان هدایت روزنه‌ای در فواصل آبیاری مختلف متغیر بود و کاملاً وابسته به نوع غلظت ترکیب ضد تعرق مورد استفاده بود. ترکیب صمغ عربی و موسیلاژ نسبت به کیتوزان میزان هدایت روزنه‌ای بیشتری داشتند.

اختلاف دمای پوشش گیاهی با محیط

با اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی در دو بازه زمانی (۱۱-۱۰ صبح و ۱۵-۱۳/۳۰ بعد از ظهر) مشخص شد که اختلاف معنی‌داری

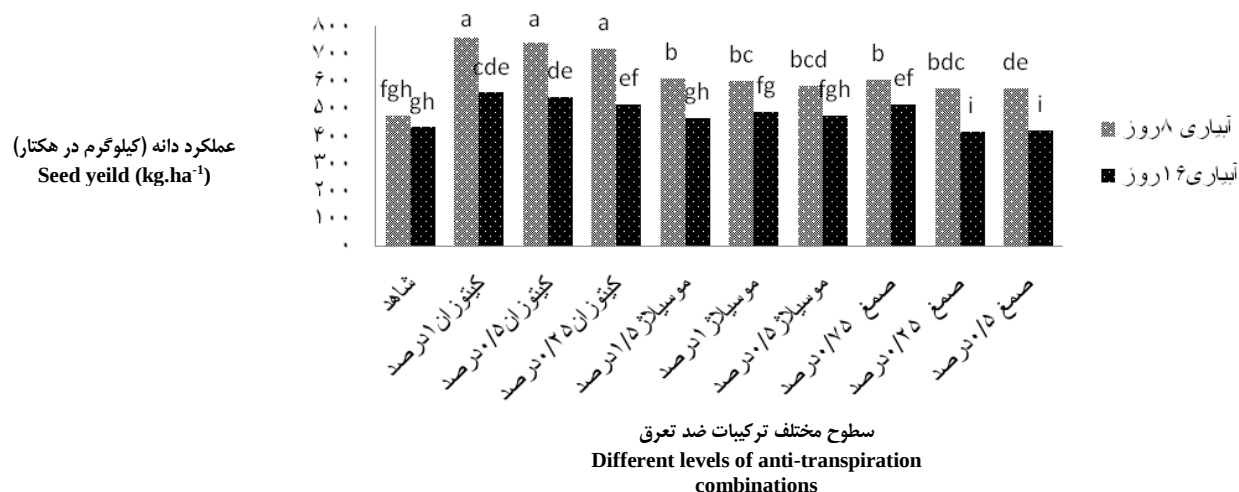
بین دمای اندازه‌گیری شده در فواصل آبیاری مختلف وجود داشت ($p \leq 0/01$)، (جدول ۲). بیشترین ($4/7$ سلسیوس) و کمترین ($1/4$ سلسیوس) دمای پوشش گیاهی به ترتیب در بازه زمانی ۱۱-۱۰ صبح مربوط به فواصل آبیاری ۱۶ روز و ۸ روز بود. همچنین بیشترین ($13/02$ سلسیوس) و کمترین ($11/53$ سلسیوس) دمای پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۵-۱۳/۳۰ به ترتیب مربوط به فواصل آبیاری ۱۶ روز و ۸ روز بود (جدول ۳). بالا بودن دمای پوشش گیاهی در فواصل آبیاری ۱۶ روز را می‌توان به بسته بودن روزنه‌ها به علت حساسیت به کمبود آب دانست که در نتیجه آن تعرق صورت نگرفته و دمای برگ افزایش یافته است. با افزایش درجه حرارت، تنفس افزایش می‌یابد. بین تنفس نوری و فتوسنتز، اثرات متقابلی در واکنش به تغییر درجه حرارت ظاهر می‌شود (۱). گلن و پوترکا (۱۶) گزارش کردند که دلیل تغییرات دمای سطح برگ وابسته به وضعیت آبی گیاه و میزان گشودگی روزنه‌ها می‌باشد. قرارگیری گیاه در شرایط تنش رطوبتی، دمای سطح برگ را به سبب کاهش گشودگی روزنه‌ای و کاهش میزان تبادلات گازی افزایش می‌دهد. مقایسه میانگین دما بین ترکیبات ضد تعرق در بازه زمانی ۱۱-۱۰ صبح اختلاف معنی‌داری را بین ترکیبات ضد تعرق نشان داد ($p \leq 0/01$). در بین این تیمارها، تیمار کیتوزان ۱ درصد بیشترین اختلاف را با تیمار شاهد نشان داد و در پایین‌ترین سطح دمایی قرار گرفت. دمای اندازه‌گیری شده در بازه زمانی ۱۵-۱۳/۳۰ بعد از ظهر بین سطوح ترکیبات ضد تعرق اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p \leq 0/01$). در بین تیمارها، تیمار ۱ درصد کیتوزان بیشترین اختلاف را با تیمار شاهد نشان داد (جدول ۳). اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر دمای پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۵-۱۳:۳۰ بعد از ظهر معنی‌دار شد ($p \leq 0/01$). بطوری‌که بالاترین دمای پوشش گیاهی در تیمار شاهد در فواصل آبیاری ۱۶ روز و کمترین دمای پوشش گیاهی در ترکیب کیتوزان ۱ درصد در فواصل آبیاری ۸ روز مشاهده شد (شکل ۲). این اختلاف دمایی را می‌توان به افزایش آب نسبی برگ و کاهش جذب انرژی نورانی خورشید به سبب افزایش بازتاب آن نسبت داد. ترکیبات ضد تعرق با ایجاد هماهنگی بین میزان گشودگی روزنه‌ای و میزان تبادلات گازی بر میزان دمای سطح برگ تأثیر می‌گذارند (۳۰ و ۱).

عملکرد دانه

اثر فواصل آبیاری، ترکیبات ضد تعرق و اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) حاکی از آن است که با افزایش فواصل آبیاری عملکرد دانه کاهش یافت. در سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق نسبت به شاهد عملکرد دانه بالاتری مشاهده شد. بالاترین میزان عملکرد دانه ($658/5$ کیلوگرم در هکتار)

دلیل قرار گرفتن گیاه در شرایط مساعد، تمایل دارد که شرایط مساعد محیطی را که در اثر محلول پاشی ترکیبات ضد تعرق ایجاد شده است را جهت تکمیل فاز زایشی به کار گیرد. شاید بتوان گفت که افزایش عملکرد دانه در شرایط مطلوب آبیاری، بیشتر به دلیل تأثیر آن بر تعداد کپسول در هر بوته به صورت مستقیم و افزایش تعداد دانه در هر بوته به صورت غیرمستقیم بوده است. افزایش عملکرد دانه را می توان به رشد رویشی بهتر، توسعه کانوبی و در نتیجه استفاده بهتر از تشعشع خورشیدی و فتوسنتز بالاتر در شرایط آبیاری مطلوب نسبت داد (۳۷).

در تیمار کیتوزان ۱ درصد و کمترین عملکرد دانه (۴۵۴/۳۱) کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد مشاهده شد. اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بطوری که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب (۸ روز) و ترکیب ضد تعرق کیتوزان ۱ درصد حاصل شد (شکل ۱). تاکیوریا و همکاران (۳۷) گزارش کردند ترکیبات ضد تعرق عملکرد دانه را در گیاه آفتابگردان افزایش داد. محلول پاشی ترکیبات ضد تعرق در شرایط تنش خشکی، با توجه به تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه ها که هر سه از اجزای عملکرد سیاهدانه محسوب می شوند، منجر به حصول حداکثر عملکرد دانه شده است. به

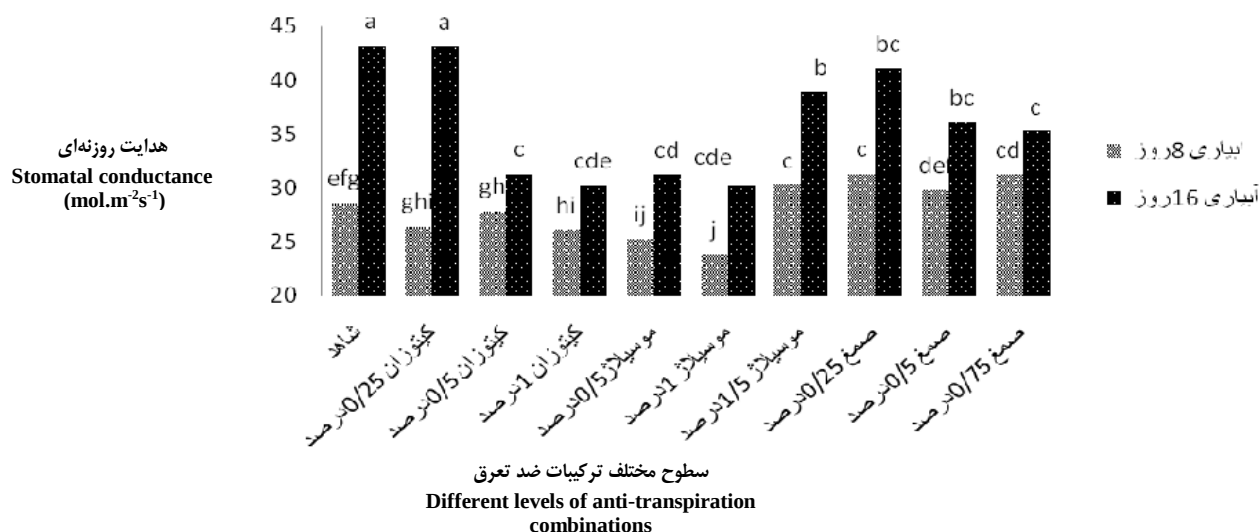


شکل ۱- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضد تعرق بر عملکرد دانه سیاهدانه (*Nigella sativa*). (LSD, $p \leq 0.01$)
Figure 1- Interaction effect of irrigation intervals × anti-transpiration compounds on seed yield of *Nigella sativa* L. (LSD, $p \leq 0.01$)

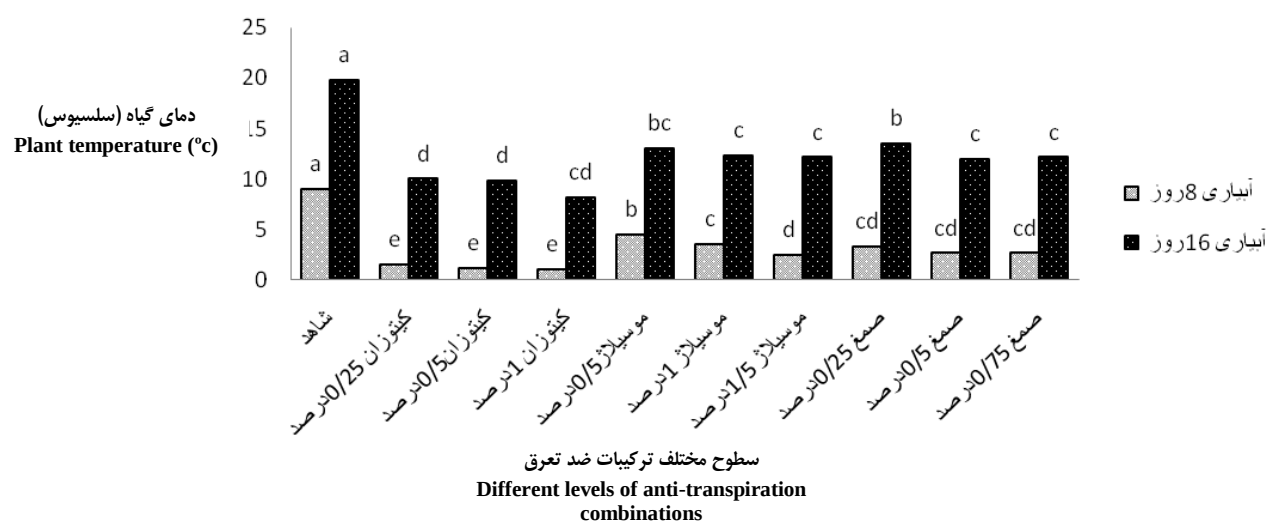
اتلاف آب است که بوسیله کاهش گشودگی و هدایت روزنه ای انجام می گیرد (۹). ترکیبات ضد تعرق با مکانیزم های از جمله تأثیر بر میزان فتوسنتز، تغییر دمای سطح برگ، کاهش میزان تعرق و میزان گشودگی روزنه ها و با دخالت در سنتز برخی از هورمون ها موجب بهبود بهره روی آب مصرفی در گیاه می شوند (۶). هورمون آبسزیک اسید نقش کلیدی را در تنظیم آب در گیاهان ایفا می کند. این هورمون با کاهش میزان گشودگی روزنه ها و میزان تعرق موجب افزایش شاخص بهره روی آب آبیاری در گیاهان تحت تنش خشکی می شود. ترکیب کیتوزان فعالیتی مشابه با هورمون آبسزیک اسید را ایفا می کند بنظر می رسد که با توجه به یکسان بودن آب مصرفی برای تمام سطوح ترکیبات ضد تعرق، بهبود شاخص بهره روی آب آبیاری بر تولید دانه و عملکرد بیولوژیکی تحت تأثیر و ترکیبات ضد تعرق کیتوزان را می توان به افزایش عملکرد دانه در این تیمار نسبت داد (۹ و ۶).

شاخص بهره روی آب آبیاری برای تولید عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که شاخص بهره روی آب آبیاری بر تولید دانه تحت تأثیر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق در سطح ۱ درصد معنی دار شد. اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر شاخص بهره روی آب آبیاری بر تولید دانه معنی دار نشد. کاهش معنی دار شاخص بهره روی آب آبیاری بر تولید دانه در شرایط تنش شدید را می توان مرتبط به کاهش زیاد عملکرد دانه دانست. کاربرد ترکیب ضد تعرق کیتوزان شاخص بهره روی آب آبیاری بر تولید دانه در سیاهدانه را به طور معنی داری افزایش داد. غلظت ۰/۵ و ۱ درصد کیتوزان و تیمار شاهد بترتیب دارای بیشترین و کمترین شاخص بهره روی آب آبیاری بودند. قمرنیا و همکاران (۱۷) کاهش بازده مصرف آب سیاهدانه در شرایط تنش رطوبتی را ناشی از کاهش شدید فتوسنتز در مقایسه با تنفس گیاه گزارش کردند. اولین مکانیزم دفاعی گیاهان در برابر کاهش آب در اطراف خود جلوگیری از



شکل ۲- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضد تعرق بر میزان هدایت روزنه‌ای سیاهدانه (*Nigella sativa*) (LSD, $p \leq 0.01$)
Figure 2- Interaction effect of irrigation intervals × anti-transpiration compounds on stomatal conductance of *Nigella sativa* L. (LSD, $p \leq 0.01$)



شکل ۳- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضد تعرق بر دمای برگ گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa*) (LSD, $p \leq 0.01$)
Figure 3- Interaction effect of irrigation intervals × anti-transpiration compounds on leaf temperature of *Nigella sativa* L. (LSD, $p \leq 0.01$)

نتیجه گیری

ترکیبات تأثیر مثبتی را بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه در شرایط تنش خشکی داشتند. دمای سطح برگ و هدایت روزنه‌ای اندازه‌گیری شده نیز در شرایط کاربرد ترکیبات ضد تعرق نسبت به نمونه شاهد کمتر مشاهده شد. محلول پاشی ترکیب ضد تعرق کیتوزان نسبت به شاهد موجب تقلیل اثر تنش خشکی شد و اثرات منفی تنش خشکی را بهبود بخشید. تیمار کیتوزان ۱ درصد با ایجاد شرایط مناسب باعث افزایش عملکرد تحت شرایط تنش خشکی گردید.

در این پژوهش مشاهده شد سیاهدانه نسبت به آبیاری واکنش مثبتی از خود نشان داد، بطوری که بالاترین عملکرد و سایر صفات مورد بررسی در فاصله آبیاری ۸ روز مشاهده شد. نتایج حاصل از سطوح مختلف ترکیبات ضد تعرق نشان داد که کاربرد ترکیبات ضد تعرق به سبب تأثیر مستقیم بر محتوای آب درون بافتی و افزایش مقاومت گیاه به شرایط نامساعد محیطی بر روی خصوصیات مورفولوژی گیاه سیاهدانه تأثیر مثبتی را داشته است. همچنین این

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضد تعرق بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)
Table 3- Mean comparisons of morphological and physiological traits of *N. sativa* L. under different levels of irrigation intervals and anti-transpirant compounds

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص سطح برگ LAI	تعداد شاخه گلدهنده Number of branches	عملکرد دانه Seed yeld (kg.ha ⁻¹)	شاخص بهره وری آب آبیاری برای تولید دانه Irrigation efficiency Index (For seed production) (kg/m ³)	دمای برگ صبح Leaf temperature (Morning)	دمای برگ عصر Leaf temperature (Evening)	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance (mol.m ⁻² s ⁻¹)
فواصل آبیاری Irrigation interval								
۸ روز 8 days	32.87a	0.22a	5.95a	621.56a	1.55a	1.4a	11.53b	31.5b
۱۶ روز 16 days	30.64b	0.18b	5.09b	484.23b	1.21b	4.76a	13.06a	33.17a
ترکیبات ضد تعرق Anti-transpirant compounds								
شاهد control	30.8d	0.18e	5.61bc	454.31b	1.13e	9a	19.83a	35.83ab
کیتوزان ۰/۲۵ درصد Chitosan 0.25%	31.85c	0.2bc	5.49bcd	618.5ab	1.54bc	1.5e	10d	34.76abc
کیتوزان ۰/۵ درصد Chitosan 0.5%	33.26b	0.21ab	5.71b	640.66ab	1.6ab	1.16e	9.83d	29.56d
کیتوزان ۱ درصد Chitosan 1%	34.14a	0.23a	6.47a	659.5a	1.64a	1.06e	8.16e	28.17de
موسیلاژ اسفرزه ۰/۵ درصد Psyllium Mucilage 0.5%	33.65b	0.22a	5.42cd	16.30c	1.35d	4.5b	13bc	28.1de
موسیلاژ اسفرزه ۱٪ Psyllium Mucilage 1%	30.89d	0.19cde	5.7b	547c	1.36d	3.5c	12.33c	27.07e
موسیلاژ اسفرزه ۱/۵ درصد Psyllium Mucilage 1.5%	32.33c	0.19cde	5.48bcd	540.66c	1.32d	2.5d	12.16c	34.56bc
صمغ عربی ۰/۲۵ درصد Arabian Gum 0.25%	30.06e	0.18de	4.93f	484ed	1.15e	3.33cd	13.5b	33.94c
صمغ عربی ۰/۵ درصد Arabian Gum 0.5%	30.85d	0.2bcd	5.1ef	493d	1.23e	2.66cd	12c	35.25abc
صمغ عربی ۰/۷۵ درصد Arabian Gum 0.75%	30.07e	0.18de	5.29de	561.16c	1.41cd	2.66cd	12.16c	36.23a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشد
Similar letters in each column indicate no significant difference based on LSD test ($p \leq 0.05$)

محللول‌پاشی با تیمار صمغ عربی و موسیلاژ اسفرزه موجب بهبود رشد نشدند به نظر می‌رسد میزان پایداری و ماندگاری این ترکیبات نسبت به کیتوزان بر سطح گیاه کمتر بوده است. با توجه به ماهیت طبیعی و زیست تجزیه‌پذیر بودن، ایمن و ارزان بودن این ترکیبات در

منابع

- 1- Bagheri H., Andalibi B., and Azimimoghaddam M.R. 2010. Effect of atrazine anti transpiration application on improving physiological traits, yield and yield components of safflower under rainfed condition. Journal of Crops Improvement, 14(2): 1-16. (In Persian with English abstract)
- 2- Bannayan M., Nadjafi F., Azizi M., Tabrizi L., and Rastgoo M. 2008. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products, 27: 11-16.
- 3- Babaei K., Aminidehaghi M., Modaresanav S.A.M., and Jabbari R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Medicinal Plants Research, 26: 239-251. (In Persian with English abstract)
- 4- Bettaieb I., Zakhama N., Aidi Wannes W., Kchouk M.E., and Marzouk B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae, 120(2): 271-275.
- 5- Bahreininejad J., Razmjoo M., and Mirza N. 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. Journal of Plant Production, 7(1): 1735-6814.
- 6- Bittelli M., Flury M., Campbell G.S., and Nichols E.J. 2001. Reduction of transpiration through foliar Application of chitosan. Agricultural and Forest Meteorology, 107: 167-175.
- 7- Chaves M.M., Flexas J., and Pinheiro C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany-London. 103: 551-560.
- 8- Davazdahemami S., and Majnoonhosseini N. 2008. Cultivation and production of some medicinal and spice plants. Tehran University Press. 300 pages.
- 9- Del Amora F.M., Cuadra-Crespo P., Walkera D. J., Cámarab J.M., and Madridc R. 2010. Effect of foliar application of antitranspirant on photosynthesis and water relations of pepper plants under different. Levels of CO₂ and water stress. Journal of Plant Physiology, 167: 1232-1238.
- 10- El-Mekawy M.A.M. 2012. Growth and Yield of (*Nigella sativa* L.). Plant Influenced by Sowing Date and Irrigation Treatments. Journal of Agriculture and Environ. Research, 12(4): 499-505.
- 11- Flexas J., Escalona J.M., Evain S., Gulisa j., Moya I., Osmond C.B., and medran H. 2002. Steady-state chlorophyll fluorescence (Fs) measurements as a tool to follow variations of net CO₂ assimilation and stomatal conductance during water-stress in C3 plants. Journal of Physiologia Plantarum, 114(2): 231-240.
- 12- Gornik K., Grzesik M., and Dud R. 2008. The effect of chitosan on rooting of grapevine growth under drought and temperature stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 16: 333-343.
- 13- Ghamarnia H., and Jalili Z. 2013. Water stress effects on different Black cumin (*Nigella sativa* L.) components in a semi-arid region. Journal of Agronomy and Plant Production, 4(3): 545-554.
- 14- Ghamarnia H., Gholamian M., Sepehri S., Arji I., and Rezvani V. 2012. Groundwater contribution by Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under high salinity, different water table levels, with and without irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 41: 1211-1218.
- 15- Ghamarnia H., Jalili Z., and Daichin S. 2012. The effects of saline irrigation water on different components of Black cumin (*Nigella sativa* L.). International Journal of AgriScience, 2(10): 915-922.
- 16- Glenn D.M., and Puterka G.J. 2005. Particle films: A new technology for agriculture. Horticultural Review American Society for Horticultural Science, 31: 1-44.
- 17- Ghamarnia H., Khosravy H., and Sepehri S. 2011. Yield and water use efficiency of (*Nigella sativa* L.) under different irrigation treatments in a semiarid region in the West of Iran. Journal of Medicinal Plants Research, 4(16): 1612-1616.
- 18- Ghorbanli M., Bakhshi G.R., Salimi S., and Hedayati M. 2011. Effect of Water deficit and its interaction with ascorbat, catalase and glutathione peroxidase amounts in *Nigella sativa*. Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(4): 466-476. (In Persian with English abstract)
- 19- Goreta S., Leskovar D.I., and Jifon J.L. 2007. Gasexchange, water status, and growth of pepper seedling sexposed to transient water deficit stress are differentially altered by antitranspirants. American Society Horticulture Science. 132: 603-610.
- 20- Iiriti M., Picchi V., Rossoni M., Gomasasca S., Ludwig N., Garganoand M., and Faoro F. 2009. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. Environmental and Experimentan Botany, 66: 493-500.
- 21- Istanbuluoglu A., Arslan B., Gocmen E., Gezer E., and Pasa C. 2010. Effects of deficit irrigation regimes on the yield and growth of oil seed rape (*Brassica napus* L.). Original Research Article Biosystems Engineering, 105(3): 388-394.
- 22- Jifon J.L., and Syvertsen J.P. 2003. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of "Ruby Red" grapefruit leaves. American Society for Horticultural Science, 128: 107-112.

- 23- Klepper B., and Rickman R.W. 1990. Modeling crop root growth and function. *Advances in Agronomy*, 44: 113-132.
- 24- Kazempour S., and Tagbakhsh M. 2002. Effect of some antitranspiration on vegetative Characteristics, yield and yield parameters of corn under limited irrigation. *Journal of Agronomy Crop Science*, 32(2): 205-211. (In Persian with English abstract)
- 25- Karuppaiah P., Rameshkumar S., Shah K., and Marimuthu R. 2003. Effect of Antitranspirants on growth, photosynthetic rate and yield characters of brinjal. *Indian Journal of Plant Physiology*, 8: 189-192.
- 26- Koutroubas S.D., Papakosta D.K., and Doitsinis A. 2000. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. *Journal of Agronomy Crop Science*, 184: 33-41.
- 27- Khalil S.E., Nahed G., Aziz A.E., and AbouLeil B.H. 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. *Journal of American Science*, 6: 33-44.
- 28- Khalid A., Khalid A., Teixeira S., and Weiming C. 2010. Water deficit and polyethylene glycol 6000 affects morphological and biochemical characters of *Pelargonium odoratissimum* L. *Scientia Horticulturae*, 125: 159-166.
- 29- Khoram Del S., Kuchaki A., Nasiri Mahalati M., and Ghorbani R. 2008. Effect of biofertilizers on growth indices of black cumin. *Journal Agricultural Research*, 6(2): 294-285.
- 30- Ludwig N., Cabrini R., Faoro F., Gargano M., Gomarasca S., Iriti M., Picchi V., and Soave C. 2010. Reduction of evaporative flux in bean leaves due to chitosan treatment assessed by infrared thermograph. *Infrared Physics and Technology*, 53: 65-70.
- 31- Moftah A.E., and Alhumaid A.I. 2005. Effects of antitranspirants on water relations and photosynthetic rate of cultivated tropical plant *Polianthes tuberosa* L. *Polish Journal of Ecology*, 53(2): 165-175.
- 32- Nabipour M., Meskarbashe M., and Yosefpour H. 2007. The Effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Biological Sciences*, 10: 421-426.
- 33- Peter E., Andreas D., Peuke B., and Siegfried F. 2008. Transpiration, CO₂ assimilation, WUE, and stomatal aperture in leaves of (*Viscum album* L.): Effect of abscisic acid (ABA in the xylem sap of its host (*Populus x euamericana*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 46: 64-70.
- 34- Safikhani F., sharifabadi H., Syadat A., Ashorabadi A., Syednedjad M., and Abbaszadeh B. 2007. The effect of drought on yield and morphologic characteristics *Deracocephalum moldvica* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 23(2), 183-194. (In Persian with English abstract)
- 35- Sinaki J. M., Majidi E., Shirani Rad A. L., Noormohammadi G., and Zarei G. 2007. The effected of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus* L.). *American Journal of Agriculture on Environment Science*, 2(4): 417-422.
- 36- Turner N.C. 1986. Adaptation to water deficits: Achanging perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 175-190.
- 37- Thakuria R.K., Singh H., and Singh T. 2004. Effect of irrigation and antitranspirant on biometric components, seed yield and plant water-use of spring sunflower (*Helianthus annuus*). *Indian Journal of Agronomy*, 49: 121-123.



The Effect of Irrigation Intervals and Anti- transpiration Compounds on Morphological Traits, Physiological Traits, and Irrigation Water Efficiency Index in the *Nigella sativa* L.

Z. Safae¹- M. Azizi^{2*}- H. Aroiee³- Gh. Davarynejad⁴

Received: 01-07-2015

Accepted: 16-11-2016

Introduction: *Nigella sativa* L. is one of the herbs that has a variety of uses and has been used in Iran's traditional medicine since old times. Today this plant is considered as one of the most important kinds of medicine. Almost all the metabolic activities of plant cells, including the construction of active ingredients in medicinal plants, depend on lack of absorbable water by plants can lead to the morphological, physiological and biochemical changes, including decrease of cell swelling and growth and thus reduction of leaf area and plant height, stomatal closure and photosynthesis restriction, increase of soluble compounds for regulating the osmotic pressure, reduction of nutrient absorption and ultimately reduction of crop production. The use of anti-transpiration compounds is considered as a promising tool for the regulation of transpiration in respect of water conservation at an optimal level, where the strategies such as the use of anti-transpiration compounds have the potential for transpiration regulation. The aim of the present study is to improve the yield and yield components of medicinal plant *N. sativa* by anti-transpiration compounds under drought stress conditions.

Materials and Methods: The research was done using a split plot experiment on a randomized complete block design with three replications. The irrigation intervals (8 and 16 days) in main plots and anti-transpiration compounds of chitosan (0.25, 0.5 and 1 %), *Plantago psyllium* mucilage (0.5, 1 and 1.5 %) and arabic gum (0.25, 0.5 and 0.75 %) were put in subplots with three replications. Also, the distance between the main plots in each block and distance between the two blocks were assigned as 100 cm and 200 cm, respectively; so that the moisture content of a plot had no effect on the adjacent plots. Planting date was April 16 and planting was performed by hand in 0.5cm-deep furrows. Anti-transpiration compounds were sprayed simultaneously with applying drought stress till the flowering stage once a week at sunset. Plant height, leaf area index, irrigation water efficiency index, leaf temperature and stomatal conductance were measured.

Results and Discussion: The results showed that there were significant differences between treatments in all studied traits. The best rate of the measured traits was observed at 8-day irrigation interval and chitosan treatment. Providing plant favorite conditions such as reducing plant temperature, increasing morphological traits comparing to rainfed at 16-day irrigation interval. Applying arabic gum did not improve growth but acted as a growth inhibitor. Anti-transpiration compounds led to significant changes in all the studied traits compared to the control, indicating the effectiveness of these natural compounds. Chitosan stimulating abscisic acid synthesis in the treated plant would result in stomatal closure, reduction of stomatal conductance, transpiration rate and water content. It also pointed out that the anti-transpiration effect of chitosan was because of its stimulatory effect in increasing abscisic acid concentration in the treated leaves of bean plant. As the above compounds are natural and biodegradable, as well as safer and less expensive than other chemical anti-transpiration compounds, they can serve as a good alternative to the chemical compounds. Cognition and expertise in water relations of plant and drought stress tolerance is considered as the main program in agriculture and the ability to withstand this stress is of great economic importance.

Conclusion: The important processes, including nutrition, photosynthesis, stomatal opening and closure and growth are all influenced by water. In this study, it was observed canopy temperature and stomatal conductance would increase at 16-day irrigation interval, where the increase is considered as a drought tolerance mechanism. Also, the anti-transpiration compounds led to significant changes in terms of all the studied traits compared to the control, indicating the effectiveness of these natural compounds. Providing the appropriate conditions, 1% chitosan treatment can enhance the yield under drought stress. Spraying by arabic gum did not improve the

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Graduated, Professor, Associate Professor and Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Respectively

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

growth conditions. According to this experiment, 1% chitosan treatment and 1.5% *Plantago psyllium* mucilage is considered the most appropriate strategy to enhance the yield of *Nigella sativa* under drought stress.

Keywords: Anti-transpiration compounds, Canopy temperature, Medicinal plant, Stomatal conductance, Water stress



پارامترهای رشدی، عملکرد و کیفیت خیار گلخانه‌ای تحت تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در سیستم بدون خاک

یاسر جوان^۱ - محمد جواد نظری دلجو^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۷

چکیده

نسبت پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در کشت‌های بدون خاک نقش مؤثری بر جذب سایر عناصر معدنی و در نتیجه پارامترهای رشد و نموی بویژه کمیت و کیفیت محصولات تولیدی مانند خیار دارد. با هدف بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم (۲ و ۱/۵، ۱، ۰/۷، ۰/۵) بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خیار رقم نگین، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سیستم باز کشت بدون خاک با بستر ترکیبی کوکوپیت و پرلیت (۱:۱) اجرا گردید. نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار نسبت پتاسیم به کلسیم بر وزن تر و خشک بوته و ریشه، درصد کلسیم و پتاسیم گیاه، صفات کیفی میوه خیار، کربوهیدرات کل، فنل کل و میزان ویتامین ث میوه بود. بر همین اساس بیشترین وزن تر ریشه (۲۹/۳۶ گرم در بوته)، وزن خشک ریشه (۱/۸۸ گرم در بوته)، طول میوه (۱۳/۳ سانتی‌متر)، سفتی بافت و وزن تر میوه (۱۱۲ گرم)، میزان کلسیم و پتاسیم برگ و محتوای نسبی آب برگ (۵۷/۷ درصد) بوته خیار در نسبت برابر پتاسیم به کلسیم مشاهده گردید. همچنین بیشترین محتوای ویتامین ث میوه به ترتیب در نسبت‌های پتاسیم به کلسیم ۱/۵ و ۱ حاصل شد. نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱، سبب تولید بیشترین طول و وزن میوه به عنوان اجزای اصلی عملکرد گردید؛ بر همین اساس حداکثر عملکرد میوه (۸/۷۲ کیلوگرم در بوته) نیز در نسبت مذکور بدست آمد. براساس نتایج آزمایش نسبت پتاسیم به کلسیم برابر یک بدلیل بهبود پارامترهای رشدونموی و جذب عناصر غذایی منجر به افزایش عملکرد و کیفیت میوه خیار رقم نگین در سیستم بدون خاک گردید.

واژه‌های کلیدی: کشت آبکشت، کربوهیدرات کل، نسبت عناصر معدنی، ویتامین ث

مقدمه

طریق تحت تأثیر مثبت قرار می‌دهد (۱۴). کلسیم نیز نقش مهمی در فرآیندهای ساختاری و فیزیولوژیکی غشا بر عهده داشته و سبب پایداری غشای سلولی و تنظیم تبادل یونی می‌شود (۲۶). کلسیم همچنین در تقسیم سلولی، طولی شدن سلولی و رشد میوه تأثیر داشته و اثر مثبتی بر کیفیت میوه، قدرت انبارمانی و میزان ویتامین ث دارد (۴). گزارشات متعددی درباره نقش آنتاگونیستی پتاسیم و کلسیم در محصولات مختلف ارائه شده است (۳، ۶، ۱۱ و ۱۳). بر همین اساس می‌توان به رقابت بین جذب پتاسیم و کلسیم گوجه‌فرنگی‌های کشت شده در سیستم کشت هیدروپونیک (۱۹) و همچنین کاهش میزان جذب کلسیم در برگ دو گونه کلزا و خردل ناشی از افزایش جذب پتاسیم اشاره نمود (۲). همچنین کوکی و طباطبایی (۱۳) در بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر خربزه گالیا در سیستم آبکشت گزارش دادند که عملکرد، مواد جامد محلول و سفتی میوه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم قرار گرفت؛ بر همین اساس بیشترین عملکرد و مواد جامد محلول میوه به ترتیب در نسبت‌های ۳ و ۴ حاصل گردید.

خیار (*Cucumis sativus* L.) از گیاهان یکساله با رشد سریع بوده که پیوسته در طول چندین ماه تولید محصول می‌کند و بدلیل حساسیت این محصول به شرایط آب و هوایی، کشت گلخانه‌ای آن بویژه در سیستم‌های بدون خاک مفید خواهد بود (۱۹). جذب عناصر غذایی در گیاهان، براساس غلظت عنصر و نسبت بین عناصر غذایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. جذب کاتیون‌ها بیشتر از غلظت، تحت تأثیر نسبت بین عناصر قرار می‌گیرد (۲۲). عناصر غذایی از جمله پتاسیم و کلسیم از عناصر بسیار مهم در کیفیت محصولات میوه‌ای می‌باشند. پتاسیم در تنظیم فعالیت آنزیم‌های گیاهی، شدت فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها از مسیر آوندهای آبکش به سمت بافت‌های ذخیره‌ای نقش آفرینی کرده و کمیت و کیفیت محصول را از این

۱ و ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
(*)- نویسنده مسئول:
(Email: nazarideljou@yahoo.com)

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه هیدروپونیک با پوشش پلی اتیلن طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. دمای روزانه و شبانه گلخانه به ترتیب 26 ± 2 و 19 ± 2 درجه سلسیوس، و رطوبت نسبی بین ۶۰-۵۵ درصد تنظیم گردید. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل پنج سطح محلول‌دهی پتاسیم به کلسیم برابر $140/70$ ، $140/100$ ، $140/140$ ، $140/210$ و $140/280$ (میلی گرم بر لیتر) به-ترتیب با نسبت‌های برابر $(5/0, 7/0, 1/5, 2/1)$ با سه تکرار (مجموعاً ۹ گیاه در هر واحد/تکرار آزمایشی) بر روی خیار رقم نگین در سیستم باز کشت بدون خاک مجهز به سیستم محلول‌دهی قطره-ای با بستر کوکوپیت: پرلیت (۱:۱ حجمی) اجرا گردید. محلول‌دهی براساس فرمولاسیون استاندارد استاینر (۱۹۸۴) از طریق قطره چکان-ها به مدت ۲ دقیقه هر دو الی چهار ساعت یکبار (بسته به شرایط محیطی) تا مشاهده خروج محلول غذایی از زهکش هر گلدان (۱۰ درصد محلول مورد استفاده) اعمال گردید. نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی براساس محلول پایه استاینر و منابع کودی شیمیایی (یارا، نروژ) مذکور در جدول شماره یک انجام گردید؛ همچنین از کلات‌های کلسیم و پتاسیم به عنوان کودهای تکمیلی جهت متعادل نمودن عناصر غذایی استفاده گردید. هدایت الکتریکی محلول‌های غذایی در نسبت‌های $5/0, 7/0, 1/5$ و $2/1$ به ترتیب برابر $1, 1/2, 1/5, 1/9$ و $2/2$ دسی زیمنس بر متر بود. همچنین pH تمامی محلول‌ها در محدوده $5/8$ الی 6 حفظ گردید.

لیکن افزایش نسبت مذکور منجر به کاهش سفتی میوه گردید. بنابراین رعایت نسبت مناسب بین این دو عنصر در محلول غذایی، جهت جلوگیری از رقابت زیاد و در نتیجه عدم جذب متقابل آنها حائز اهمیت می‌باشد. در داخل گیاه، نسبت پتاسیم به کلسیم طی فرآیند زایشی افزایش می‌یابد و میزان این نسبت در داخل میوه (مانند گوجه-فرنگی و سایر سبزیجات میوه‌ای) و ساقه گل گیاهان زینتی (مانند گل رز و میخک) نسبت به بخش‌های رویشی بیشتر است (۲۲). افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی سبب بالاتر رفتن EC محلول غذایی شده و می‌تواند بر اثر جلوگیری از جذب کلسیم، سبب سوختگی انتهایی در گیاهان شود (۱۲). اصولاً نسبت پیشنهاد شده برای پتاسیم به کلسیم در محلول‌های غذایی در محیط ریشه حدود ۱ می‌باشد (۱۵ و ۲۳). نسبت بالای پتاسیم به کلسیم تأثیر منفی بر عمر گلجای گل رز رقم بارونز بر جای گذاشت (۲۵). همچنین نسبت بالای پتاسیم به کلسیم سبب کاهش وزن تر برگ کاهو رقم رد می‌گنانت به میزان ۲۹٪ شد در حالی که وزن تر برگ کاهو رقم فیم را افزایش داد (۹). با توجه به مطالب مذکور و تأثیر نسبت کاتیونی محلول‌های غذایی بر پارامترهای رشدنموی گیاه (۱۵) و اطلاعات اندک در مورد تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم بر کمیت و کیفیت خیار در سیستم بدون خاک، این مطالعه با هدف بررسی نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی و تأثیر آن بر نسبت جذب این عناصر در گیاه و خصوصیات کمی و کیفی خیار رقم نگین اجرا گردید.

جدول ۱- فرمولاسیون اصلی و غلظت کودهای مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Formula and concentration of fertilizers used in this experiment

منابع کودی [†] Source	غلظت Concentration (mg/l)	عنصر پرمصرف Macro element
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O- KNO ₃	167	N
KH ₂ PO ₄	31	P
KNO ₃ - KH ₂ PO ₄	277	K
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O-CaCl ₂	183	Ca
Mg(SO ₄) ₂ .6H ₂ O	49	Mg
منابع کودی [†] Source	غلظت Concentration (mg/l)	عنصر کم‌مصرف Micro element
Fe EDTA 6%	1.33	Fe
MnSO ₄ .H ₂ O	0.62	Mn
ZnSO ₄ .6H ₂ O	0.11	Zn
Na ₂ BO ₄ O ₇ .10H ₂ O	0.44	B
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.02۰۲	Cu
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.048	Mo

†: منابع کودی مورد استفاده در این آزمایش از شرکت یارا (Yara, Norway) تأمین گردید

‡: The fertilizers used in this experiment were from Yara, Norway

صورت گرفت (۲). عملکرد محصول نیز از طریق توزین میوه‌های برداشت شده طی دوره رشدی از هر بوته بدست آمد. این تحقیق گلخانه‌ای، براساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

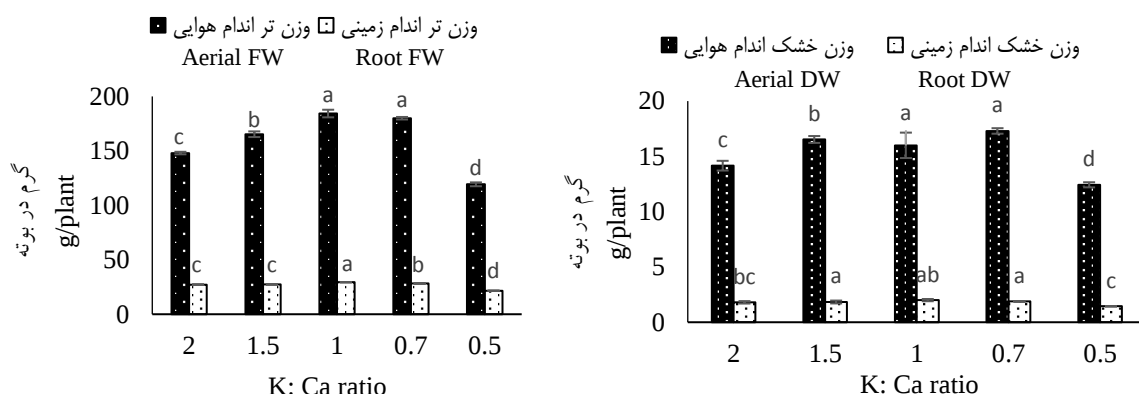
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن تر و خشک اندام های هوایی (برگ) و زمینی (ریشه) بطور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم قرار گرفت (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین تیمارها، بیشترین وزن تر بوته و وزن تر و خشک ریشه در نسبت پتاسیم به کلسیم ۱ بدست آمد و بالاترین وزن خشک بوته در تیمار نسبت پتاسیم به کلسیم ۰/۷ حاصل شد (شکل ۱).

وزن تر گیاه به عنوان شاخص مهم رشد گیاه در شرایط فیزیولوژیکی مختلف از جمله جذب عناصر غذایی، وضعیت آبی گیاه و ظرفیت فتوسنتزی محسوب می‌شود. به نظر می‌رسد نسبت متعادل پتاسیم به کلسیم محلول غذایی، گیاه شرایط فیزیولوژیکی بهتری از جمله بهبود محتوای نسبی آب (جدول ۳)، توسعه سطح برگ و غیره را تجربه نموده که منجر به افزایش معنی‌دار و رشدنمو بوته خیار رقم نگین در این نسبت گردیده که با نتایج سونولد و ولس^۱ (۲۳) مبنی بر تأثیر مثبت نسبت مساوی پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی بر فرآیندهای رشدی گیاه در سبزیجات میوه‌ای مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین حجم ریشه و همچنین سطح برگ بوته خیار، در تیمار محلول‌دهی نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱،۵ و کمترین حجم ریشه و سطح برگ در نسبت پتاسیم به کلسیم ۰،۵ حاصل گردید (جدول ۳). ریشه جزء اصلی ساختمان گیاه بوده که نقش اساسی در جذب عناصر غذایی دارد. نتایج نشان داد که نسبت پتاسیم به کلسیم تا سقف ۱،۵ برابر، تأثیر مثبتی در افزایش حجم ریشه داشت و با افزایش این نسبت حجم ریشه خیار کاهش پیدا کرد. سطح برگ شاخصی از ظرفیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه ماده‌سازی توسط گیاه می‌باشد (۲۴). افزایش سطح برگ گیاه، سبب افزایش سطح فتوسنتزی، افزایش رشد و نمو گیاه و در نتیجه ذخیره بیشتر مواد غذایی می‌گردد. (۲۷). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین و کمترین طول میوه، وزن میوه و سفتی بافت میوه، به‌ترتیب در نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ و ۰/۵ بدست آمد (جدول ۳).

وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه پس از یک دوره رشد و نمو ۳ ماهه و پس از جدا نمودن آن‌ها از هم با ترازوی دیجیتالی دقیق و وزن خشک پس از قرار دادن نمونه‌های تر در آون با درجه حرارت ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت محاسبه گردید. همچنین جهت اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter AM 200) و نرم‌افزار Windias و برای محاسبه حجم ریشه از استوانه مدرج حاوب آب مقطر استفاده شد. جهت برآورد محتوای نسبی آب برگ‌های تازه، ابتدا ۴ دیسک با قطر ۱ سانتی‌متر از هر برگ جدا و توزین (FW) گردیده و سپس به پتری‌دیش حاوی آب مقطر به درون انکوباتور (۴ ساعت با دمای ۴ درجه سلسیوس) منتقل و پس از حذف آب اضافی، وزن آماس آن‌ها توزین شد (TW) پتری‌دیش‌های حاوی دیسک به آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت جهت سنجش وزن خشک منتقل شدند (DW). در نهایت محتوای نسبی آب برگ از فرمول زیر محاسبه گردید (۲۰).

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \quad (1)$$

جهت سنجش تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی بر رشدنمو و کیفیت میوه برخی پارامترها شامل طول و عرض میوه در هر بوته بطور تصادفی طی دوره رشدنمو خیار سنجش و متوسط‌گیری گردید. سفتی بافت میوه‌ها توسط دستگاه سفتی‌سنج اندازه‌گیری و میزان سفتی بافت برحسب نیوتن قرائت شد. اندازه‌گیری غلظت پتاسیم برگ (بالغ توسعه یافته) به روش نشر شعله‌ای و غلظت کلسیم به روش تیتراسیون با EDTA انجام پذیرفت (۵). همچنین برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول کل برگ، ۰/۱ گرم از بافت برگ فریز شده در هاون چینی با ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵٪ مخلوط و سپس با دور ۳۵۰۰ دور در دقیقه (۱۰ دقیقه) سانتریفیوژ گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره همراه با ۳ میلی لیتر آنترون تازه تهیه شده به مدت ۱۰ دقیقه به حمام آب گرم انتقال و نهایتاً میزان جذب نمونه‌ها پس از خنک شدن در طول موج ۶۳۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Lambda 25 UV/VIS, Perkin Elmer; USA) قرائت گردید (۹). برای اندازه‌گیری فنل کل، ۰/۱ گرم از پودر برگ به همراه ۵ میلی‌لیتر از متانول ۸۰٪ حاوی اسید کلریدریک ۱٪ هضم و سپس در دمای اتاق به مدت ۲ ساعت بر روی شیکر قرار گرفت. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و سپس ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رویی با ۷۵۰ میکرولیتر معرف فولین مخلوط و ترکیب حاصل به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. در نهایت پس از افزودن ۷۵۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۶٪ به هر نمونه میزان جذب پس از ۹۰ دقیقه در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت گردید. محتوای فنل کل بر حسب میلی گرم اسید گالیک بر گرم وزن تر گزارش گردید (۲۸). مقدار ویتامین ث با روش تیتریمتری با ید، پتاسیم یداید و پتاسیم یدات در حضور معرف نشاسته



شکل ۱- وزن تر اندام‌های هوایی و زمینی (A) و وزن خشک اندام‌های هوایی و زمینی (B) تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در سیستم بدون خاک. (حروف غیرمشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) و خطای استاندارد (Mean $\pm$ SE) می‌باشد)

Figure 1- Fresh weight (A) and dry weight (B) of aerial and underground tissues as affected by different K: Ca ratios of nutrient solution in soilless system (The different letters and the error bars on each column show significant difference based on Duncan's multiple range test ($P < 0.05$) and standard error (Mean $\pm$ SE))

نسبی آب بوته پایین آمد به‌طوری‌که پایین‌ترین محتوای نسبی آب در نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۰/۵ بدست آمد. پتاسیم علاوه بر تأثیر مثبت بر فرآیندهای بیوشیمیایی مانند انتقال آسیمیلات‌ها، فعال نمودن آنزیم‌ها و تورژسانس سلولی، نقش مهمی در کنترل تلفات آبی گیاه (۲۱)، همچنین فعال نمودن پمپ پروتونی غشا (۸) داشته و بدین وسیله سبب بهبود وضعیت آبی گیاه شده و علاوه بر آن نقش مهمی در کنترل حرکات روزنه‌ای بر عهده دارد (۲۴) که با نتایج این مطالعه مبنی بر ضرورت متعادل بودن نسبت پتاسیم به کلسیم و سایر عناصر در ترکیب محلول غذایی همخوانی دارد.

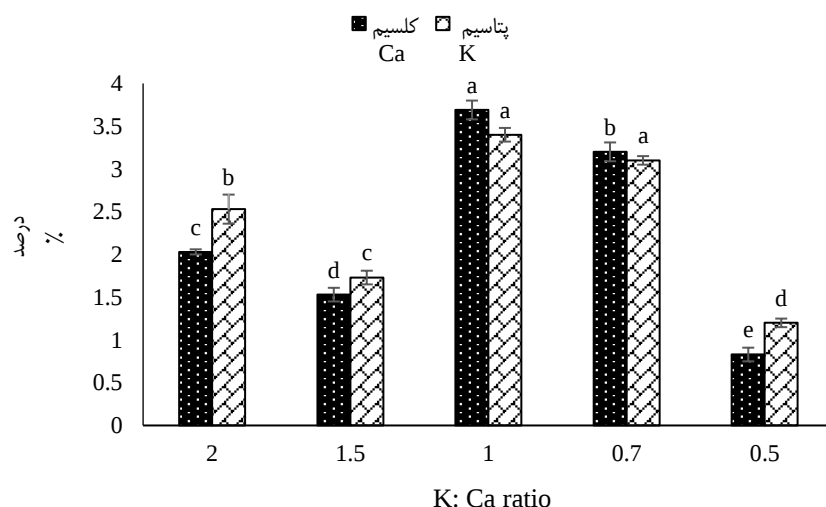
نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کربوهیدرات کل، به ترتیب در تیمار نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱/۵ و ۰/۵ بدست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم تا ۱/۵ برابر تأثیر مثبتی در سنتز قندها در داخل میوه خیار دارد و کاهش این نسبت، سبب کاهش در میزان سنتز کربوهیدرات‌ها شده است. احتمالاً تجمع ساکارز در میوه رسیده بدلیل فعالیت آنزیم‌هایی مانند اینورتاز می‌باشد (۲۹). به نظر می‌رسد که در این آزمایش نیز نسبت بالاتر پتاسیم به کلسیم سبب فعال کردن آنزیم اینورتاز و تشکیل ATP باشد.

براساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها، بیشترین و کمترین میزان فنل کل، به ترتیب در تیمار پتاسیم به کلسیم برابر ۲ و ۰/۵ بدست آمد. به عبارتی نسبت پتاسیم به کلسیم ۲ منجر به افزایش ۳۲ درصدی فنل کل در مقایسه با نسبت ۵۰ گردیده است. افزایش نسبت پتاسیم باعث افزایش میزان فنل و کاهش آن کم شدن مقدار فنل کل را در پی داشت (جدول ۳).

طول میوه، وزن میوه و سفتی بافت میوه در نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ در مقایسه با نسبت پتاسیم به کلسیم ۰/۵ به ترتیب افزایشی در حدود ۳۵، ۳۷ و ۳۶ درصد را نشان داد. افزایش شاخص‌های مورفولوژیکی میوه خیار تحت نسبت مساوی پتاسیم به کلسیم، بیانگر نقش مهم تعادل عناصر غذایی در محلول‌های غذایی می‌باشد. کلسیم یکی از عناصر غذایی بسیار مهم بوده که سبب بالاتر رفتن سفتی میوه می‌شود که این اثر بدلیل تشکیل کمپلکس یون‌های کلسیم با دیواره سلولی و پکتین تیغه میانی، ایجاد غشای سلولی به کمک یون‌های کلسیم و اثر کلسیم بر فشار تورژسانس سلول دانست (۱۳). مطابق نتایج مقایسه میانگین تیمارها، بالاترین میزان جذب کلسیم و پتاسیم در برگ خیار، تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ صورت گرفت. با تغییر نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی، میزان جذب این دو عنصر در گیاه بطور منفی تحت تأثیر قرار گرفت (شکل ۲). همچنین در ارتباط با طول و عرض میوه نیز می‌توان به بهبود پارامترهای رشدنموی از جمله رشد اندام‌های هوایی و ریشه و همچنین جذب بیشتر عناصر غذایی پتاسیم و کلسیم در نسبت‌های برابر پتاسیم به کلسیم که نقش مؤثری در بهبود صفات کیفی مذکور دارد اشاره نمود.

برخی از محققین گزارش نمودند که بهترین نسبت پتاسیم به کلسیم در گیاهان کشت شده در مزرعه برابر ۲، در کاهوی گلخانه‌ای حدود ۳/۶، در گل رز تولید شده در گلخانه کمی بیش از ۲ و برای خیار گلخانه‌ای برابر ۱ می‌باشد (۱۵ و ۲۳).

مطابق نتایج مقایسه میانگین تیمارها، بالاترین محتوای نسبی آب برگ بوته خیار، در تیمار پتاسیم به کلسیم برابر ۱ بدست آمد (جدول ۳). با کاهش نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی، محتوای



شکل ۲- میزان جذب کلسیم و پتاسیم در برگ خیار رقم نگین تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در سیستم بدون خاک. (حروف غیرمشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) و خطای استاندارد (Mean $\pm$ SE) می‌باشد)

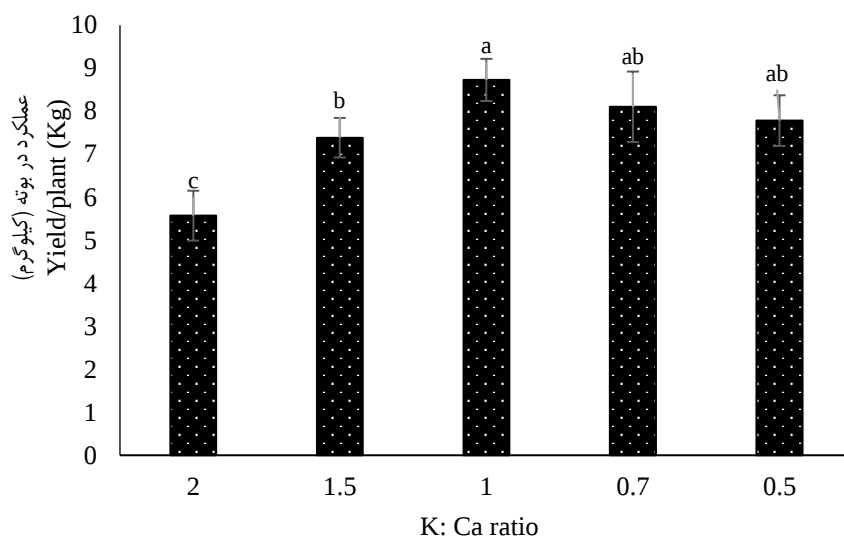
Figure 2- Calcium and potassium uptake by cucumber cv. Negin leaf as affected by different K:Ca ratios of nutrient solution in soilless system. (The different letters and the error bars on each column show significant difference based on Duncan's multiple range test ($P < 0.05$) and standard error (Mean $\pm$ SE))

میزان پتاسیم بر میزان جذب کلسیم تأثیر داشته و سبب کاهش میزان ویتامین ث گردید. نتایج نشان داد که عملکرد محصول بطور معنی داری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. براساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها (شکل ۳)، بیشترین و کمترین میزان عملکرد، به ترتیب در تیمار نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ و تیمار نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۲ حاصل شد. حصول بیشترین عملکرد در نسبت برابر پتاسیم به کلسیم می‌تواند به دلیل بهبود شرایط رشد و نمو بوته‌های خیار ناشی از تعادل مناسب عناصر غذایی در نسبت مذکور باشد که منجر به افزایش پارامترهای رشد و نمو خیار از قبیل وزن تر و خشک برگ و ریشه و جذب عناصر معدنی کلسیم و پتاسیم و در نتیجه افزایش عملکرد یا میوه برداشت شده در بوته گردیده است.

نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱، سبب تشکیل بیشترین طول و بیشترین وزن میوه (جدول ۳) در محصول خیار شد که این دو پارامتر، از اجزای اصلی عملکرد بوده و هم افزایش طول و هم افزایش وزن تک میوه، رابطه مستقیمی با افزایش عملکرد بوته دارد. به نظر می‌رسد تغذیه متعادل با نسبت مساوی پتاسیم به کلسیم نقش مؤثرتر و بهتری در افزایش عملکرد میوه خیار رقم نگین داشته باشد.

نگوین و همکاران (۱۷) در بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم بر ریحان نشان دادند که غلظت زیاد پتاسیم منجر به افزایش میزان فنل و ترکیبات فنلی در ریحان می‌گردد. براساس تحقیقات مذکور علت افزایش ترکیبات فنلی تحت تأثیر پتاسیم را افزایش ترکیبات فتوسنتزی یعنی افزایش تثبیت کربن طی فرآیند فتوسنتز (ناشی از تأمین پتاسیم) و در نتیجه تأمین مواد اولیه برای سنتز ترکیبات فنلی طی مسیر اسید شیکمیک گزارش نمودند؛ که با نتایج این آزمایش مبنی بر بالا بودن فنل کل در تیمارهای حاوی پتاسیم زیاد مطابقت و همخوانی دارد.

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که میزان ویتامین ث میوه خیار رقم نگین، بطور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی قرار گرفت. بالاترین میزان ویتامین ث میوه برابر با ۰/۳۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه، در نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ بدست آمد. بالاتر و پایین‌تر شدن نسبت پتاسیم به کلسیم در هر دو حالت سبب کاهش میزان ویتامین ث میوه خیار شد (جدول ۳). میوه‌های دارای میزان ویتامین ث بالاتر، ارزش غذایی بالاتری دارند. پرموزیچ^۱ و همکاران (۱۹) گزارش کردند که بین میزان کلسیم و مقدار ویتامین ث میوه گوجه‌فرنگی، همبستگی بالایی وجود دارد اما به نظر می‌رسد که تعادل عناصر غذایی نقش مهم‌تری بر محتوای ویتامین ث میوه خیار داشته باشد بطوری‌که در این آزمایش، تغییر



شکل ۳- عملکرد بوته خیار رقم نگین تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در سیستم بدون خاک. (حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P < 0.05$) و خطای استاندارد (Mean $\pm$ SE) می‌باشد)
 Figure 3- Fruit yield of cucumber cv. 'Negin' in each bush as affected by different K: Ca ratios of nutrient solution in soilless system. (The different letters and the error bars on each column show significant difference based on Duncan's multiple range test ($P < 0.05$) and standard error (Mean $\pm$ SE))

نتیجه‌گیری

خیار بود. بر همین اساس نسبت پتاسیم به کلسیم برابر یک محلول غذایی با بهبود جذب عناصر غذایی و در نتیجه بهبود شرایط رشد و نمو منجر به افزایش عملکرد و کیفیت میوه خیار نگین گردید.

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی بر صفات رشد و نمو، عملکرد و کیفیت میوه

منابع

- 1- Anac D., Okur B., Kilic C., Aksoy U., Can Z., Hepaksoy S., Anaç S., and Dorsan F. 1997. Potassium fertilization to control salinization effects. In: Regional Workshop on Food Security in the WANA Region, The essential need for balanced fertilization, Izmir, Turkey.
- 2- Arya S.P., Mahajan M., and Jain P. 2000. Non-spectrophotometric methods for the determination of Vitamin C. *Analytica Chimica Acta*, 417: 1–14.
- 3- Barker A.V., and Pilbeam D.J. 2015. Handbook of plant nutrition. CRC press.
- 4- Bemadac A., Jean-Baptiste I., Bertoni G., and Morard P. 1996. Changes in calcium contents during melon (*Cucumis melo* L.) fruit development. *Scientia Horticulturae*, 66: 181–189.
- 5- Emami A. 1996. Plant analysis methods. Soil and water research institute. No. 928. (In Persian)
- 6- Fageria N.K. 2008. The use of nutrients in crop plants. CRC press.
- 7- Fanaie H.R., Kafi M., and Shirani Rad A.H. 2013. Interaction of water deficit stress and potassium application on potassium, calcium, magnesium concentration and oil of two species of canola (*Brassica napus*) and mustard (*Brassica juncea*). *Journal of Water and Soil Science*, 23(3): 261–275. (In Persian with English abstract)
- 8- Haeder H.E., and Beringer H. 1981. Influence of potassium nutrition and water stress on the content of abscisic acid in grains and flag leaves of wheat during grain development. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32: 552–556.
- 9- Huett D.O. 1994. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K: Ca ratio in solution. *Crop and Pasture Science*, 45: 251–267.
- 10- Irigoyen J.J., Einerich D.W., and Sánchez-Díaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of

- proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84: 55–60.
- 11- Jakobsen S.T. 2009. Interaction between plant nutrients: III. Antagonism between potassium, magnesium and calcium. *Acta Agriculturae Scandinavica B-Plant Soil Sciences*, 43(1): 1–5.
- 12- Jones J.B. 2004. *Hydroponics: a practical guide for the soilless grower*. CRC press.
- 13- Kokabi S., and Tabatabaie S.J. 2011. Effect of different K/Ca ratio on yield and quality of Melon 'Galia'. *Journal of Horticultural Science*, 25(2): 178-184. (In Persian)
- 14- Lin D., Huang D., and Wang S. 2004. Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. *Scientia Horticulturae*, 102: 53–60.
- 15- Marschner H. 2011. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- 16- Neocleous D., and Savvas D. 2015. Effect of different macronutrient cation ratios on macronutrient and water uptake by melon (*Cucumis melo*) grown in recirculating nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178, 320–332.
- 17- Nguyen P.M., Eileen M., and Kwee Emily D. 2010. Niemeyer Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, 123: 1235–1241.
- 18- Pedrosa A.W., Martinez H.E.P., Matiello E.M., Fontes P.C.R., and Pereira P.R.G. 2011. Influence of the N/K ratio on the production and quality of cucumber in hydroponic system. *Revista Ceres*, 58: 619–624.
- 19- Premuzic Z., Bargiela M., Garcia A., Rendina A., and Iorio A. 1998. Calcium, iron, potassium, phosphorus, and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. *HortScience*, 33: 255–257.
- 20- Ritchie S.W., Nguyen H.T., and Scott Holaday A. 1990. Leaf Water Content and Gas-Exchange Parameters of Two Wheat Genotypes Differing in Drought Resistance. *Crop Science*, 30: 105–111.
- 21- Sardans J., and Peñuelas J. 2008. Drought changes nutrient sources, content and stoichiometry in the *bryophyte* *Hypnum cupressiforme* Hedw. Growing in a Mediterranean forest. *Journal of Bryology*, 30: 59–65.
- 22- Sonneveld C., and Voogt W. 2009. *Nutrient management in substrate systems*. Springer.
- 23- Sonneveld C., and Welles G.W.H. 2004. Cation concentrations of plant tissues of fruit-vegetable crops as affected by the EC of the external nutrient solution and by humidity, In: *International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics*, 697: 377–386.
- 24- Taiz L., and Zeiger E. 2002. *Plant Physiology* Sinauer Associates Inc.
- 25- Torres-Oliver V., Villegas-Torres O.G., Domínguez-Patiño M.L., Sotelo-Nava H., Rodríguez-Martínez A., Melgoza-Alemán R.M., Valdez-Aguilar L.A., and Alia-Tejagal I. 2014. Role of Nitrogen and Nutrients in Crop Nutrition. *Journal of Agricultural Science and Technology*, B4, 29-37.
- 26- Tuna A.L., Kaya C., Ashraf M., Altunlu H., Yokas I., and Yagmur B. 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 173–178.
- 27- Turhan E., and Eris A. 2005. Effects of sodium chloride applications and different growth media on ionic composition in strawberry plant. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 1653–1665.
- 28- Veliloglu Y.S., Mazza G., Gao L., and Oomah B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 4113–4117.
- 29- Zhizhong Z., Shanglong Z., Changjie X., Kunsong C., and Shuantao L. 2001. Roles of sucrose-metabolizing enzymes in accumulation of sugars in Satsuma Mandarin fruit. *Acta Horticulturae Sinica*, 28: 112–118.



Growth and Developmental Parameters, Quality and Productivity of Cucumber as Affected by K: Ca Ratios of Nutrient Solution in Soilless System

Y. Javan¹- M.J. Nazarideljou^{2*}

Received: 25-12-2016

Accepted: 07-05-2018

Introduction: Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is an important fruit crops and cultivation in soilless condition may help to improve the quality and productivity. Due to susceptibility of cucumber to climate condition, the cultivation should be done under precise consideration. Nutrient uptake by plant is greatly affected by the concentration, as well as by the elements ration, especially the cations. Calcium and potassium play an important role in crops biology, functions, quality, and productivity. This experiment was conducted to evaluate the effect of different K: Ca ratios on quality and productivity of cucumber cv. 'Negin' to determine the best K: Ca ratio.

Material and Methods: This experiment was done in a hydroponic greenhouse with polyethylene cover. Day/night temperatures were 26±2 and 19±2, respectively. Relative humidity was adjusted at 55-60%. A pot experiment was conducted based on completely randomized design with three replications (9 plants/rep). Treatments included K: Ca ratios (2, 1.5, 1, 0.7, and 0.5). Cucumber cv. 'Negin' was treated with above-mentioned K: Ca ratios in an open soilless system equipped with drippers and plants were fertigated basis on Steiner nutrition formula. The culture medium was coco-fibre: perlite (1:1 v/v). Morpho-physiological, as well as biochemical parameters of cultivated plants including, plant fresh and dry weigh, leaf area, root volume, fruit length and weight, total carbohydrates, total phenol, vitamin C content, and fruit yield were determined.

Results and Discussion: Results indicated that morpho-physiological and biochemical parameters, also, plant fresh and dry weight of cucumber cv. 'Negin' were significantly affected by application of different K: Ca ratios in nutrient solution ($P<0.05$). The highest plant fresh weight (184.3 g) and root fresh and dry weight 29.36 g and 1.88 g, respectively) were obtained in K: Ca (1). Probably, the better growth condition such as proper relative water content and higher leaf area in K: Ca (1) caused the higher plant fresh weight and root fresh and dry weight. Moreover, the highest relative water content (RWC, 57.7 %) was recorded in K: Ca (1). The higher RWC in K: Ca (1) reveals the importance of K in maintaining plant water status through assimilates transportation, enzymes activation and stomata movement control. Additionally, fruits length, fruits weight, and fruit firmness were significantly affected by K: Ca ratios, where K: Ca (1) was the best. The enhanced parameters of cucumber cv. 'Negin' under K: Ca (1), reveals the importance of this ratio in nutrient solution. Calcium is a determinative element in fruit firmness, which enhances fruit firmness through producing crosslinks with cell wall components, as well as with pectin compounds in middle lamella. The highest and lowest content of carbohydrates were recorded in K: Ca ratios 1.5 and 0.5, respectively. Probably, K: Ca (1.5) shows positive effects on sugar synthesis. This increase might be due to over-activation of invertase enzyme and ATP production in K: Ca (1.5). The highest content of total phenol was produced in K: Ca ratio (2). Phenolic compounds are produced under stress (biotic and abiotic) condition. It seems that K: Ca (2) has led to unfavorable condition in nutrient solution, which has adversely affected the plant. Plants in order to deal with this condition have increased phenol production. The highest content of vitamin C was produced in K: Ca (1). Changes in this ratio resulted in reduced vitamin C content. Fruits with higher vitamin C content have higher nutritional value. Some researchers have reported that there is appositve and direct relation between calcium and vitamin C content in tomato, however it seems that the ratio of elements, especially K: Ca ratio is more important than the element concentration. Results indicated that fruit yield was significantly affected by treatments, where K: Ca (1) and (2) produced the highest (8.7 kg/plant) and lowest (5.5 kg/plant) fruit yield, respectively. K: Ca (1) resulted in highest fruit length and weight. These parameters are features of fruit yield and increasing in these parameters directly effect on fruit productivity.

Conclusions: Taken together, results revealed that the ratio of elements are more important than the elements concentration in nutrient solution for producing high quality and yield of cucumber cv. 'Negin'. K: Ca (1) was

1 and 2- M.Sc. Graduate and Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

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

the best ration in most parameters. Although, K: Ca (2) and (1.5) were the best ratios for producing total phenol and carbohydrate content, respectively. Considering the antioxidant activity of phenolic compound, when producing cucumber fruits with high antioxidant activity is the goal, the K: Ca (2) in nutrient solution is a proper ratio.

Keywords: Hydroponics, Nutrients ration, Total carbohydrate, Vitamin C



بهینه‌سازی القای ریشه‌های موین و تولید زیست‌توده در گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

رقیه فتحی^۱ - مهدی محب‌الدینی^{۲*} - اسماعیل چمنی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۷

چکیده

ریشه‌های موین حاصل از تلقیح گیاهان با سویه‌های مختلف *Agrobacterium rhizogenes* به عنوان ابزار کشت بافتی برای تولید متابولیت‌های ثانویه می‌باشد زیرا ریشه‌های موین از ثبات ژنتیکی و بیوشیمیایی برخوردارند همچنین قادرند متابولیت‌های گیاهی را در زمان کوتاهی تولید کنند. کاسنی (*Cichorium intybus* L.) گیاه دارویی متعلق به تیره Asteraceae می‌باشد و حاوی ترکیبات دارویی بسیار مهمی از جمله شیکوریک اسید، اینولین، اسکولین، کومارین و فلاونوئیدها می‌باشد. در این تحقیق، القای ریشه‌های موین توسط *A. rhizogenes* سویه ۱۱۳۲۵ انجام شد. تأثیر سه مدت هم‌کشتی مختلف (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) بر کارایی القای ریشه‌های موین در ریزنمونه‌های برگ و دمبرگ ۲۰ روزه و ۲۸ روزه بررسی شد. بیشترین درصد القای ریشه‌های موین (۵۳/۳۳ درصد) و تعداد ریشه (۸/۵ ریشه در هر ریزنمونه) و بیشترین طول ریشه (۹/۱۶ سانتی‌متر) در ریزنمونه‌ی برگ ۲۰ روزه و ۷۲ ساعت هم‌کشتی حاصل شد. تأیید مولکولی ریشه‌های موین به وسیله PCR با استفاده از آغازگرهای اختصاصی ژن *rolB* انجام شد. در ادامه، تأثیر سه نوع محیط کشت مختلف (MS جامد، MS مایع و MS ۱/۲ مایع) بر میزان تولید زیست‌توده در پر رشدترین لاین ریشه‌های موین بررسی شد. نتایج نشان داد محیط کشت MS ۱/۲ مایع، بهترین محیط کشت برای تولید بیشترین وزن تر (۲/۰۱ گرم) و خشک (۰/۱۶ گرم) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آگروباکتریوم رایزوژنز، ریشه‌های موین، ژن *rol*، متابولیت‌های ثانویه، هم‌کشتی

مقدمه

موین در گیاهان، با استفاده از *A. rhizogenes* انجام می‌گیرد. ریشه‌های موین، با داشتن سرعت رشدی بسیار زیاد، پایداری ژنتیکی بالا و امکان تولید متابولیت‌های ثانویه‌ی با ارزش، در زمان کم با بازده فراوان و بدون نیاز به تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، راهکاری سودمند برای تولید ترکیبات دارویی می‌باشد به طور مثال در کشت ریشه‌های موین گیاه بذربالنج مقدار ماده‌ی اسکوپولامین (Scopolamine) به میزان ۴/۱٪ وزن خشک ریشه گزارش شده است (۲۶ و ۳۰).

گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.) بسته به مناطق مختلف، به صورت یکساله، دوساله و چندساله رشد می‌کند. تقریباً تمام قسمت‌های گیاه کاسنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله ترکیبات برگ کاسنی شیکوریک اسید، سولفات و فسفات‌های سدیم، منیزیم، پتاسیم و نترات پتاسیم است. ریشه دارای ۱۵-۱۱ درصد اینولین، قند‌های مختلف از قبیل گلوکز، فروکتوز و ساکارز، شیکوریک اسید، پکتین، سسکویی‌ترین لاکتون، اسید تارتاریک می‌باشد. گل‌های کاسنی حاوی ماده‌ی شیکوریک اسید می‌باشد. از ریشه‌ی این گیاه در درمان بیماری‌های کبدی و صفراوی و التیام زخم، همچنین به عنوان اشتهاآور، محرک صفرا و کمک‌کننده به عمل هضم غذا، مدر و تب‌بر استفاده می‌شود (۱۲). با توجه به اهمیت کبد در تصفیه‌ی بدن از

از دیرباز تاکنون، گیاهان دارویی از ارزش و اهمیت خاصی در تأمین بهداشت و سلامتی جوامع، هم به لحاظ درمان و هم پیش‌گیری از بیماری‌ها برخوردار بوده و هستند. در واقع این بخش از منابع طبیعی قدمتی همپای بشر داشته و یکی از مهمترین منابع دارویی بشر در طول نسل‌ها بوده‌اند. روش‌های سنتی کشت گیاهان دارویی اغلب نیاز به ماه‌ها و حتی سال‌ها زمان جهت تولید متابولیت‌های ثانویه دارند. به علاوه مقدار متابولیت تولید شده بسیار اندک می‌باشد (۲۷) همچنین تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله عوامل بیماری‌زا یا تغییرات آب و هوایی می‌باشد. کشت بافت گیاهان دارویی به عنوان یک راه حل جهت تولید متابولیت‌های ثانویه با ارزش معرفی شده است (۱۰). یکی از روش‌هایی که امروزه برای افزایش ترکیبات دارویی در گیاهان دارویی بسیار مورد توجه قرار گرفته است استفاده از کشت بافت ریشه‌های موین می‌باشد (۸ و ۳۴) تشکیل ریشه‌های

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
(Email: mohebodini@uma.ac.ir)
* - نویسنده مسئول

ضد عفونی و کشت بذر

جهت ضد عفونی بذور، ابتدا بذور به مدت ۳۰ دقیقه در محلول بنومیل ۲ درصد نگهداری شدند. سپس زیر هود لامینار در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۲۰ دقیقه ضد عفونی گردیدند و پس از چند بار آبکشی، در الکل ۷۰ درصد به مدت ۹۰ ثانیه غوطه‌ور شدند و سپس به مدت ۱۵ دقیقه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند. بذور ضد عفونی شده در محیط کشت MS (۲۳) کشت گردیدند. داخل هر شیشه ۲۰ عدد بذر قرار گرفت و در اتاقک رشد با دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد و تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

تهیه سوسپانسیون باکتری

یک کلونی از باکتری *A. rhizogenes* در ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت LB (۴) مایع حاوی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر آنتی‌بیوتیک ریفاپسین، کشت گردید. کشت باکتری در شیکر انکوباتور با دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد و با چرخش ۱۲۰ دور در دقیقه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. میزان OD₆₀₀ سوسپانسیون باکتری برای تلقیح در محیط کشت LB، ۰/۶ در نظر گرفته شد.

تلقیح و هم‌کشتی ریزنمونه با باکتری

از گیاهچه‌های ۲۰ و ۲۸ روزه ریز نمونه‌ی برگ و دم‌برگ تهیه شد. ریز نمونه‌ها به طول ۱ سانتی‌متر برش داده شدند و در سوسپانسیون باکتری به مدت ۱۵ دقیقه غوطه‌ور شدند. ریزنمونه‌های تلقیح شده، در روی کاغذ صافی، نسبتاً خشک گردید و سپس روی محیط کشت MS حاوی ۳ درصد ساکارز و ۵/۵ گرم در لیتر آگار کشت و به مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریکی نگهداری شدند. ریزنمونه‌های تلقیح نشده نیز به عنوان شاهد در شرایطی مشابه با تیمار کشت گردیدند. این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. پس از سپری شدن مدت هم‌کشتی، ریز نمونه‌ها در آب مقطر استریل حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر سفوتاکسیم شستشو داده شدند و پس از خشک کردن روی کاغذ صافی استریل، به محیط کشت MS جامد حاوی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سفوتاکسیم انتقال داده شد. هر آزمایش با سه تکرار انجام شد و در هر تکرار پنج ریز نمونه کشت گردید. بعد از استقرار ریز نمونه‌ها در محیط کشت، اطراف پتری دیش‌ها با سلفون بسته شد و در دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد و شرایط ۱۶ ساعت روشنایی (شدت نور ۲۰۰۰ لوکس) و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شدند. پس از گذشت چهار هفته از ظهور ریشه‌ها، درصد القای ریشه‌های موین، میانگین تعداد و طول ریشه‌ها محاسبه گردید.

سموم و کمبود داروهای کبیدی در کشور، اهمیت ریشه‌ی کاسنی در درمان بیماری‌های کبیدی و صفراوی بیش از پیش مورد توجه است. هدف از این تحقیق بهینه‌سازی القا و کشت ریشه‌ی موین حاصل از ریزنمونه‌های برگ و دم‌برگ گیاه کاسنی با استفاده از *A. rhizogenes* سویه‌ی ۱۱۳۲۵ در شرایط درون شیشه‌ای می‌باشد.

تولید ریشه‌های موین تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد. بسته به گونه‌های گیاهی مختلف، نوع ریزنمونه‌ی مناسب برای القای ریشه‌های موین ممکن است متفاوت باشد. انواع قسمت‌های مختلف گیاه از جمله کوتیلدون، هیپوکوتیل، برگ، دم‌برگ، گره ساقه، ساقه و گیاهچه‌ی کامل را می‌توان به عنوان ریزنمونه‌ی گیاهی استفاده کرد تا بهترین ریزنمونه را گزینش کرد (۹ و ۳۲). بهینه‌سازی مدت تماس بافت گیاهی با باکتری در طی تلقیح و هم‌کشتی نیز از عوامل تأثیرگذار در القاء و رشد ریشه‌های موین می‌باشد (۳۷). در این تحقیق از بین سه مدت هم‌کشتی مختلف، بیشترین درصد القای ریشه‌های موین در اثر ۷۲ ساعت هم‌کشتی حاصل شد همانطور که پژوهش‌های دیگری نیز گزارش کردند که مدت ۷۲ ساعت هم‌کشتی بیشترین تأثیر را در القای ریشه‌های موین نسبت به ۱ تا ۶ روز هم‌کشتی بود (۱۸). همچنین در گیاه *Berberis aristata* DC. نیز ۴۸ ساعت هم‌کشتی کارایی بهتری نسبت به ۲۴ ساعت هم‌کشتی داشته است (۵). همچنین در گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) بهترین مدت زمان تلقیح، پنج دقیقه و ۴۸ ساعت مدت هم‌کشتی گزارش شده است (۱۵). اتصال ناحیه‌ی T-DNA به داخل ژنوم گیاهی بصورت تصادفی اتفاق می‌افتد به همین دلیل ریشه‌های تولید شده معمولاً الگوهای مختلف تجمع متابولیت ثانویه را نشان می‌دهند. در پژوهشی ۴۵ لاین ریشه‌های موین از گیاه *Daboisia leichhardtii* F. آنالیز شد و دریافتند که تغییرات قابل توجهی در سرعت رشد، محتوای آلکالوئید در بین لاین‌های مختلف وجود دارد. بسته به جایگاه ورود T-DNA در ژنوم گیاه، توان ریشه‌های موین در تولید متابولیت ثانویه متفاوت می‌باشد. مشخص شده که ریشه‌های موین از نظر ژنتیکی پایدار بوده و زیرکشت آن‌ها آسان می‌باشد. اما لاین‌های مختلف آن دارای ناهمگنی می‌باشد و برای دستیابی به لاین‌های برتر که دارای قدرت رشد و تولید متابولیت ثانویه‌ی بیشتری می‌باشند لازم است عمل گزینش بین لاین‌ها انجام شود (۹).

تحقیقات نشان داده است در بیشتر گونه‌های گیاهی، بافت‌های جوان‌تر کارایی بیشتری در تولید ریشه‌های موین دارند. در واقع سن ریزنمونه بر خصوصیات فیزیولوژیکی ریزنمونه‌ها تأثیر گذاشته و توانایی سلول‌های گیاهی بر تراریخت شدن و بیان شدن ژن‌های منتقل شده از اگروباکتریوم رایزوژنر را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها

کردن ریشه‌ها در آون در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت وزن خشک آن یادداشت‌برداری شد.

آنالیز آماری داده‌ها

آزمایش مربوط به بررسی تأثیر سن ریزنمونه و مدت هم‌کشتی (برای برگ و دم‌برگ به طور جداگانه) بر میزان القای ریشه‌های موئین بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. همچنین آزمایش مربوط به تأثیر سن ریزنمونه و نوع محیط کشت بر میزان وزن تر و خشک لاین انتخاب شده از ریشه‌های موئین به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS 16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. قبل از آنالیزهای آماری، آزمون تست نرمال بودن داده‌ها انجام گردید. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

القای ریشه‌های موئین در ریزنمونه‌های برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سن ریزنمونه و مدت هم‌کشتی بر درصد القای ریشه‌های موئین و میانگین تعداد و طول ریشه‌ها معنی‌دار نبوده اما اثر اصلی سن ریزنمونه بر درصد القای ریشه‌های موئین و میانگین تعداد و طول ریشه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد همچنین اثر اصلی مدت هم‌کشتی بر درصد القای ریشه‌های موئین و میانگین تعداد ریشه‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و بر میانگین طول ریشه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد مدت ۷۲ ساعت هم‌کشتی ریزنمونه‌های برگ ۲۰ روزه در القای ریشه‌ی، با ۵۳/۳۳ درصد تراریختی و میانگین ۸/۵ عدد ریشه و طول ۹/۱۶ سانتی‌متر در هر ریزنمونه بیشترین تأثیر را در القای ریشه‌های موئین داشته است. در ریزنمونه‌های غیرتراریخت، بیشترین القای ریشه‌های نابجا در برگ‌های ۲۰ روزه (۱۳/۳۳ درصد) مشاهده شد (جدول ۱ و ۲ و شکل ۱).

در تحقیق حاضر القای ریشه‌های موئین گیاه کاسنی با استفاده از سویه‌ی ۱۱۳۲۵ *A. rhizogenes* انجام شد و تلقیح ریزنمونه‌ها از طریق شناورسازی در سوسپانسیون باکتری به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. روش و مدت زمان تلقیح از عوامل مؤثر بر القای ریشه‌های موئین می‌باشد. در بسیاری از تحقیقات از روش شناورسازی برای تلقیح استفاده شده است (۲۲، ۳۵ و ۳۶) همچنین تأثیر *A. rhizogenes* بر القای ریشه‌های موئین به عوامل مختلفی از جمله سویه‌ی باکتری، نوع گیاه، سن ریزنمونه، نوع ریزنمونه، مدت هم‌کشتی، نوع محیط کشت بستگی دارد (۲۸).

تأیید مولکولی ریشه‌های موئین با استفاده از پرایمرهای اختصاصی

جهت تأیید مولکولی ریشه‌های موئین، استخراج DNA به روش CTAB (۱۷) از ریشه‌های موئین و همچنین ریشه‌های حاصل از ریزنمونه‌های تلقیح نیافته به عنوان شاهد انجام شد. پلاسمید *A. rhizogenes* سویه‌ی ۱۱۳۲۵ نیز به عنوان کنترل مثبت استفاده شد. برنامه‌ی PCR با آغازگرهای اختصاصی ژن *rol B* بر روی DNA استخراج شده انجام شد. توالی آغازگرها به صورت زیر بود: 5'-ATGGATCCCAAATTGCTATTCCCCACGA-3' (آغازگر مس) و 5'-TAGGCTTCTTTCATTTCGGTTTACTGCAGC-3' (آغازگر معکوس). برنامه‌ی RCR شامل یک چرخه واسرشتگی اولیه در دمای ۹۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه، ۳۵ چرخه شامل واسرشتگی در دمای ۹۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه، اتصال آغازگرها در دمای ۵۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴۵ ثانیه، بسط در دمای ۷۲ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه و یک چرخه بسط نهایی در دمای ۷۲ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۷ دقیقه بود. محصولات PCR پس از الکتروفورز در ژل آگارز ۰/۸ درصد در دستگاه ژل داک، مورد مشاهده و عکس‌برداری قرار گرفتند.

کشت ریشه‌ها در محیط کشت‌های مختلف

ابتدا برای انتخاب بهترین لاین ریشه‌های موئین، چهار لاین مختلف حاصل از یک ریزنمونه، در ظروف جداگانه در محیط کشت MS مایع حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سفوتاکسیم، در ظروف شیشه‌ی مربا کشت شدند سپس در شیکر انکوباتور با دور ۱۲۰ دور در دقیقه و دمای ۲۶ درجه‌ی سانتی‌گراد و در تاریکی نگهداری شدند پس از سه هفته، لاینی از ریشه‌ی موئین که بیشترین رشد (افزایش وزن) را داشت با استفاده از توزین ریشه‌ها انتخاب شد (داده‌ها آورده نشده است). در مرحله‌ی بعد به منظور بررسی تأثیر نوع محیط کشت در رشد ریشه‌ها، ۱۰۰ میلی‌گرم از نوک ریشه‌های لاین برتر، جدا و به ظروف شیشه‌ی مربای حاوی ۱۵ میلی‌لیتر محیط کشت MS جامد، MS مایع و ۱/۲MS مایع در سه تکرار کشت گردید. لازم به ذکر است که از سفوتاکسیم با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در تمام محیط کشت‌ها استفاده شد. ریشه‌های کشت شده در محیط مایع بر روی شیکر با دور ۱۰۰ دور در دقیقه و دمای 25 ± 2 درجه‌ی سانتی‌گراد در تاریکی قرار گرفتند و ریشه‌های کشت شده در محیط کشت جامد در بصورت ثابت و دمای 25 ± 2 درجه‌ی سانتی‌گراد در تاریکی نگهداری شدند. هر دو هفته یکبار واکشت ریشه‌ها انجام گردید. بعد از پنج هفته، ریشه‌ها از شیشه‌ی مربایی بیرون آورده شد و وزن تر آن‌ها با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. پس از خشک

Scrophularia zanthoxyloides ۱۱ روز (۱۸)، در گیاه *buergeriana miquel* ۱۵ روز پس از تلقیح، ریشه‌های موین ظاهر شدند (۲۹) همچنین درصد القای ریشه‌های موین در ریزنمونه‌های با سن پایین‌تر بیشتر بود به طوری که در برگ‌های ۲۰ روزه ۵۳/۳۳ درصد اما در برگ‌های ۲۸ روزه ۴۶/۶۶ درصد بود. همچنین نتایج پژوهشی نشان داد سویه‌ی A13 و محیط کشت MS بیشترین کارایی را در القای ریشه‌های موین در ریزنمونه‌های کوتیلدونی هشت روزه داشته اند (۱۴).

برخی گونه‌های گیاهی مستعد القای ریشه‌های موین هستند و برخی دیگر از گونه‌ها به سختی می‌توانند ریشه‌های موین تولید کنند مثلاً گونه‌های چوبی از جمله گیاه جینکو (*Biloba ginkgo*) که فنل زیادی تولید می‌کند، القای ریشه‌های موین به سختی در آنها اتفاق می‌افتد (۱ و ۱۹). زمان ظهور ریشه‌ها نیز بسته به نوع و سن ریزنمونه متفاوت می‌باشد به طوری که در ریزنمونه‌های برگ در مدت ۹-۱۲ روز پس از تلقیح، اما در ریزنمونه‌های دمبرگ ۱۵ روز پس از تلقیح ظاهر شد. همچنان که در ریزنمونه‌های برگ گیاه *Zanthoxylum*

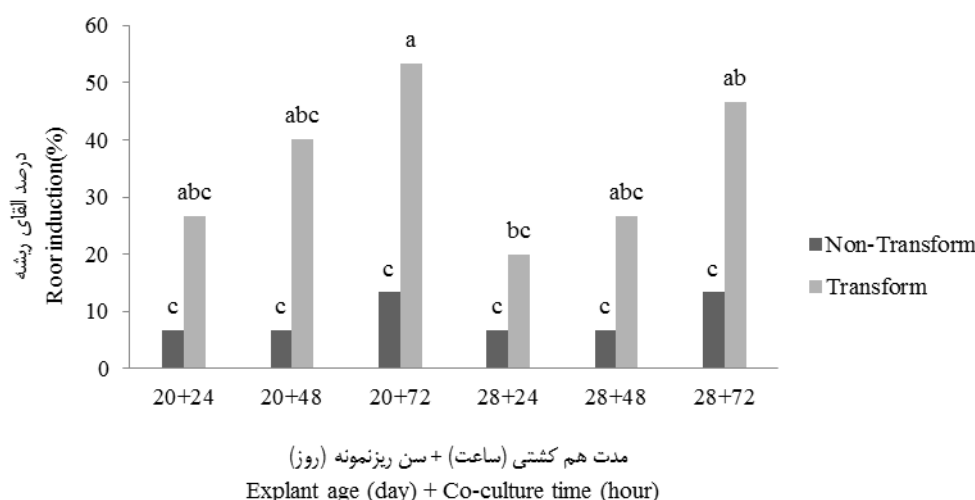
جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر سن ریزنمونه و مدت هم‌کشتی مختلف بر برخی صفات ریشه‌های نابجا و موین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.

Table 1- Analysis of variance for the effect of different explant age and co-culture time on some characteristics of *Cichorium intybus* L. hairy roots

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares		
		درصد القای ریشه Root induction (%)	تعداد ریشه Root number	طول ریشه Root length (cm)
سن ریزنمونه Explant age	3	2058.58**	79.88**	102.58 **
مدت هم‌کشتی Co-culture time	2	1077.77*	33.04*	45.28**
مدت هم‌کشتی × سن ریزنمونه Explant age × Co-culture time	6	85.18 ns	1.96 ns	6.56 ns
اشتباه آزمایشی Error	24	300	5.38	5.57

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

ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively



شکل ۱- مقایسه‌ی میانگین تأثیر سن ریزنمونه و مدت هم‌کشتی بر درصد القای ریشه‌های موین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

Figure 1- Mean comparisons of the effects of explant age and co-culture time on hairy root induction of *Cichorium intybus* L. (DMRT, $p < 0.05$)

جدول ۲- مقایسه‌ی میانگین تأثیر سن ریزنمونه و مدت هم‌کشتی بر روی صفات ریشه‌های موپین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

Table 2- Mean comparisons of the effects of explant age and co-culture time on hairy root characteristics of *Cichorium intybus* L.

	مدت هم‌کشتی (ساعت) + سن ریزنمونه (روز) Explant age (day) + Co-culture time (hours)	تعداد ریشه	طول ریشه
		Root number	Root length (cm)
غیر تراریخت Non-Transform	20+24	0.33 c	0.83 d
	20+48	0.33 c	1 d
	20+72	1 c	3.66 bcd
	28+24	0.33 c	1 d
	28+48	0.33 c	1.33 d
	28+72	0.66 c	2.83 cd
تراریخت Transform	20+24	3.23 bc	6.16 abc
	20+48	7 ab	7.86 ab
	20+72	8.5 a	9.16 a
	28+24	1.66 c	3.5 cd
	28+48	2.83 bc	5.03 abcd
	28+72	8.33 a	8.73 a

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

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

القای ریشه‌های موپین در ریزنمونه‌های دم‌برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سن ریزنمونه و مدت هم‌کشتی‌ها بر درصد القای ریشه‌های موپین و میانگین تعداد و طول ریشه‌ها معنی‌دار نبوده اما اثر اصلی سن ریزنمونه بر درصد القای ریشه‌های موپین و میانگین تعداد و طول ریشه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد همچنین اثر اصلی مدت هم‌کشتی بر درصد القای ریشه‌های موپین و میانگین تعداد ریشه‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و بر میانگین طول ریشه‌ها در سطح

احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد مدت ۷۲ ساعت هم‌کشتی ریزنمونه‌های دم‌برگ ۲۰ روزه، باعث بیشترین میزان تراریختی (۳۳/۳۳ درصد) شد همچنین بیشترین میانگین تعداد ریشه (۳/۶۶) و طول ریشه (۱۱/۴۶ سانتی‌متر) در ۷۲ ساعت هم‌کشتی ریزنمونه‌های دم‌برگ ۲۸ روزه حاصل شد (جدول ۳ و ۴ و شکل ۳). در ریزنمونه‌های دم‌برگ غیرتراریخت، القای ریشه‌های نابجا صورت نگرفت (شکل ۲).

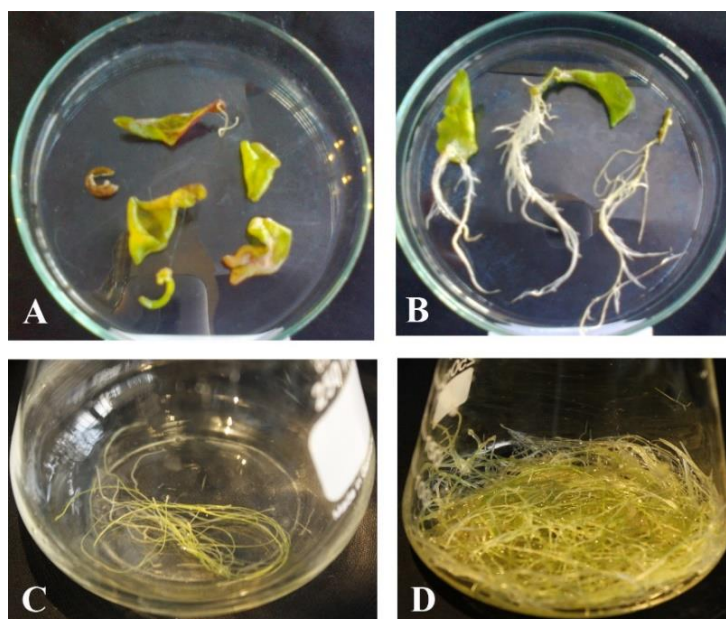
جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر سن ریزنمونه و مدت هم‌کشتی مختلف بر برخی صفات ریشه‌های نابجا موپین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

Table 3- Analysis of variance of different explant age and co-culture time on some characteristics of *Cichorium intybus* L. hairy roots

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of square		
		درصد القای ریشه Root induction (%)	تعداد ریشه Root number	طول ریشه Root length (cm)
سن ریزنمونه Explant age	3	977.77**	14.54**	173.30**
مدت هم‌کشتی Co-culture time	2	411.11*	5.33*	22.98**
مدت هم‌کشتی × سن ریزنمونه Explant age × Co-culture time	6	144.44ns	1.85ns	10.16**
اشتباه آزمایشی Error	24	88.88	1.47	2.57

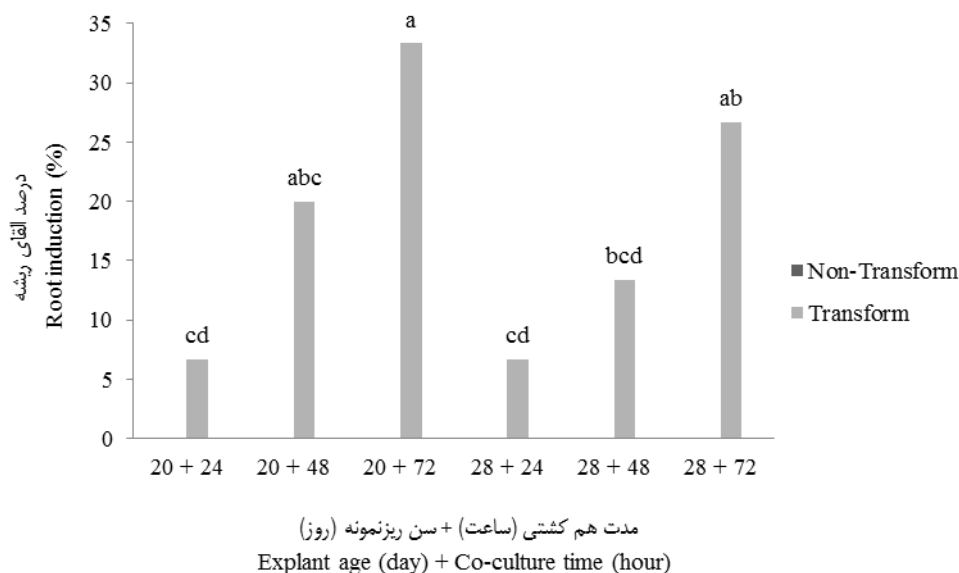
ns, *, **: به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *, **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively



شکل ۲- مقایسه‌ی رشد ریشه‌های موئین و ریشه‌های نابجا در گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.): A: القای ریشه‌های نابجا در ریزنمونه‌های برگ و دم‌برگ غیر تراریخت، B: القای ریشه‌های موئین در ریزنمونه‌های برگ و دم‌برگ تراریخت، C: رشد ریشه‌های نابجا در محیط کشت MS مایع، D: رشد ریشه‌های موئین در محیط کشت MS مایع

Figure 2- Comparatives of hairy roots and adventitious root growth of *Cichorium intybus* L., A: Adventitious root induction on non-transformed leaf and petiole explants, B: Hairy root induction on transformed leaf and petiole explants, c: Adventitious root growth on liquid MS medium, D: Hairy roots growth on liquid MS medium.



شکل ۳- مقایسه‌ی میانگین تأثیر سن ریزنمونه و مدت هم‌کشتی بر درصد القای ریشه‌های موئین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)
Figure 3- Mean comparisons of the effects of explant age and co-culture time on hairy root induction of *Cichorium intybus* L. (DMRT, $p < 0.05$)

جدول ۴- مقایسه‌ی میانگین تأثیر سن ریزنمونه و مدت هم‌کشتی بر روی صفات ریشه‌های نابجا و موپین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

Table 4- Mean comparisons of the effects of explant age and co-culture time on hairy root characteristics of *Cichorium intybus* L.

	سن ریزنمونه (روز) + مدت هم‌کشتی (ساعت) Explant age (day) + Co-culture time (hours)	تعداد ریشه	طول ریشه
		Root number	Root length (cm)
غیر تراریخت Non-Transform	24+20	0 d	0 d
	48+20	0 c	0 d
	72+20	0 c	0 cde
	24+28	0 c	0 de
	48+28	0 c	0 de
	72+28	0 c	0 de
تراریخت Transform	24+20	0.66 bc	5.83 cd
	48+20	1.66 abc	8 bc
	72+20	3.33 a	9.16 ab
	24+28	1 bc	3.73 d
	48+28	2.66 ab	7.4 bc
	72+28	3.66 a	11.46 a

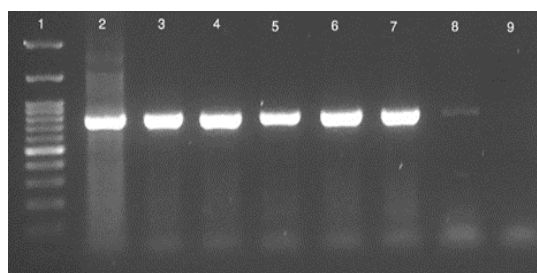
اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p < 0.05$) نمی‌باشند

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

تائید مولکولی ریشه‌های موپین با استفاده از پرایمرهای اختصاصی

نتایج حاصل از PCR و الکتروفورز، حضور نوار ۷۶۰ bp مربوط به تکثیر ژن *rolB* را نشان داد که با نوار شاهد مثبت (باکتری) هم‌اندازه بود اما برای ریشه‌های حاصل از ریزنمونه‌های تلقیح نشده نواری تکثیر نشد (شکل ۴).

تراریخت‌سازی توسط *A. rhizogenes* از طریق انتقال و درج ناحیه‌ی T-DNA پلاسمید باکتری در داخل گیاه میزبان می‌باشد بنابراین مدت هم‌کشتی ریزنمونه‌ها با باکتری، از عوامل مهم در تعیین درصد تراریختی می‌باشد. در این تحقیق بیشترین درصد تراریختی و میانگین تعداد و طول ریشه‌ها در اثر ۷۲ ساعت هم‌کشتی حاصل شد همانطور که در گیاه *Berberis aristata* DC. نیز ۴۸ ساعت هم‌کشتی کارایی بهتری نسبت به ۲۴ ساعت هم‌کشتی داشته است (۵) همچنین در گیاه *Chonemorpha fragrans* ۷ روز هم‌کشتی کارایی بهتری نسبت به ۸-۱۰ روز هم‌کشتی نشان داده است (۱۶)



شکل ۴- تکثیر قطعه DNA به اندازه‌ی ۷۶۰ bp در واکنش PCR با آغازگرهای اختصاصی ژن *rolB* بر روی DNA ریشه‌های موپین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.): ۱: نشانگر اندازه‌ی DNA یک کیلوپازی، ۲: *A. rhizogenes* سویه‌ی ۱۱۳۲۵ به عنوان کنترل مثبت، ۳-۸: ریشه‌های موپین، ۹: ریشه نابجای حاصل از ریزنمونه‌های غیر تراریخت به عنوان شاهد منفی

Figure 4- PCR amplified DNA fragments in size (760 bp) using specific primers for *rolB* gene of *A. rhizogenes* on *Cichorium intybus* L. hairy root DNA. 1: 1 Kb DNA Ladder, 2: *A. rhizogenes* strain 11325 as positive control, 3-8: hairy roots, 9: Adventitious root raised from non-transformed explant as negative control

ریشه‌های موپین کاسنی را تائید کرد (۱۳). انتقال و درج ناحیه‌ی T-DNA در سلول‌های گیاه میزبان به صورت تصادفی اتفاق می‌افتد لذا تنوع رشدی و مورفولوژی زیادی بین هر لاین ریشه‌های موپین که هر کدام از یک سلول تراریخت

در پژوهشی که بر روی القای ریشه‌های موپین در گیاه کاسنی انجام شد انتقال و بیان ژن گزارشگر GUS از باکتری سویه A13 تراریخته به ریشه‌های موپین بررسی شد و نتایج تکثیر ژن با PCR و آزمون فیتوشیمیایی ریشه‌های موپین، انتقال یافتن و بیان این ژن در

حاصل شده‌اند مشاهده می‌شوند. در واقع تنوع در تعداد نسخه‌های درج شده از T-DNA و میزان بیان ژن‌های موجود در آن از جمله ژن *rol* نقش بسزایی در تنوع رشدی لاین‌های مختلف ریشه‌های مویین دارد (۶). در این پژوهش، فنوتیپ رشدی لاین‌های تراریخت که به طور جداگانه در ۱۵ میلی‌لیتر محیط کشت MS مایع حاوی ۲۵۰ mg/l سفوتاکسیم کشت شده بودند تنوع مشهودی را در میزان رشد نشان دادند. برخی از لاین‌ها رشد طولی زیادی از خود نشان دادند اما برخی دیگر از لاین‌ها رشد طولی کمتر اما انشعاب‌دهی زیادی داشتند برخی دیگر نیز رشد کمتر داشته و پوشش کالوسی پیدا کردند. در پژوهشی آذر مهر و همکاران (۲) میزان رشد و تولید متابولیت‌های ثانویه در دودمان‌های مختلف ریشه‌های مویین حاصل از تلقیح برگ‌های چهار هفته‌ای کاسنی با سویه A4، بررسی کردند و نتایج بدست آمده نشان داد که دودمان‌های مختلف ریشه‌های مویین که هر کدام از یک سلول تراریخت حاصل شده است تفاوت معنی‌داری از لحاظ توانایی رشد و تولید متابولیت ثانویه نسبت به یکدیگر دارند. پژوهش‌های دیگر نیز از جمله کشت ۴۵ لاین مختلف ریشه‌های مویین گیاه *Duboisia leichhardtii* در محیط کشت MS تفاوت معنی‌داری را در توان رشدی و تولید متابولیت‌های ثانویه در لاین‌های مختلف ریشه‌های مویین نشان داد (۲۱) همچنین در تحقیقی برای بررسی توان رشدی لاین‌های مختلف ریشه‌های مویین حاصل از گیاه *Gentiana scabra*، ۲۴ لاین مختلف در محیط کشت WPM کشت شده بود و پس از ۸ هفته میزان وزن خشک لاین‌های مختلف تفاوت چشمگیری با یکدیگر داشتند به طوری که وزن خشک لاین پنج به میزان ۴۴ برابر افزایش یافت در حالی که لاین ۱۸ فقط به میزان تقریباً دو برابر افزایش نشان داده بود (۱۱).

مقایسه‌ی تأثیر سن ریزنمونه و نوع محیط کشت بر وزن

تر و خشک ریشه‌های مویین در ریزنمونه‌ی برگ

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سن ریزنمونه و نوع محیط کشت بر وزن تر و خشک ریشه‌های مویین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. جدول مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن تر (۲/۰۱ گرم) و خشک (۰/۱۶ گرم) در ریشه‌های مویین حاصل از برگ‌های ۲۰ روزه که در محیط کشت MS ۱/۲ کشت شده بود حاصل شد و کمترین وزن تر (۰/۱۱ گرم) و خشک (۰/۰۱ گرم) مربوط به ریشه‌های نابجای حاصل از برگ‌های ۲۸ روزه‌ی غیرتراریخت که در محیط کشت MS جامد کشت شده بود مشاهده شد (جدول ۵ و ۶). به نظر می‌رسد نوع و غلظت محیط کشت، تأثیر بسزایی بر رشد ریشه‌های مویین دارد به همین دلیل بهینه‌سازی محیط کشت به منظور رشد مطلوب و تولید متابولیت‌های ثانویه حائز اهمیت است (۳۱).

مقایسه‌ی تأثیر سن ریزنمونه و نوع محیط کشت بر وزن

تر و خشک ریشه‌های مویین در ریزنمونه‌های دمبرگ

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سن ریزنمونه و نوع محیط کشت بر وزن تر ریشه‌های مویین در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. جدول مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن تر (۱/۵۴ گرم) و وزن خشک (۰/۱۳ گرم) در ریشه‌های حاصل از دمبرگ‌های ۲۰ روزه و کشت ریشه‌ها در محیط کشت MS ۱/۲ حاصل شد (جدول ۷ و ۸).

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر سن ریزنمونه و نوع محیط کشت بر برخی صفات ریشه‌های نابجا و مویین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)

Table 5- Analysis of variance of explant age and type of medium on some characteristics of adventitious and hairy roots of *Cichorium intybus* L.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	
		وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight
سن ریزنمونه Axplant age	3	3.19**	0.023**
نوع محیط کشت Medium type	2	0.92**	0.007**
نوع محیط کشت × سن ریزنمونه Explant age × Medium type	6	0.33**	0.003**
اشتباه آزمایشی Error	24	0.056	0.0004

***: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

***: significant at 1% probability levels

جدول ۶- مقایسه‌ی میانگین تأثیر سن ریزنمونه و نوع محیط کشت بر روی صفات ریشه‌های نابجا و موئین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)
Table 6- Mean comparisons of the effects of explant age and medium type on adventitious and hairy root characteristics of *Cichorium intybus* L.

	نوع محیط کشت + سن ریزنمونه (روز) Explant age (day) + Medium type	وزن تر	وزن خشک
		Fresh weight (g)	Dry weight (g)
غیر تراریخت Non-Transform	20+ Solid MS	0.14 d	0.017 c
	20+ Liquid MS	0.16 d	0.014 c
	20+ Liquid 1/2MS	0.19 cd	0.017 c
	28+ Solid MS	0.11 d	0.016 c
	28+ Liquid MS	0.16 d	0.016 c
	28+ Liquid 1/2MS	0.19 cd	0.021 c
تراریخت Transform	20+ Solid MS	0.56 cd	0.044 c
	20+ Liquid MS	1.44 d	0.13 b
	20+ Liquid 1/2MS	2.01 a	0.16 a
	28+ Solid MS	0.62 c	0.053 c
	28+ Liquid MS	1.17 b	0.101 b
	28+ Liquid 1/2MS	1.20 b	0.109 b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن ($p < 0.05$) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns based on Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

جدول ۷- تجزیه واریانس تأثیر سن ریزنمونه و نوع محیط کشت بر برخی صفات ریشه‌های نابجا و موئین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)
Table 7- Analysis of variance of explant age and type of medium on some characteristics of adventitious and hairy roots of *Cichorium intybus* L.

منابع تغییرات Souere of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	
		وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight
سن ریزنمونه Explant age	3	6.38**	0.016**
نوع محیط کشت Medium type	2	2.22**	0.006**
نوع محیط کشت × سن ریزنمونه Explant age × Medium type	6	0.79**	0.002**
اشتباه آزمایشی Error	24	0.26	0.0002

***: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد
**: significant at 1% probability levels

جدول ۸- مقایسه‌ی میانگین تأثیر سن ریزنمونه و نوع محیط کشت بر روی صفات ریشه‌های موئین گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)
Table 8- Mean comparisons of the effects of explant age and medium type on adventitious and hairy root characteristics of *Cichorium intybus* L.

	نوع محیط کشت + سن ریزنمونه Explant age (day) + Medium type	وزن تر	وزن خشک
		Fresh weight (g)	Dry weight (g)
تراریخت Transform	20+ Solid MS	0.47 c	0.038
	20+ Liquid MS	0.89 b	0.076
	20+ Liquid 1/2MS	1.54 a	0.130 a
	28+ Solid MS	0.27 cd	0.024 cd
	28+ Liquid MS	0.61 bc	0.051 bc
	28+ Liquid 1/2MS	1.24 a	0.106 a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن ($p < 0.05$) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns based on Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

به منظور رشد مطلوب و تولید متابولیت‌های ثانویه حائز اهمیت است (۳۱). این تحقیق نشان داد که محیط کشت ۱/۲MS مناسب‌ترین

استفاده از محیط کشت مناسب، از عوامل تأثیرگذار در استقرار و رشد ریشه‌های موئین می‌باشد (۲۰ و ۳۳) لذا بهینه‌سازی محیط کشت

تأثیر را نشان داد (۷). در پژوهشی آذر مهر و همکاران (۳) تأثیر فلز روی در غلظت‌های مختلف بر روی میزان رشد ریشه‌های موئین، تولید متابولیت‌های ثانویه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بررسی شد و نتایج بدست آمده نشان داد فلز روی باعث کاهش وزن ریشه‌های موئین شده، اما اثرات مثبتی بر افزایش متابولیت ثانویه موجود در ریشه‌های موئین از جمله فنل، فلاونوئید و شیکوریک اسید، و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی موجود در ریشه‌های موئین داشته است. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق و بررسی منابع انجام شده، این بررسی اولین گزارش القا ریشه موئین در گیاه کاسنی با استفاده از سویه ۱۱۳۲۵ با استفاده از تیمارهای انجام شده می‌باشد که بیشترین میزان تراریخته سازی با استفاده از تیمارهای مختلف بدست آمد.

محیط کشت برای رشد ریشه‌های موئین می‌باشد. مشابه با نتایج تحقیق حاضر، در آزمایشی طی مقایسه‌ای اثر نوع محیط کشت MS، ۱/۲MS و B5 (Gamborg) بر رشد ریشه‌های موئین در گیاه *Scrophularia buergeriana*، محیط کشت ۱/۲ MS مناسب‌ترین محیط کشت معرفی شد (۲۵). در تعدادی از گیاهان دیگر نیز، محیط کشت ۱/۲MS بهترین محیط کشت برای رشد ریشه‌های موئین گزارش شده است (۳۵) اما پاک دین پاریزی و همکاران (۲۴) رشد ریشه‌های موئین حاصل از گیاه *Valeriana officinalis* L. را در محیط کشت‌های MS، ۱/۲MS، B₅، ۱/۲B₅ و N₆ مورد مطالعه قرار دادند که بعد از سه هفته بیشترین تجمع زیست‌توده در ریشه‌های موئین کشت شده در محیط کشت B₅ و بعد از آن به ترتیب در MS، ۱/۲MS و ۱/۲B₅ مشاهده شد و محیط کشت N₆ کمترین

منابع

- 1- Ayadi R., and Tremouillaux-Guiller J. 2003. Root formation from transgenic calli of *Ginkgo biloba*. Tree Physiology, 23: 713-718.
- 2- Azarmehr B., Karimi F., Taghizade M., and Mousavi Gargari S.L. 2012. Comparative study of growth and secondary metabolite production ability in transformed hairy roots from *Cichorium intybus* L. Journal of Plant Research, 26: 476-485. (In Persian with English abstract)
- 3- Azarmehr B., Karimi F., taghizadeh M., and Mousavi Gargari S.L. 2013. Secondary metabolite contents and antioxidant enzyme activities of *Cichorium intybus* hairy roots in response to z inc. Journal of Medicinal Plants and By-Products, 2: 131-138.
- 4- Bertani G. 1952. Studies on lysogenesis. I. The mode of phage liberation by lysogenic *Escherichia coli*. Journal of Bacteriology, 62: 293-300.
- 5- Brijwal A., and Tamta S. 2015. *Agrobacterium rhizogenes* mediated hairy root induction in endangered *Berberis aristata* DC, SpringerPlus, 4: 443-453.
- 6- Cho H.J., Widholm J.M., Tanaka N., Nakanishi Y., and Murooka Y. 1998. *Agrobacterium rhizogenes* mediated transformation and regeneration of the legume *Astragalus Sinicus* (Chinese milk). Plant Science, 138: 53-65.
- 7- Chu C.C., Wang C.S., Sun C.C., Hsu C., Yin K.C., and Chu C.Y. 1975. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources. Scientia Sinica, 18: 659-668.
- 8- Georgiev M.I., Agostini E., Ludwig-Müller J., and Xu J. 2012. Genetically transformed roots: from plant disease to biotechnological resource. Journal of Trends in Biotechnology, 30: 528-537.
- 9- Grzegorzczak-Karolak I., Kuzma L., Skala E., and Kiss A. 2018. Hairy root cultures of *Salvia viridis* L. for production of polyphenolic compounds. Industrial Crops and Products, 117: 235-242.
- 10- Hasanlu T., Rezazadeh S., and Rahnema H. 2008. Hairy roots sources for the production of valuable pharmaceutical compounds. Journal of Medicinal Plants, 29: 1-17.
- 11- Huang S.H., Vishwakarma R.K., Lee T.T., Chan H.S., and Tsay H.S. 2014. Establishment of hairy root lines and analysis of iridoids and secoiridoids in the medicinal plant *Gentiana scabra*. Botanical Studies, 55: 1- 17.
- 12- Jaiswal R., Kiprotich J., and Kuhnert N. 2011. Determination of the hydroxycinnamate profile of 12 members of the Asteraceae family. Journal of Phytochemistry, 72: 781-790.
- 13- Kabirnatay S., Nematzadeh G., Zolala J., and Talebi A. 2016. High-efficient transgenic hairy roots induction in chicory: redawn of a traditional herb. Acta Agriculturae Slovenica, 107(2): 321-334
- 14- Kabirnatay S., Zolala J., Nematzadeh G.A., and Shokri, E. 2012. Optimization of hairy root culture establishment in chicory plants (*Cichorium intybus* L.) through inoculation by *Agrobacterium rhizogenes*. Iranian Journal of Agricultural Biotechnology, 4: 61-75. (In Persian with English abstract)
- 15- Karthikeyan A., Palanivel S., Parvathy S., and Bhakya R.R. 2007. Hairy root induction from hypocotyl segment of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). African Journal Biotechnology, 15: 1817-1820.
- 16- Kedari P., and Malpatak N. 2014. Hairy root culture of *Chonemorpha fragrans* (moon) Alston plant for compothecin production. Indian Journal of Biotechnology, 13: 231-235.

- 17- Khan S., Irfan Q. M., Kamaluddin A., and Abdin M. 2007. Protocol for isolation of genomic DNA from dry and fresh roots of medicinal plants suitable for RAPD and restriction digestion. *African Journal of Biotechnology*, 6: 175-178.
- 18- Kodjo D., Atsou V.A., Melin C., Bland N., Oudin A., Courdavault V., Creche J., and Lanoue A. 2013. Optimized genetic transformation of *Zanthoxylum zanthoxyloides* by *Agrobacterium rhizogenes* and the production of chelerythrine and skimmiamine in hairy root cultures. *Engineering in Life Sciences*, 14: 95-99.
- 19- Lanoue A., Shakourzadeh K., Marison I., and Laberche J. C. 2004. Occurrence of circadian rhythms in hairy root cultures grown under controlled conditions. *Journal of Biotechnology and Bioengineering*, 88: 722-729.
- 20- Lourenco P.M.L., Castro S.D., Martins T.M., and Domingos A.C. 2002. Growth and proteolytic activity of hairy roots from *Centaurea calcitrapa*: effect of nitrogen and sucrose. *Enzyme and Microbial Technology*, 31: 242-249.
- 21- Mano Y., Ohkawa H., and Yamada Y. 1989. Production of tropane alkaloids by hairy root cultures of *Duboisia leichhardtii* transformed by *Agrobacterium rhizogenes*. *Plant Science*, 59: 191-201.
- 22- Manuhara Y. S., Kristanti A.N., Utami E.S., and Yachya A. 2015. Effect of sucrose and potassium nitrate on biomass and saponin content of *Talinum paniculatum* Gaertn. Hairy root in balloon-type bubble bioreactor. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(12): 1027-1032.
- 23- Murashige T., and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiolgia Plantarum*, 15: 473-476.
- 24- Pakdin Parizi A., Farsi M., Nematzadeh G.A., and Mirshamsi A. 2014. Impact of different culture media on hairy roots growth of *Valeriana officinalis* L.. *Acta Agriculturae Slovenica*, 103: 299-305
- 25- Park S.U., Li X., Eom S.H., Lee C.Y., and Lee S.Y. 2010. E-P-Methoxycinnamic acid production in hairy root cultures of *Scrophularia buergeriana* miquel. *Archives of Biological Sciences Belgrade*, 62(3): 649-652.
- 26- Rischer H., Hakkinen S.T., Ritala A., Seppanen-Laakso T., Miralpeix B., Capell T., Christou P., and Oksman-Caldentey K.M. 2013. Plant cells as pharmaceutical factories. *Current Pharmaceutical Design*, 19: 5640-5660.
- 27- Ritala A., Dong L., Imseng N., Seppänen-Laakso T., Vasilev N., and Krol S. 2014. Evaluation of tobacco (*Nicotiana tabacum* L. cv. Petit Havana SR1) hairy roots for the production of geraniol, the first committed step in terpenoid indole alkaloid pathway. *Journal of Biotechnology*, 176: 20-28.
- 28- Samadi A., Carapetian J., Heidary R., Jafari M., and Hssanzadeh A. 2012. Hairy root induction in *Linum mucronatum* sp. an anti-tumor lignans production plant. *Nothlae Botanicae Hortiagrobotanici Cluj- Napaca*, 40(1): 125-131.
- 29- Sang U., Xiaohua L., Seok H., Chung Y., and Sook Y. 2010. E-P-Methoxycinnamic acid production in hairy root culture of *Scrophularia buergeriana* miquel. *Archives of Biological Sciences*, 62(3): 649-652.
- 30- Sevonand N., and Oksman-Caldentey K.M. 2002. *Agrobacterium rhizogenes*-mediated transformation: root cultures as source of alkaloids. *Planta Medica*, 68: 859-868.
- 31- Shinde A., Malpathak N., and Fulzele D. 2010. Impact of nutrient components on production of the phytoestrogens daidzein and genistein by hairy roots of *Psoralea corylifolia*. *Journal of Natural Medicines*, 64: 346-353.
- 32- Singh R., Kamal S., Rani D., Mukhopadhyay K., and Banerjee M. 2014. Development of hairy root culture system of *Phlogacanthus thyrsiflorus* Nees. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 1(3): 107-112.
- 33- Sivakumar G., Yu K.W., and Paek K.Y. 2005. Production of biomass and ginsenosides from adventitious roots of *Panax ginseng* in bioreactor cultures. *Engineering in Life Sciences*, 5: 333-342.
- 34- Srivastava V., Kaur R., Chattopadhyay S.K., and Banerjee S. 2013. Production of industrially important cosmaceutical and pharmaceutical derivatives of betulinol by *Atropa belladonna* hairy root mediated biotransformation. *Industrial Crops and Products*, 44: 171-175.
- 35- Sujatha G., Zdravkovic-Korac S., Calic D., Flamini G., and Ranjitha Kumari B.D. 2013. High-efficiency *Agrobacterium rhizogenes*-mediated genetic transformation in *Artemisia vulgaris*: Hairy root production and essential oil analysis. *Industrial Crops and Products*, 44: 643-652.
- 36- Thiruvengadam M., Rekha K., and Chung I. 2016. Induction of hairy roots by *Agrobacterium rhizogenes*-mediated transformation of spine gourd (*Momordica dioica* Roxb. ex. willd) for the assessment of phenolic compounds and biological activities. *Scientia Horticulturae*, 198: 132-141.
- 37- Young-Am C., Yu H.S., Song J.S., Chun H.K., and Park S.U. 2000. Indigo production in hairy root cultures of *Polygonum tinctorium* Lour. *Biotechnology Letters*, 22: 1527-1530.



Optimization of Hairy Root Induction and Biomass Production of Chicory (*Cichorium intybus* L.)

R. Fathi¹- M. Mohebodini^{2*}- E. Chamani³

Received: 22-05-2017

Accepted: 29-09-2018

Introduction: Transformed hairy roots obtained by infection of plants with *Agrobacterium rhizogenes* strains are used as a tissue culture tool for secondary metabolite production since hairy roots are genetically and biologically stable and they are able to produce metabolite within a short time. Chicory (*Cichorium intybus* L.) is a medicinal plant from *Asteraceae*. This plant contains many important metabolites include chicoric acid, inulin, scolone, coumarin and flavonoids.

Materials and Methods: The seeds were surface-sterilized by rinsing with 2% benomil for 30 min and later sterilized with 5% sodium hypochlorite for 20 min and subsequently with 70% ethanol for 90 s. the wounded leaf of 20 and 28-day-old seedlings inoculated with *Agrobacterium rhizogenes* 11325. Bacterial colonies were cultured on liquid LB medium for 1 day. The explants were submerged in the solution for 15 min and were shaken gently. After that, the explants were drained on sterile filter paper and then transferred to MS solid medium. The explants were incubated at $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ under dark condition for three different co-cultivation period (24, 48 and 72 hours). In the next step, the explants were transferred to MS solid medium supplemented with 500 mg/L cefotaxime. The explants were incubated at $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ under a 16-h photoperiod condition for four weeks. At the end of incubation time, the percentage of hairy root induction, root number and root length were investigated. Genomic DNA of *Cichorium intybus* L. hairy root was extracted following the method of CTAB and subjected to PCR analysis. Non-transformed root DNA was used as a negative control and pRi11325 plasmid DNA was used as positive control. The pair of primers specific to the *rolB* fragment sequences was: 5-ATGGATCCCAAATTGCTATTCCCCACGA -3 and 5-TAGGCTTCTTTCATTTCGGTTTACTGCAGC-3. The amplification protocol for the *rolB* was a 5 min melting at 94°C followed by 35 cycles of a 5 min melting at 94°C , a 45 s annealing at 55°C and a 1 min elongation at 72°C , and final elongation at 72°C for 7 min. PCR products were electrophoretically separated on 0.8 % agarose gels (w/v) and stained with gel red. To determine the best media composition for growth of hairy roots, approximately 100 mg FW roots were cultured in basal liquid MS, solid MS and liquid 1/2MS medium supplemented with 500 mg/L cefotaxime on a rotary shaker (90 rpm) at 25°C in dark for 5 weeks, and increase in fresh weight and dry weight was recorded at 5 week later. Three replicates were made for each experimental set. Non-transformed roots were cultured on same mediums.

Results and Discussion: Each of the two different explants – leaf and petiole showed different levels of hairy root induction in different co-culture time. Hairy root induction was observed 7 days after co-cultivation. There were low adventitious roots formed from control explants. 72 hours co-cultivation period was found to be more efficient in inducing hairy root phenotype in both explant types. The infection of explants by *A. rhizogenes* is a process that implies a succession of events, including the transfer and integration of T-DNA, into the host plant genome. Therefore, the time of contact between *A. rhizogenes* and the explants determines the transformation efficiency. A maximum of transformation frequency (53.33%) was observed in leaf explants in 72 hours co-cultivation followed by 33.33% in petiole explants in 72 hours co-cultivation. In leaf explants maximum root number (8.5 roots per explant) and maximum length of root (9.16 cm) induced from 20-day-old seedling in 72 hours co-culture. In petiole explants maximum root number (3.66 roots per explant) and maximum root length (11.46 cm) induced from 28-day-old seedling in 72 hours co-culture. The “hairy root” phenotype characterized by high branching and fast growth was previously reported in “reactive species” like *Datura innoxia* but not for “difficult species”. The high phenolic content of woody plant species could be responsible for the reduced hairy root phenotype as reported for ginkgo or pine. Three different culture media (solid MS, liquid MS and 1/2 MS media) were tested to determine the best suitable media for the maximum Biomass of hairy roots line.

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Associate Professor and Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran, Respectively

(*- Corresponding Author Email: mohebodini@uma.ac.ir)

Conclusions: Genetically transformed hairy roots obtained by infection of plants with *Agrobacterium rhizogenes* are suitable source for production of bioactive molecules due to their genetic stability and generally show fast growth in culture media free of growth hormones. This study describes the protocol for hairy root induction which could further be useful for the production of secondary metabolites and biomass.

Keywords: *Agrobacterium rhizogenes*, Co- culture, Hairy roots, *Rol* gene, Secondary metabolites



بررسی صفات مورفولوژیکی تعدادی از ژنوتیپ‌های بومی زیتون (*Olea europaea* L.) در استان کرمانشاه

رحمت اله غلامی^{۱*} - علی اصغر زیناللو^۲ - فردین قنبری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۳

چکیده

ایران یکی از خاستگاه‌های زیتون در جهان است و تنوع قابل ملاحظه‌ای در بین اکوتیپ‌های آن از شمال تا جنوب کشور وجود دارد. در این آزمایش ژنوتیپ‌های بومی زیتون موجود در کرمانشاه طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۳ بررسی شدند. این ژنوتیپ‌ها از شش منطقه استان کرمانشاه تهیه و از نظر صفات مورفولوژی و میزان روغن براساس توصیه IOOC^۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنوع قابل توجهی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود دارد این تنوع هم بین مناطق و هم بین ژنوتیپ‌های داخل یک منطقه مشاهد شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن میوه با عرض برگ، وزن هسته و درصد گوشت مشاهده شد و همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد روغن در ماده‌تر با طول میانگره و عرض برگ مشاهده گردید. تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را براساس صفات مورفولوژیک در چهار دسته کلی تقسیم‌بندی کرد. این تقسیم‌بندی تا حدود زیادی توانست ژنوتیپ‌های که در یک منطقه هستند در دسته‌های مشابه قرار دهد که این امر نشان‌دهنده آن است که علاوه بر تنوعی که بین این مناطق وجود دارد داخل یک منطقه نیز تنوع قابل توجهی وجود دارد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های استان کرمانشاه تنوع زیادی دارند و صفات مورد مطالعه نیز با وزن میوه و درصد روغن همبستگی خوبی دارند و می‌توان به نحو شایسته از این ژنوتیپ‌ها و صفات در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: درصد روغن، زیتون، ژنوتیپ‌های بومی، صفات مورفولوژیکی

مقدمه

در ایران می‌باشد (۳).

یکی از اهداف اصلی در کشاورزی ایران، تأمین و خودکفایی کشور از نظر روغن خوراکی است. زیتون یکی از گیاهان روغنی است که با ویژگی‌های بارزی چون تحمل زیاد در برابر شرایط نامساعد محیطی، بالا بودن کیفیت روغن و اهمیت آن از نظر تغذیه بسیار مورد توجه است (۲۴).

ذخایر توارثی گیاهی به عنوان زیر بنای تحقیقات در امر به نژادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و حفاظت و حراست از آنها از دیدگاه ملی و بین‌المللی بسیار ارزشمند می‌باشد. شناسایی و جمع‌آوری ژنوتیپ‌های بومی درختان میوه اولین گام در برنامه‌های اصلاحی به شمار می‌رود که ژنوتیپ‌های بومی به دلیل داشتن سازگاری با اقلیم منطقه مورد نظر، اهمیت بسیار زیادی در گزینش ارقام دارد (۱۶). در ایران، به دلیل عدم شناخت کافی از ژرمپلاس‌های گیاهان باغی، برنامه‌های اصلاحی مناسبی بر روی محصولات باغی، خصوصاً زیتون، انجام نشده است (۲۰). خصوصیات ظاهری هر گیاه تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی آن و عوامل محیطی می‌باشد، از این رو بررسی صفات کمی گیاهان می‌تواند جهت انجام پروژه‌های اصلاحی و ایجاد

زیتون (*Olea europaea* L.) یکی از قدیمی‌ترین گونه‌های درختی است که در حوزه مدیترانه از نظر اجتماعی و اقتصادی دارای اهمیت است. زیتون در ۷۹ منطقه زیتون خیز جهان و ۲۴ کشور، ۱۲۰۰ رقم با بیش از ۳۰۰۰ اسم متفاوت وجود دارد (۴). فائو در سال ۲۰۱۵ گزارش کرد که سطح زیرکشت زیتون در دنیا حدود ۱۱ میلیون و شش صد هزار هکتار می‌باشد (۹)، از این بین حدود ۸۳ هزار هکتار

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۲- دانشیار، گروه باغبانی و فناوری تولید، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد، خرم‌آباد، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: gholami.rahmat@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i3.64666

4- International Olive Oil Council

مواد و روش‌ها

تعداد ۳۹ درخت (هر کدام به عنوان یک ژنوتیپ) از مناطق مختلف استان کرمانشاه با مشخصاتی مندرج در جدول ۱ شناسایی و پلاک‌کوبی شدند. به‌منظور ثبت خصوصیات مورفولوژی این ۳۹ درخت صفات طول میانگره، شکل برگ، طول برگ، عرض برگ، وزن میوه، شکل میوه، طول گل‌آذین، تعدادگل، وزن هسته، شکل هسته، درصد روغن در ماده‌تر، درصد گوشت و درصد ریشه‌زایی در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در رویشگاه طبیعی‌شان اندازه‌گیری شد. صفات رویشی (۱۳) و زایشی (۱۴) با استفاده از شاخص‌های ارزیابی و تمایز زیتون اندازه‌گیری شد. پس از جدا سازی تصادفی ۴۰ عدد میوه، وزن، طول و قطر آنها با کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری گردید. به‌منظور تعیین میزان گوشت و هسته با استفاده از چاقو گوشت از هسته جدا گردید و پس از توزین برای محاسبه وزن خشک و درصد ماده خشک میوه‌ها، نمونه‌های گوشت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن خشک آنها نگه داشته شدند. درصد روغن با دستگاه سوکسله و با استفاده از حلال دی اتیل اتر در آزمایشگاه بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه استخراج و اندازه‌گیری شد (۱۴).

ژنوتیپ‌های موجود در مناطق جنگلی و کوهستانی مانند مناطق بان‌آواره، ده‌سفید، ریجاب، بابایادگار و مناطق دشت‌دیره دارای قدمت چند صد ساله بوده و ژنوتیپ‌های موجود در پارک سرپل و گیلان‌غرب بالای ۶۰ - ۵۰ سال قدمت دارند. میزان روغن از ماده‌ی تر با دستگاه سوکسله و حلال اتیل اتر اندازه‌گیری شد و درصد آن محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزارهای SPSS و STATGRAPHICS صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را براساس صفات مورفولوژیک در چهار دسته کلی تقسیم‌بندی کرد. این تقسیم‌بندی تا حدود زیادی توانست ژنوتیپ‌های که در یک منطقه هستند در دسته‌های مشابه قرار دهد اما این تفکیک برای مناطق جغرافیایی مطلق نبود. این امر نشان‌دهنده آن است که علاوه بر تنوعی که بین این مناطق وجود دارد داخل یک منطقه نیز تنوع قابل توجهی وجود دارد. در تحقیق بلاج^۲ و همکاران (۷) که بین ۵۱ ژنوتیپ موجود در بانک ژن اسپانیا بود تنوع کمتری مشاهده کردند و همچنین نمودار خوشه‌ای نتوانست به طور کامل ژنوتیپ‌ها را براساس منشأ آنها تفکیک کند. پور اسکندری و همکاران (۲۰)، براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای در استان زنجان، ۲۰ رقم زیتون را در چهار خوشه قرار دادند. در این مطالعه نیز نتایج نشان داد که بین تنوع مورفولوژی (صفات مربوط به میوه) و تنوع جغرافیایی انطباق نسبی وجود داشت.

ارقام جدیدتر با صفات مناسب زراعی - باغی و مقاومت بیش‌تر به شرایط نامطلوب محیطی موثر و مفید باشد. فرهانی و همکاران (۱۰)، در یک بررسی با استفاده از صفات مورفولوژی بین ۲۵۰ ژنوتیپ زیتون ایرانی، تنوع ژنتیکی بالایی را گزارش نمودند و ژنوتیپ‌هایی با بالاترین عملکرد و زود بارده‌ترین را انتخاب نمودند. روتوندی^۱ و همکاران (۲۱)، به‌منظور شناسایی توده‌های برتر زیتون کشت شده در جنوب اسپانیا از طریق اندازه‌گیری ۱۹ صفت کمی، با انجام تجزیه خوشه‌ای، آن‌ها را به ۱۶ گروه ژنوتیپی تفکیک نمودند. زینالو و همکاران (۲۶) با مقایسه ارقام مختلف زیتون در کشور، ارقام امیدبخش و سازگار با اقلیم مناطق مختلف کشور را پیشنهاد دادند. سیماتو و همکاران (۸) ضمن تأکید بر حفظ ژرمپلاس زیتون، در یک تحقیق ۶۲ ژنوتیپ را بررسی و آنها را جهت تحقیقات بیشتر در باغ کلکسیون جمع‌آوری نمودند. مهری و همکاران (۱۷) جهت حفظ ذخایر ژنتیکی زیتون تونس اقدام به جمع‌آوری و احداث باغ کلکسیون زیتون نمودند که زیتون‌ها را از شش منطقه زیتون‌کاری جمع‌آوری و سپس اقدام به مطالعه آنها نمودند.

در کرمانشاه مناطق زیادی وجود دارند که درختان زیتون برای سالیان طولانی به طور وحشی و خودرو در آن رشد و نمو کرده‌اند. این درختان از میان بسیاری از ژنوتیپ‌ها زنده مانده‌اند و با شرایط سازگار شده‌اند. این ژنوتیپ‌ها دارای پتانسیل خوبی از نظر کیفیت و کمیت روغن زیتون و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی هستند. که امید و چشم‌انداز خوبی را پیشرو یک اصلاحگر قرار می‌دهد (۱۸).

برخی صفات مهم زراعی مثل مقاومت به بیماری (*Verticilium dahlia* Kleb) و آفت مگس زیتون (*Bactrocera oleae* Gmel)، قوه نامیه و توان مناسب گیاه و قابلیت سازگاری به شرایط مختلف که در ارقام اصلاح شده به سختی یافت می‌شوند را می‌توان در ژرم پلاست‌های وحشی یافت (۴، ۹ و ۱۸). میزان روغن در میوه زیتون در مرحله اولیه رسیدن میوه افزایش سریعی از خود نشان می‌دهد و در انتهای دوره رسیدن این افزایش با سرعت کمتری انجام می‌شود (۱۰ و ۱۵). مطالعات زیادی بیان داشتند که میزان روغن به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی است (۱۰، ۱۱ و ۱۵).

هدف از این پژوهش بررسی تنوع ژنوتیپ‌های بومی زیتون در مناطق رویشگاه طبیعی آن در استان کرمانشاه با توجه به خصوصیات مورفولوژیک و میزان روغن موجود در ماده‌تر آنها می‌باشد. و شناخت پتانسیل و دامنه تنوع این ژنوتیپ‌ها برای حفظ ژنوتیپ‌های برتر برای برنامه‌های اصلاحی؛ همچنین انتخاب و ایجاد کلکسیون از ژنوتیپ‌های مناسب استان کرمانشاه در ایستگاه‌های تحقیقاتی کشور خواهد بود.

جدول ۱- شماره ژنوتیپ، محل قرارگرفتن و ارتفاع مناطق دارای ژنوتیپ بومی زیتون در استان کرمانشاه

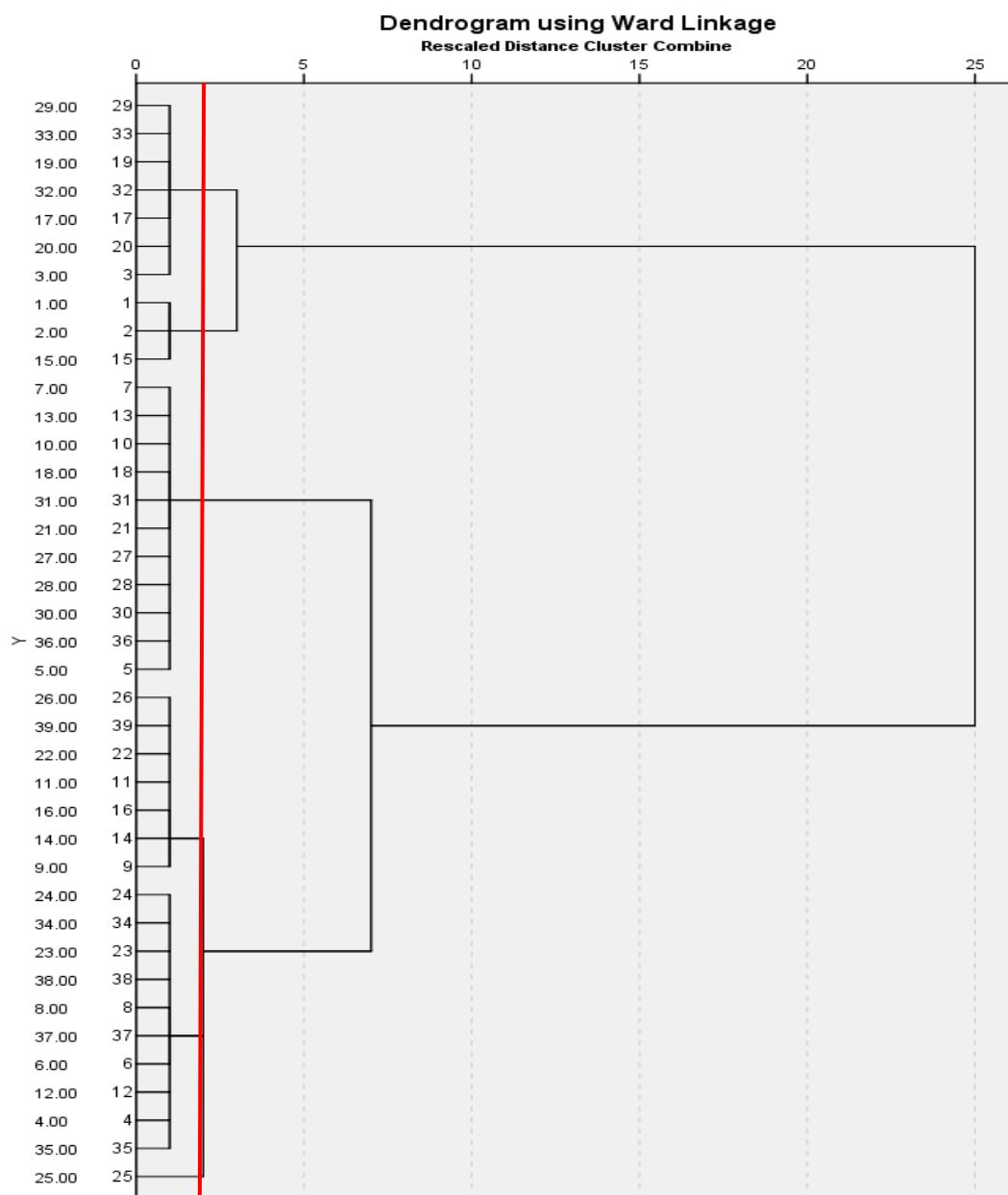
Table 1- Genotype number, the location and altitude for native Olive Genotype areas in Kermanshah province

شماره ژنوتیپ Genotype N.	محل جمع‌آوری Collected location	ارتفاع محل Altitude (m)	شماره ژنوتیپ Genotype N.	محل قرار گرفتن Collected location	ارتفاع محل Altitude (m)	شماره ژنوتیپ Genotype N.	محل قرار گرفتن Collected location	ارتفاع محل Altitude (m)
1	بابا یادگار (دالاهو) Dallaho	1400	14	سرپل ذهاب Srpl-Zhab	560	27	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
2	بابا یادگار (دالاهو) Dallaho	1390	15	روستای بان آواره BanAvareh V.	990	28	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
3	دشت‌دیره Dast Direh	810	16	روستای بان آواره BanAvareh V.	990	29	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
4	دشت‌دیره Dast Direh	590	17	روستای بان آواره BanAvareh V.	990	30	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
5	گیلان غرب Gilan Gharb	740	18	روستای بان آواره BanAvareh V.	1100	31	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
6	سرپل ذهاب Srpl-Zhab	560	19	روستای بان آواره BanAvareh V.	990	32	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
7	سرپل ذهاب Srpl-Zhab	560	20	روستای بان آواره BanAvareh V.	950	33	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
8	سرپل ذهاب Srpl-Zhab	560	21	روستای بان آواره BanAvareh V.	950	34	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
9	سرپل ذهاب Srpl-Zhab	560	22	روستای بان آواره BanAvareh V.	950	35	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
10	سرپل ذهاب Srpl-Zhab	560	23	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960	36	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
11	سرپل ذهاب Srpl-Zhab	560	24	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960	37	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
12	سرپل ذهاب Srpl-Zhab	560	25	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960	38	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960
13	سرپل ذهاب Srpl-Zhab	560	26	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960	39	روستای ده سفید Deh Sefid V.	960

متری از سطح دریا می‌باشد.

با توجه به جدول همبستگی (جدول ۲) می‌توان نتیجه گرفت که در این پژوهش، همبستگی مثبت معنی‌داری بین طول میانگره و صفاتی نظیر عرض برگ ($r=0.58$)، درصد روغن در ماده تر ($r=0.44$) و درصد گوشت ($r=0.40$) مشاهده شد. همچنین، بین وزن میوه و درصد گوشت همبستگی بسیار بالا و معنی‌داری مشاهده شد ($r=0.69$). از طرفی همبستگی مثبت معنی‌داری بین شکل میوه با درصد ریشه زایی ($r=0.43$) و طول گل‌آذین با تعداد گل ($r=0.36$) مشاهده شد (جدول ۲). با توجه اهداف مدنظر اصلاحگر و افزایش صفت مورد نظر در ارقام اصلاح شده و یا انتخاب ژنوتیپ برتر برای برنامه‌های اصلاحی و یا تلاقی به همبستگی این صفات باهم توجه کرد.

در مطالعه‌ای روی ژنوتیپ‌های هفت منطقه از شهر بویاکا^۱ در کشور کلمبیا نیز تنوع خوبی براساس نمودار خوشه‌ای بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد (۵). امروزه مطالعات زیادی برای شناسایی ژنوتیپ‌ها و ثبت این ارقام به نام همان کشور انجام می‌شود در این راستا از صفات مورفولوژیک، زراعی و مولکولی به‌طور گسترده استفاده می‌شود (۵). تنوع خوب مشاهده شده در دندروگرام بیانگر تنوع بالا و پتانسیل مناسب برای گزینش، اصلاح و حفظ منابع طبیعی واقع در این استان می‌باشد. کوچکترین گروه دارای سه ژنوتیپ (۲۶، ۲۵ و ۱۶) و بزرگترین گروه دارای هجده (۲۶، ۳۹، ۲۲، ۱۱، ۱۶، ۱۴، ۹، ۲۴، ۳۴، ۲۳، ۳۸، ۸، ۳۷، ۶، ۱۲، ۴، ۳۵ و ۲۵) ژنوتیپ می‌باشد. بیشترین فاصله بین ژنوتیپ ۲۵ و ۲۹ که هر دو در منطقه ده سفید واقع در ارتفاع ۹۶۰



شکل ۱- دندروگرام ۳۹ ژنوتیپ زیتون بومی استان کرمانشاه براساس صفات مورفولوژیک و محاسبه فاصله اقلیدسی به روش وارد^۱
Figure 1- The Dendrogram of 39 native olive genotypes in Kermanshah province according to the Morphological attributes and calculating the Euclidean distance by Ward method

جدول ۲- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورفولوژیک ۳۹ ژنوتیپ زیتون بومی استان کرمانشاه

[illegible]

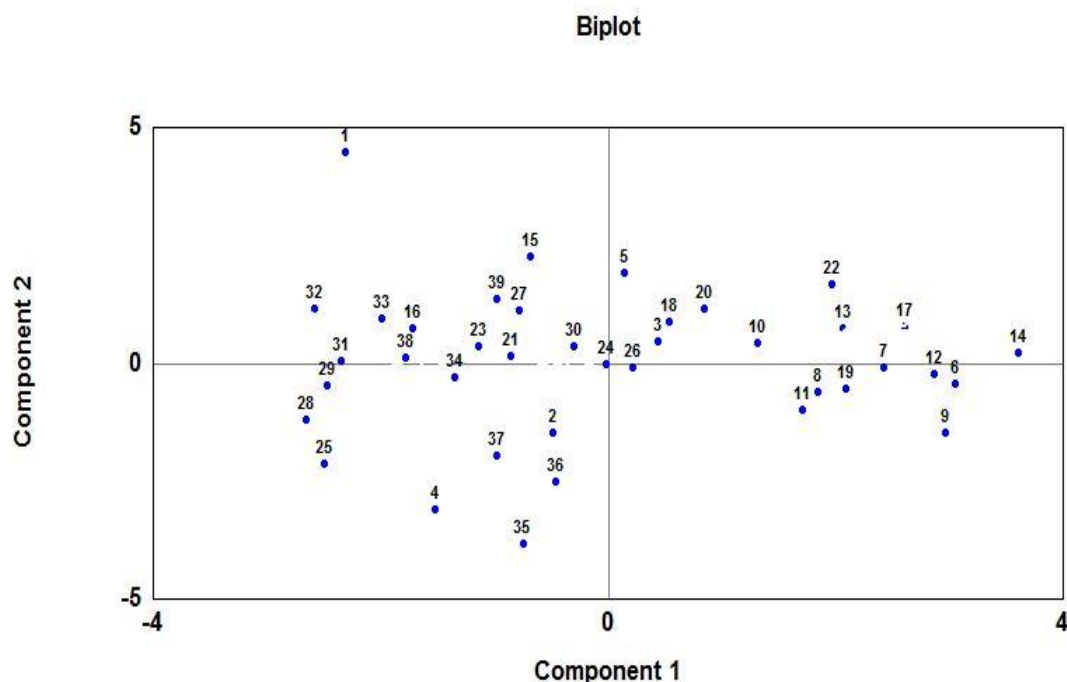
جدول ۳- تجزیه به عامل های و بار عاملی ۳۹ ژنوتیپ زیتون بومی استان کرمانشاه

Table 3- The decomposition to the factors and load factor of 39 genotypes of native olive in Kermanshah province

صفت Character	عامل ۱ Factor 1	عامل ۲ Factor 2	عامل ۳ Factor 3	عامل ۴ Factor 4	عامل ۵ Factor 5
طول میانگره Internode length	.741	.111	-.043	.434	-.115
شکل برگ Leaf shape	-.847	.163	-.122	.015	.409
طول برگ Leaf length	-.415	.452	.330	.281	.401
عرض برگ Leaf width	.786	.112	.294	.147	-.207
وزن میوه Fruit weight	.413	.736	.327	-.277	.226
شکل میوه Fruit shape	-.526	.415	-.336	.419	-.353
طول گل آذین Inflorescence length	-.490	-.100	.633	.237	.125
تعداد گل Number of flower	-.110	-.040	.519	.611	-.132
وزن هسته Stone weight	-.133	.597	.356	-.502	-.238
شکل هسته Stone shape	-.163	.698	-.126	.134	-.431
روغن در ماده تر Oil of feresh matter(%)	.542	.043	-.342	.290	.474
گوشت Pulp (%)	.561	.497	.003	.049	.325
ریشه زایی Rooting (%)	-.180	.518	-.553	.102	.070
واریانس Variance (%)	19.97	16.15	15.04	12.78	12.65
واریانس تجمعی Cumulative variance (%)	19.97	36.13	51.17	63.96	76.62

می کنند. در عامل اول طول میانگره، شکل برگ و عرض برگ دارای بالاترین بار عاملی می باشند که این عامل را می توان اندازه و فرمت برگ نامگذاری کرد. در عامل دوم وزن میوه، وزن هسته و شکل هسته بالاترین بار عاملی را به خود اختصاص دادند که این عامل را می توان به نام وزن و ساختار هسته و میوه نامگذاری کرد. در عامل سوم صفات طول گل آذین، تعداد گل و درصد ریشه زایی بیشترین بار عاملی را از خود نشان دادند به همین خاطر می توان این عامل را به عنوان ساختار گل و میزان ریشه زایی نامگذاری کرد. تعداد گل و وزن هسته بالاترین بار عاملی را در عامل چهارم از خود نشان دادند که این عامل را به عنوان عامل کمیت گل و هسته معرفی کرد. و نهایتاً در عامل پنجم درصد روغن در ماده تر بالاترین بار عاملی را به خود اختصاص داد که می توان با همین نام این عامل را در نظر گرفت (جدول ۳، زیر صفات با بار عاملی بیشتر خط کشیده شده است).

بالاج^۱ و همکاران (۷)، نیز گزارش کردند که درصد روغن ماده تر با طول هسته، عرض هسته، وزن هسته، طول میوه، عرض میوه، وزن میوه و طول برگ همبستگی معنی داری دارند. عجم گرد و شفیعی زرگر (۱)، بیان کردند که بین درصد روغن با عرض برگ، نسبت طول به عرض برگ و وزن هسته همبستگی مثبت و معنی داری دارد. در مطالعه سلطانی و همکاران (۲۵)، نیز بین وزن میوه با صفات طول میوه، قطر میوه، وزن هسته، طول هسته، قطر هسته، طول برگ و عرض برگ همبستگی معنی دار گزارش شده است. تأیید همبستگی بین این صفات با کمیت و کیفیت روغن نشان می دهد که در برنامه های اصلاحی برای گزینش از این صفات می توان استفاده کرد. نتایج تجزیه به عامل ها نشان داد که پنج عامل دارای مقدار ویژه بیشتر از یک می باشند که با هم ۷۶/۶۲ درصد تنوع موجود را توجیه



شکل ۲- پراکنش ۳۹ ژنوتیپ زیتون بر اساس دو مؤلفه‌ی اول
Figure 2- The distribution of 39 olive genotypes based on two first factors

این امر از نظر برنامه‌های اصلاحی حائز اهمیت بوده و اصلاحگر را در رسیدن به اهداف اصلاحی یاری خواهد کرد. صفات مورد بررسی نیز توانسته هم در دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها کارآمد باشد و هم ارتباط معنی داری با صفات مهم زراعی از جمله وزن میوه و درصد روغن از خود نشان داد. بنابراین هم باید با احداث بانک ژنی تنوع موجود را حفظ کرد و هم با کمک صفات مورفولوژیکی که با وزن میوه و درصد روغن همبستگی بالایی دارند (به‌عنوان نشانگر مورفولوژیک)، اقدام به شناسایی ژنوتیپ‌های منتخب و گسترش آنها کرد.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب پروژه تحقیقاتی به شماره مصوب ۳۱۴-۸۳-۱۳-۱۰۰ با استفاده از اعتبارات پژوهشی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی انجام شده و نویسندگان بر خود لازم می‌دانند قدردانی خود را از مسولان مربوط اعلام دارند و نیز از همکاران ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو به ویژه آقایان مهندس حاجی امیری و نجفی به خاطر کمک در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

با توجه به اینکه دو عامل اصلی اول و دوم بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند و صفات مربوط به ساختار برگ و میوه در این عامل‌ها قرار داشتند، از این دو عامل جهت به دست آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌ها برتر در دستگاه مختصات استفاده شد (شکل ۲). همان‌طوری که ملاحظه می‌شود ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۰، ۲۰، ۳، ۱۷، ۱۴، ۱۸، ۲۲ و ۵ که از نظر عامل‌ها مثبت و بالاتر بودند، درصد روغن در ماده‌تر بیشتری نیز نشان دادند. همچنین از نظر وزن میوه نیز اکثر آنها وزن بالایی را به خود اختصاص دادند. لاوی و ودنر^۱ (۱۵)، بیان کردند که میزان نهایی روغن در میوه به اثر متقابل شرایط پرورش و رقم بستگی دارد و همچنین میزان گوشت میوه نیز در میزان بیوستز روغن مؤثر است. ال ماحیتا^۲ و همکاران (۲)، تفاوت معنی‌داری بین درصد روغن ماده‌تر و خشک در سه رقم اصلاح شده زیتون مشاهده کردند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان گفت ژنوتیپ‌های استان کرمانشاه علی‌رغم اینکه این ۳۹ ژنوتیپ در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری استان کرمانشاه قرار دارند، اما دارای تنوع و پتانسیل‌های متفاوتی هستند.

1- Lavee and Wodner, 2004

2- Al-Maaitah et al, 2009

منابع

- 1- Ajamgard F., and Shafiei Zargar A.R. 2007. Collection and evaluation of olive (*Olea europaea* L.) germplasm of Khuzestan province. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 7: 229-242. (In Persian with English abstract)
- 2- AL-Maaitah M.I., AL-Absi K.M., and AL-Rawashdeh A. 2009. Oil quality and quantity of three olive cultivars as Influenced by harvesting date in the middle and southern parts of Jordan. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 266-272.
- 3- Anonymous. 2011. Statistics of agricultural and horticultural crops. Ministry of Jihad e Agriculture.
- 4- Baldoni L., Cultrera N.G., Mariotti R., Ricciolini C., Arcioni S., Vendramin G.G., Buonamici A., Porceddu A., Sarri V., Ojeda M.A., Trujillo I., Rallo L., Belaj A., Perri E., Salimonti A., Muzzalupo I., Casagrande A., Lain O., Messina R., and Testolin R. 2009. A consensus list of microsatellite markers for olive genotyping. Molecular Breeding, 24: 213-231.
- 5- Bartolini G., Prevost G., Messeri C., and Carignani G. 1998. Olive germplasm: cultivars and world-wide collections. Food Agr. Org., Rome.
- 6- Beghe D., Molano J.F.G., Fabbri A., and Ganino T. 2015. Olive biodiversity in Colombia. A molecular study of local germplasm. Scientia Horticulturae, 189: 122-131.
- 7- Belaj A., Leon L., Satovic Z., and delaRosa R. 2011. Variability of wild olives (*Olea europaea* var. *sylvestris*) analyzed by agro-morphological traits and SSR markers. Scientia Horticulturae, 129: 561-569.
- 8- Cimato A., Balolini S., and Casselli K. 1996. Observation on Toscana olive germplasm. Olivae, 62: 45-51.
- 9- Colella C., Miocola C., Amenduni M., D'Amico M., Bubici G., and Cirulli M. 2008. Sources of verticillium wilt resistance in wild olive germplasm from the Mediterranean region. Plant pathology, 57: 533-539.
- 10- Farhani F., Yari R., and Sheidai M. 2011. Molecular, C-value and morphological analyses of somaclonal variation in three olive cultivars. African Journal of Plant Science, 5: 493-499.
- 11- Ferguson L., Steven S.G., and Martin G.C. 1994. Olive production manual. University of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication, 3353. Pp. 160.
- 12- Gucci R., Gentile S., Serravalle M., Tomei F., and Rapoport H.F. 2004. The effect of irrigation on fruit development of olive cultivars Frantoio and Leccino. Acta Horticulture, 664: 291-295.
- 13- I.O.O.C. 2002a. Methodology for the primary characterization of olive varieties. Project on conservation, characterization, collection of Genetic Resources in olive. International Olive Oil Council. 15p.
- 14- 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.
- 15- Lavee S., and Wodner M. 2004. The effect of yield, harvest time and fruit size on the oil content in fruits of irrigated olive trees (*Olea europaea*) cvs. Barnea and Manzanillo. Science Horticulture, 99: 267-277.
- 16- Mailer R.J., Ayton J., and Conlan D. 2007. Influence of harvest timing on olive (*Olea europaea*) oil accumulation and fruit characteristics under Australian conditions. Journal food Agriculture Environment, 5: 58-63.
- 17- Mehri H., Salem M., and Kamoun-Mehri R. 1997. Identification of the principle varieties of olive tree grown in Tunisia. Plant Genetic Resources Newsletter, 112: 68-72.
- 18- Mkize N., Hoelmer K.A., and Villet M. H. 2008. A survey of fruit-feeding insects and their parasitoids occurring on wild olives. *Olea europaea* ssp *cuspidate*, in the Eastern Cape of South Africa. Biocontrol Science and Technology, 18: 991-1004.
- 19- Moosazadeh R., Shoor M., Tehranifar A., Davarynejad G.H., and Mokhtaryan A. 2014. Evaluation of genetic variation of some grape cultivars based on morphological traits. Journal of Plant Production, 21: 179-192. (In Persian with English abstract)
- 20- Poureskandari A., Soleimani H., Saba J., and Taheri M. 2013. Evaluation of pomological traits and classification of some olive cultivars in Zanjan province. Seed and Plant Improvment, 29: 623-636. (In Persian with English abstract)
- 21- Rotondi A., Cultrera N. G., Mariotti R., and Baldoni L. 2011. Genotyping and evaluation of local olive varieties of a climatically disfavoured region through molecular, morphological and oil quality parameters. Scientia Horticulturae, 130: 562-569.
- 22- Rotondi A., Magli M., Ricciolini C., and Baldoni L. 2003. Morphological and molecular analyses for the characterization of a group of Italian olive cultivars. Euphytica, 132: 129-137.
- 23- Sadeghi H. 2002. Olive Planting, Maintaining and Harvesting. Agricultural Education Press, 414p. (In Persian with English abstract)
- 24- Seifi E., and Hossein-Ava S. 2014. The study of pollen-incompatibility relationships in olive cv Koroneiki and the effect of flower emasculation on the results. Journal of Plant Production, 21:149-163. (In Persian with English abstract)

- 26- Zeinanloo A.A., Arji I., Taslimpour M., Ramazani Malak Roodi M., and Azimi M. 2015. Effect of cultivar and climatic conditions on olive (*Olea europaea* L.) oil fatty acid composition. Iranian Journal of Horticultural Sciences, 46: 233- 242. (In Persian with English abstract)



Morphological Traits Diversity in some Olive (*Olea europaea* L.) Genotypes over Kermanshah Province

R. Gholami^{1*}- A. A. Zeinaloo²- F. Ghanbari³

Received: 12-08-2017

Accepted: 04-09-2018

Introduction: Germplasm and reservation of genetical resources is the principal of plant breeding. Different techniques have been used to characterize olive diversity. Morphological criteria such as leaf, fruit, seed and growth behavior have been used to evaluate olive diversity, to determine the origin of olive trees as well. An evaluation of phenotypic diversity was used to discriminate olive cultivars with distinct morphological and pomological characters. Iran is one of the origins of olive in the world and it has considerable variation across Iran. Recently olive cultivation and orchard development has been encouraged in Iran. In this developmental project of olive culture, it is necessary to provide agreeable genotypes for cultivation.

Materials and Methods: The present experiment was carried out to identify and evaluate local olive genotypes in Kermanshah province during 2004-2005. Those were located in six locations in Kermanshah province. Their morphological characters and oil content were investigated according to IOOC descriptor. Local genotype identification in this regions was based on morphological characters (Vegetative and reproductive) such as leaf, fruit, seed and growth behavior evaluated at four different growth phases, including onset of dormancy, flowering, fruit set and fruit growth in 39 local olive genotypes olive trees.

Results and Discussion: The results of this study showed that there was a great variation among genotypes in Kermanshah province. Those variations was observed within and between regions. Significant correlation was observed between the fruit weight, with leaf width, stone weight and percentage of flesh, also significant correlation were observed between oil percentage in fresh fruit weight, with internode length and leaf width. Factor analysis showed that five factors with eigen values greater than one, explains the 69.62 percent of diversity. Among these factors, two biggest factors justified a high degree of diversity and genotypes were better than the other factors that were superior in terms of oil content and fruit weight. Generally it can be concluded that genotypes of Kermanshah province wide variety and traits are also high correlated with fruit weight and oil content and can properly use these genotypes and traits in breeding programs. *Olea europaea* L. represents one of the most important trees in the Mediterranean basin and the oldest cultivated plant. Among cultivated plants, the olive is the sixth most important oil crop in the world, presently spreading from the Mediterranean region of origin to new production areas, due to the beneficial nutritional properties of olive oil and to its high economic value. The Mediterranean basin is the traditional area of olive cultivation and has 95% of the olive orchards of the world. From the Mediterranean basin, olive cultivation is presently expanding into other regions. wide range of distribution, it is becoming increasingly urgent to identify plants into different ranges of distribution in the world to avoid cases of homonymy, synonymy and mislabeling so that a reliable classification of all varieties can be achieved without unnecessary confusion. In this paper, along with morphological characteristics the acquisition of additional information on biochemical markers is essential. This aspect represents a fundamental and indispensable step to preserve the main olive varieties and also to safeguard minor genotypes, in order to avoid a loss of genetic diversity. This research has focused on using morphological markers to characterize and identify olive varieties. Identification of different varieties using morphological characters (vegetative and reproductive) is one of the aims of the modern horticulture, because such a technique would greatly facilitate breeding programs and germplasm collection management.

Conclusion: According to the results of this research, it can be concluded that there is a great variation among different genotypes. Variation was observed within and between regions. High correlation between the

1- Assistant Professor, 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)

2- Associate Professor, Horticultural Sciences Research Institute, AREEO, Kerj, Iran

3- Young and Elite Research Club, Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Khorramabad, Iran

fruit weight and leaf width, stone weight and percentage of flesh was observed, also high correlation between oil percentage in fresh fruit weight, with internode length and leaf width were observed. Factor analysis showed that five factors with eigen values greater than one, explains the 69.62 percent of diversity. Among these factors, two biggest factors justified a high degree of diversity and genotypes were better than others of the factors that were superior in terms of oil content and fruit weight. Generally it can be concluded that olive genotypes of Kermanshah province can properly use in breeding programs.

Keywords: Local genotypes, Morphological traits, Oil content, Olive



تأثیر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و EDTA بر برخی عناصر غذایی و خصوصیات رشدی گیاه اسفناج (*Spinacea oleracea*)

صبیا نجاتی زاده^۱ - سعید ملک زاده شفاوردی^{۲*} - علیرضا آستارایی^۳ - نسرین مشتاقی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۶

چکیده

با توجه به افزایش روزافزون کاربرد نانومواد در صنایع مختلف بخصوص نانوذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) و افزایش این ماده در خاک و آب و باتوجه به اثرات این مواد بر روی گیاهان به عنوان اولین زنجیره غذایی، بررسی و مطالعه‌ی اثرات آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به دلیل خاصیت فتوکاتالیستی^۵ خود دارای توانایی تأثیرگذاری بر سیستم‌های رشدی گیاهان می‌باشد. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به همراه کلات EDTA^۶ بر غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، درصد پروتئین و همچنین برخی ویژگی‌های رشدی اسفناج به عنوان گیاه دارویی انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل سه سطح TiO_2 (صفر، $T_1 = 0.5$ میلی گرم در لیتر = T_2 ، 1 میلی گرم در لیتر = T_3) و دو سطح EDTA (صفر = E_1 و 130 میلی مولار = E_2) با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ انجام شد و نمونه برداری از بافت برگ گیاه یک هفته پس از محلول پاشی و قبل از ورود گیاه به فاز زایشی انجام پذیرفت. بر اساس نتایج، تیمارهای T_1E_2 ، T_2E_1 ، T_2E_2 موجب افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و سطح برگ شدند. همچنین نتایج نشان داد اثرات متقابل بین نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و EDTA درخصوص درصد نیتروژن، درصد پروتئین و درصد پتاسیم معنی دار بود، بطوری که بیشترین میانگین‌ها در سطوح T_2E_2 در مقایسه با T_1E_2 و T_3E_2 مشاهده شد که بیانگر تأثیر مثبت EDTA بر کاهش فعالیت سوء نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در این غلظت از نانوذره می‌باشد. کمترین غلظت نیتروژن و درصد پروتئین گیاه مربوط به تیمارهای T_1E_2 ، T_3E_2 ، T_3E_1 بود. لذا با در نظر گرفتن تأثیر مطلوب تیمار 0.5 میلی گرم در لیتر نانوذره دی اکسید تیتانیوم به همراه 130 میلی مولار EDTA بر روی غلظت نیتروژن، پتاسیم، فسفر، درصد پروتئین و همچنین خصوصیات رشدی اندام هوایی گیاه، کاربرد این تیمار جهت بهبود خصوصیات رشدی گیاه اسفناج توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، تیتانیوم، سطح برگ، نانومواد، نیتروژن

مقدمه

نانومواد با دامنه اندازه ۱-۱۰۰ نانومتر دارای بیشترین سطح مؤثر جهت فعالیت و تسهیل ویژگی‌های جذبی کودها و حشره کش‌ها هستند (۱۷). نانوذرات حاوی تیتانیوم، روی، آهن، آلومینیوم و نقره می‌توانند جهت افزایش فراهم سازی عناصر در ریشه و شاخساره گیاهان استفاده شوند (۱۵).

نانوذرات دی اکسید تیتانیوم^۷ دارای خاصیت فتوکاتالیستی^۸، فعالیت اکسایش و کاهش و بنابراین تولیدکننده و غیرفعال کننده رادیکال‌های آزاد مشتق از اکسیژن در سطح خود می‌باشد (۱۴). خاصیت فتوکاتالیستی نانوذره TiO_2 ارتباط نزدیکی با سیستم فتوسنتزی اسفناج دارد. این مواد نه تنها باعث بهبود جذب نوری، تبدیل انرژی نوری به انرژی الکتریکی و انرژی شیمیایی می‌شوند بلکه باعث افزایش

گسترش نانوتکنولوژی در جنبه‌های مختلف زندگی بشر بخصوص در سیستم‌های کشاورزی موجب افزایش نگرانی‌هایی در رابطه با اثرات سوء احتمالی آن بر زنجیره غذایی و سلامت انسان و نهایتاً محیط زیست شده است. این نانومواد با اهداف مختلفی تولید، ارایه و استفاده می‌شوند که نتیجه‌ی آن، آزادسازی میزان زیادی از این مواد در اکوسیستم‌های زیستی است (۴ و ۱۲).

۱ و ۲ - به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته بیوتکنولوژی و دانشیاران گروه بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (*- نویسنده مسئول: Email: malekzadeh-s@um.ac.ir)

۳- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i3.67146

5- Photocatalyst

۶- اتیلن دی آمین تترا استیک اسید

7- TiO_2

8- Photocatalysis

با توجه به اثرات مفید این نانوذره، در این تحقیق تأثیر سه سطح نانوذرات TiO_2 و دو سطح EDTA بر خصوصیات رشدی و ترکیبات شیمیایی و درصد پروتئین گیاه اسفناج به صورت تیمار خاکی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بصورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمارهای نانوذرات TiO_2 ۱ در سه سطح (صفر = T_1 ، ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر = T_2 ، ۰/۱ میلی گرم در لیتر = T_3) و دو سطح EDTA (صفر = E_1 و ۱۳۰ میلی مولار = E_2) بودند که در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در آبان ماه سال ۱۳۹۲ انجام شد. بذور اسفناج در گلدان‌هایی با حجم ۴ کیلوگرم خاک کشت شدند. شرایط دمائی ۱۷-۱۵ درجه سانتی‌گراد در طول دوره کشت برای کلیه تیمارها به صورت یکنواخت فراهم شد. قبل از کاشت، نمونه برداری خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی انجام و پس از ارسال به آزمایشگاه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مورد آنالیز قرار گرفت (جدول ۱)، که حاکی از مناسب بودن عناصر خاک بوده است. کلیه گلدان‌ها قبل از کاشت با آب مقطر به حالت ظرفیت زراعی رسانده شد (روش وزنی). در روز بعد بذور اسفناج^۲ پس از ۲۴ ساعت خیساندن در آب جهت تسهیل در امر جوانه زنی، در سطح خاک قرار داده و سپس با ماسه بادی پوشش داده شدند. کلیه تیمارها در آب مقطر تهیه شدند و سپس جهت همگن کردن آن‌ها، محلول‌های آزمایشی در آزمایشگاه گروه صنایع غذایی مورد التراسونیک^۳ قرار گرفتند و بلافاصله محلول پاشی گیاهچه‌ها در مرحله شش برگی (۲۴ روز پس از کشت بذور) انجام شد. یک هفته پس از محلول پاشی، نمونه‌های گیاهی جهت بررسی اجزای عملکرد و تعیین غلظت‌های عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و درصد پروتئین کل در مرحله قبل از فاز زایشی مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌های گیاهی از قسمت طوقه گیاه جدا شده و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و پس از آسیاب کردن به روش هضم خشک برای تعیین عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه استفاده شدند.

صفات بیوشیمیایی

برای اندازه‌گیری درصد نیتروژن از ماکروکج‌لدال مدل PDV-500 استفاده شد (۳). پتاسیم در نمونه‌های گیاهی، با هضم خشک

فعالیت آنزیم روبیسکو در اسفناج شده است. مطالعات صورت گرفته توسط گائو و همکاران (۱) افزایش فعالیت روبیسکو تحت تأثیر تیمارهای این نانوذرات را نشان دادند. افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو کربوکسیلاز و افزایش میزان فتوسنتز باعث بهبود رشد در اسفناج می‌شود (۱). با توجه به مطالعات سگر و همکاران (۱۶)، هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری در غلظت‌های کمتر از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر دو گونه از نانوذره TiO_2 بر روی تعرق، رشد و کارایی درختان بید مشاهده نشده است. اثرات سمی نانوذرات TiO_2 با اندازه ۱۰۰ نانومتر در دو گیاه پیاز (*Allium cepa*) و توتون (*Nicotiana tabacum*) گزارش شده و حاکی از آن است که نانوذرات TiO_2 موجب افزایش احتمال آسیب به DNA، بازدارندگی از رشد و پراکسیداسیون لیپیدی در ریشه گیاه پیاز در غلظت ۴ میلی مولار و آسیب به DNA در برگ توتون در غلظت ۲ میلی مولار شده است (۲). علاوه بر این، کلانیک و همکاران (۷) گزارش کردند که نانوذرات TiO_2 با اندازه ۱۵ نانومتر تأثیری بر روی اندازه‌های ماکروسکوپی مانند تعداد ریشه در هر پیاز، میانگین طول ریشه‌ها و میزان کل سیستم ریشه‌ای در هر پیاز نداشته و اندازه‌های میکروسکوپی مانند فازهای متوتیک، انحراف کروموزومی در پیاز در غلظت ۱ میلی گرم در لیتر مشاهده نشده، اما اثراتی در شاخص میتوزی در نوک ریشه داشته است (۷).

تحقیقات انجام شده روی اثرات نانوذره TiO_2 در اسفناج نشان داد که نانوذرات TiO_2 موجب افزایش فتوسنتز، بهبود رشد، قدرت جوانه زنی زیاد و سنتز بیشتر کلروفیل شدند. لی و همکاران (۱۰) دریافتند که نانوذرات TiO_2 موجب افزایش رشد و فتوسنتز در گیاه اسفناج، افزایش جذب و تبدیل انرژی نورانی خورشید به الکتریکی و سپس انرژی فعال شیمیایی می‌شود. بررسی‌ها نشان داده که نانوذرات TiO_2 به طور قابل ملاحظه‌ای می‌توانند نه تنها موجب بهبود چرخه انتقال الکترون، فعالیت احیای نوری فتوسیستم II، تبدیل O_2 و فعالیت فتوفسفوریلاسیون در کلروفیل تحت نور مرئی می‌شود، بلکه توسط انرژی حاصل از الکترون نانوذرات TiO_2 وارد شده در کلروفیل، تحت نور فرابنفش و انتقال آن به زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی، احیای NADP به NADPH و فسفوریلاسیون نوری، موجب برانگیخته شدن انرژی الکترون به ATP می‌شود (19). EDTA از جمله کلات کننده‌های یون‌های فلزی بوده و به گروهی از ترکیبات مصنوعی تعلق دارد که به عنوان یک پلی آمینو کربوکسیلیک اسید دارای یون‌هایی با بار منفی زیاد بوده و به عنوان یک آنیون عمل کرده و می‌تواند با انواع کاتیون‌ها تشکیل پیوند دهد (۱۱). برقراری پیوند بین یون‌های فلزی با این مواد جهت استفاده گیاهان برای رشد در محیط خاکی یا آبی و جهت سهولت پایداری و حرکت آن‌ها در راستای سلامت گیاه مورد توجه است (۱۱).

۱- شرکت sigma-Aldrich، خلوص ۹۹/۵ درصد، اندازه ذرات ۲۰ نانومتر

۲- رقم VIROFLAY

3- Ultrasonic

آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی گروه زراعت دانشگاه فردوسی انتقال یافت. سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل LI-3100 اندازه گیری شد. سپس نمونه ها جهت اندازه گیری وزن خشک اندام های هوایی در دمای ۷ درجه سانتی گراد در آون خشک شده و با ترازوی دیجیتالی ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند.

داده های این آزمایش توسط نرم افزار JMP8 مورد واکاوی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون چند دامنه ای دانکن مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

نمونه ها در ۵۰۰ درجه سانتی گراد انجام و پس از هضم خاکستر حاصل در اسید فلورئیک ۲ نرمال، توسط دستگاه فلیم فتومتر مدل digitale 310c قرائت شد (۱۸). جهت اندازه گیری فسفر، خاکستر نمونه ها از روش اسید آسکوربیک و قرائت با اسپکتروفتومتر مدل ۲۱۰۰ با طول موج ۶۶۰ نانومتر استفاده شد و درصد فسفر موجود در نمونه گیاهی بدست آمد (۱۸).

صفات زراعی

اندام هوایی گیاه از ناحیه طوقه ۲۳ روز پس از کاشت گیاه برداشت شده و جهت اندازه گیری سطح برگ، وزن تر گیاه و طول ساقه به

جدول ۱- ویژگی های شیمیائی خاک مورد استفاده

Table 1- Chemical properties of the used soil

pH	هدایت الکتریکی EC (d.s/m)	کربن آلی O.C (%)	درصد آهک TNV (%)	K (ppm)	P (ppm)	N (%)
6.5	0.58	2.1	0.35	263.1	16.66	0.18

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از تأثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت نیتروژن گیاه و درصد پروتئین نشان داد که نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر موجب افزایش معنی دار درصد نیتروژن (۱۳/۵ درصد) و درصد پروتئین (۹/۴۸ درصد) گیاه شده است (جدول ۲). تحقیق صورت گرفته توسط ژنگ و همکاران (۱۹) ثابت کرد که نانوذرات دی اکسید تیتانیوم می توانند محتوای پروتئین LHCH غشای تیلاکوئید اسفناج را افزایش دهند. بنابراین نور بیشتری را به دام انداخته و در نتیجه میزان فتوسنتز اسفناج را افزایش دهند. با توجه به ارتباط تنگاتنگ بین اسیمیلاسیون دی اکسید کربن و اسیمیلاسیون نیترات در گیاه، احتمالاً تأثیر بر مسیرهای فتوسنتزی می تواند بر میزان فعالیت و بیان ژن نیترات ردوکناز به عنوان اولین آنزیم این مسیر تأثیرگذار باشد و در نتیجه محتوای نیتروژن و درصد پروتئین گیاه افزایش پیدا کند. اما در سطح ۰/۱ میلی گرم در لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم کاهش درصد نیتروژن و پروتئین گیاه بترتیب معادل ۲۱ و ۱۹/۵۷ درصد، نسبت به شاهد (تیمار فاقد نانوذره و EDTA) معنی دار بود. مطالعات لاوار و همکاران (۹) بر روی تأثیر غلظت های مختلف نانوذره دی اکسید تیتانیوم بر فعالیت آنزیم های کاتالیکی و همچنین جوانه زنی بذر گیاه پیاز (*Allium cepa*) نشان دهنده کاهش جوانه زنی و کاهش فعالیت آنزیم های آمیلاز و پروتاز شد که احتمالاً به علت انباشتگی نانوذرات و عدم واکنش دهی مناسب آن یا افزایش

میزان هیدروژن پراکسید^۱ و بازداري از فعالیت آنزیم های مورد نظر بوده است. در بررسی های ما نیز این کاهش در غلظت نیتروژن و درصد پروتئین با افزایش غلظت نانوذره مشاهده شد. در رابطه با فسفر گیاه، در هر دو سطح نانوذرات تیتانیوم (۰/۰۵ و ۰/۱ میلی گرم در لیتر) نسبت به سطح صفر آن، کاهش در فسفر گیاه (به ترتیب ۱۳/۶۱ و ۱۷/۷ درصد) مشاهده شده که این کاهش در سطح ۰/۱ میلی گرم در لیتر به مراتب بیشتر بود (جدول ۲). غلظت پتاسیم گیاه در سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم ۶/۶۳ درصد افزایش داشت، اما در سطح ۰/۱ میلی گرم در لیتر این تیمار غلظت فسفر گیاه نسبت به شاهد ۱۲ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). در رابطه با اثر ساده تیمار EDTA، کاربرد ۱۳۰ میلی مولار EDTA، موجب افزایش معنی دار درصد نیتروژن گیاه (۵/۹۵ درصد) و همچنین درصد پروتئین (۱/۹٪) گیاه شد، در حالی که غلظت عناصر فسفر و پتاسیم گیاه اسفناج نسبت به شاهد (سطح صفر آن) کاهش معنی داری (به ترتیب ۸/۷ درصد و ۵/۶۵ درصد) نشان دادند. اثرات متقابل نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و EDTA بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و درصد پروتئین گیاه اسفناج نشان داد که سطح صفر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم همراه سطح ۱۳۰ میلی مولار EDTA کاهش معنی دار در نیتروژن (۲۴/۵۵ درصد)، پروتئین (۲۷ درصد)، فسفر (۰/۸۴ درصد) و پتاسیم (۲۳/۷۲ درصد) گیاه نسبت به سطح صفر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم همراه با سطح صفر EDTA (گیاه شاهد) نشان دادند (جدول ۳).

جدول ۲- اثر ساده نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و EDTA بر غلظت برخی عناصر پرمصرف و درصد پروتئین گیاه اسفناج

Table 2- Simple effect of titanium dioxide nanoparticles and EDTA on concentration of some chemical elements and protein content in spinach

تیمار Treatment	پتاسیم Potassium (%)	فسفر Phosphorus (%)	پروتئین Protein (%)	نیتروژن Nitrogen (%)
T ₁	1.3703 ^b	0.1332 ^a	2.1140 ^a	0.3330 ^b
T ₂	1.4612 ^a	0.1142 ^b	2.3430 ^a	0.3783 ^a
T ₃	1.2052 ^c	0.1081 ^c	1.7210 ^b	0.2633 ^c
E ₁	1.3847 ^a	0.1238 ^a	2.0489 ^a	0.3156 ^a
E ₂	1.3064 ^b	0.1130 ^b	2.0873 ^a	0.3344 ^a

در هر ستون (تیمارهای T₁-T₃ و E₁-E₂ بصورت جداگانه) میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، در سطح احتمال ۵ درصد

اختلاف معنی‌داری ندارند

صفر = T₁، ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر نانوذرات تیتانیوم = T₂، ۰/۱ میلی گرم در لیتر نانوذرات تیتانیوم = T₃ و صفر = E₁ و ۱۳۰ میلی مولار EDTA = E₂

Numbers followed by the same letter in each column (T₃-T₁ and E₂-E₁ treatments separately) are not significantly different (p<0.05) based on LSD's test (T₁=0, T₂=0.05, T₃=0.1 mg/l TiO₂ and E₁=0, E₂=130 mM EDTA)

اکسید تیتانیوم در سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر تأثیر مثبتی بر غلظت‌های نیتروژن، پتاسیم و همچنین پروتئین اسفناج داشته است. کمترین غلظت‌های نیتروژن، فسفر، پتاسیم و پروتئین گیاه در اثر ساده سطح ۰/۱ میلی گرم در لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم مشاهده شد که به ترتیب کاهش معنی‌داری معادل ۲۱، ۷/۱۷، ۱۲ و ۱۹/۵۷ درصد نسبت به گیاه شاهد داشتند که مشابه نتایج گزارش شده توسط مطالعه اثر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم بر بیان نسبی سه ژن (*TAT, RAS, PAL*) درگیر در مسیر بیوسنتزی رزماریک اسید در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*) در پنج غلظت (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر) توسط کمالی و همکاران (۵) است. سطح ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم بیشترین غلظت‌های نیتروژن، پتاسیم گیاه و پروتئین را موجب شده که به ترتیب افزایش معنی‌داری معادل ۱۳/۵، ۶/۶۳ و ۹/۴۸ درصد نسبت به تیمار شاهد داشتند که مشابه نتایج گزارش شده توسط زنگ و همکاران (۱۹) است. در رابطه با اثر متقابل تیمارها با EDTA (جدول ۳) کمترین میزان نیتروژن و پروتئین مربوط به تیمارهای T₃E₁، T₃E₂ و T₁E₂ بودند. بیشترین کاهش میزان فسفر و پتاسیم در رابطه با تیمار T₃E₂ مشاهده شد. T₂E₂ تأثیر افزایشی بر میزان پتاسیم اسفناج نسبت به گیاه شاهد و سایر تیمارها داشت.

نتایج جدول ۴ نشان داد که تیمار نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک و تر اندام‌هوایی گیاه اسفناج و همچنین سطح برگ نسبت به شاهد (سطح صفر آن) شد.

در حالی که سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم همراه با سطح ۱۳۰ میلی مولار EDTA افزایش معنی‌دار نیتروژن (۱۴ درصد)، پروتئین (۶/۸ درصد) و پتاسیم (۱۵ درصد) را نسبت به غلظت‌های آن در گیاه شاهد و ۱۹/۹ کاهش فسفر را نشان دادند (جدول ۳). در سطح ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم همراه با سطح ۱۳۰ میلی مولار EDTA، ۲۵/۴۴ درصد نیتروژن، ۲۶/۷۵ درصد پروتئین، ۲۷/۸ درصد فسفر و ۳۹/۲۲ درصد پتاسیم گیاه نسبت به سطح صفر (شاهد) کاهش معنی‌داری مشاهده شد.

با مقایسه جدول ترکیبات شیمیایی گیاه اسفناج یک هفته پس از محلول‌پاشی، افزایش درصد نیتروژن و پروتئین تنها در تیمار T₂E₂ مشاهده شد. گزارش شده است که نانوذرات دی اکسید تیتانیوم دارای سطح بالای انرژی شکاف-باند و در نتیجه برانگیختگی توسط نور فرابنفش و امکان بازیابی الکترون-حفره می‌باشند (۱۳). جهت بهبود فعالیت فتوکاتالیکی نانوذره دی اکسید تیتانیوم آن را با فلزات و نافلزات دوپه می‌کنند. EDTA به عنوان یک منبع نیتروژن برای دوپه کردن با نانوذره دی اکسید تیتانیوم بکار می‌رود. مطالعات کیم و چو (۶) نشان دهنده افزایش جذب نور مرئی تا ۵۵۰ نانومتر با قرارگیری EDTA بر روی نانوذره دی اکسید تیتانیوم بود. احتمالاً EDTA با بهبود خواص فتوکاتالیکی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر، با بهبود خواص فتوکاتالیکی نانوذره سبب افزایش جذب نور مرئی و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز و متعاقب آن افزایش اسیمیلایسیون نیتروژن و افزایش درصد پروتئین در گیاه در تیمار T₂E₂ شده است. بررسی‌های صورت گرفته بر روی داده‌های بیوشیمیایی حاکی از این است که نانوذرات دی-

جدول ۳- اثر متقابل تیمارهای نانوذرات دی اکسید تیتانیوم $\times$ EDTA بر برخی عناصر پرمصرف و درصد پروتئین گیاه اسفناج

Table 3- Interaction effect of Titanium Dioxide nanoparticles $\times$ EDTA treatments on concentration of some chemical elements and protein content in spinach

TiO ₂ (mg/l)	EDTA (mM)	پتاسیم Potassium (%)	فسفر Phosphorus (%)	پروتئین Protein (%)	نیتروژن Nitrogen (%)
T ₁	E ₁	1.5550 ^b	0.1427 ^a	2.4750 ^{ab}	0.3800 ^{ab}
	E ₂	1.1860 ^d	0.1217 ^b	1.8060 ^c	0.2867 ^{cd}
T ₂	E ₁	1.1340 ^e	0.1140 ^c	2.0417 ^{bc}	0.3233 ^{bc}
	E ₂	1.7890 ^a	0.1143 ^{ab}	2.6433 ^a	0.4333 ^a
T ₃	E ₁	1.4650 ^c	0.1147 ^{bc}	1.6300 ^c	0.2433 ^d
	E ₂	0.9450 ^f	0.1030 ^d	1.8127 ^c	0.2833 ^{cd}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

صفر = T₁، ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر نانوذرات تیتانیوم = T₂، ۰/۱ میلی گرم در لیتر نانوذرات تیتانیوم = T₃ و صفر = E₁ و ۱۳۰ میلی مولار EDTA = E₂

Numbers followed by the same letter are not significantly different (p<0.05) based on LSD's test (T₁=0, T₂=0.05, T₃=0.1 mg/l TiO₂ and E₁=0, E₂=130 mM EDTA)

در حالی که ارتفاع ساقه در هر دو سطح ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی گرم در لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم افزایش معنی‌داری نشان داد. حضور EDTA با سطح ۱۳۰ میلی مولار تأثیر معنی‌داری را بر وزن تر و خشک اندام هوایی نداشت. سطح برگ نیز تفاوت معنی‌داری در حضور EDTA نشان نداد. اما ارتفاع ساقه اسفناج در سطح ۱۳۰ میلی مولار EDTA افزایش معنی‌داری نشان داد.

جدول ۴- اثر ساده تیمارهای نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و EDTA بر برخی از صفات رشدی اندام هوایی اسفناج

Table 4- Simple effect of titanium dioxide nanoparticles and EDTA on some of the growth parameters in spinach

تیمار Treatment	وزن تر اندام هوایی (mg/plant) Plant fresh weight	وزن خشک اندام هوایی (mg/plant) Plant dry weight	سطح برگ LAI (cm ²)	طول ساقه Shoot length (mm)
T ₁	2.62 ^b	0.24 ^b	53.08 ^b	8.25 ^a
T ₂	4.25 ^a	0.42 ^a	83.91 ^a	9.33 ^a
T ₃	2.17 ^b	0.18 ^b	38.82 ^b	9.41 ^a
E ₁	2.86 ^a	0.26 ^a	57.74 ^a	7.88 ^a
E ₂	3.16 ^a	0.3 ^a	59.47 ^a	10.11 ^a

در هر ستون (تیمارهای T₁-T₃ و E₁-E₂ بصورت جداگانه) میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

صفر = T₁، ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر نانوذرات تیتانیوم = T₂، ۰/۱ میلی گرم در لیتر نانوذرات تیتانیوم = T₃ و صفر = E₁ و ۱۳۰ میلی مولار EDTA = E₂

Numbers followed by the same letter in each column (T₃-T₁ and E₂-E₁ treatments separately) are not significantly different (p<0.05) based on LSD's test (T₁=0, T₂=0.05, T₃=0.1 mg/l TiO₂ and E₁=0, E₂=130 mM EDTA)

فرمیک، اسید استیک، تریتانول آمین و EDTA) که توانایی جذب نور مرئی را دارند، می‌توانند با ایجاد کمپلکس لیگاند- فلز انتقال شارژ را از خلال این مکانیسم انجام دهند (۶).

تیمارهای T₁E₂، T₂E₂ و T₂E₁ بیشترین افزایش وزن تر و خشک و سطح برگ را موجب شدند. در بررسی اثرات ساده غلظت ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر بیشترین تأثیرگذاری را بر این پارامترها داشته است. لی و همکاران (۱۰) و کائو و همکاران (۱۱) افزایش و بهبود رشد اسفناج را در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز گیاه تحت تأثیر تیمارهای حاوی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم گزارش کردند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

نتایج بدست آمده از جدول ۵ در رابطه با اثر متقابل تیمارهای نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و EDTA بر برخی از پارامترهای رشدی اندام هوایی نشان داد که تیمار T₂E₁ افزایش معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی اسفناج و همچنین سطح برگ این گیاه داشت. این تأثیر به صورت افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی نسبت به شاهد آن‌ها و همچنین افزایش چشمگیری در سطح برگ گیاه بود. در کلیه تیمارها بجز T₃E₂ سطح برگ نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت. طول ساقه در تیمارهای T₂E₂ و T₃E₂ به طور معنی‌داری افزایش نشان داد (جدول ۵). محققان نشان دادند که تشکیل کمپلکس بین TiO₂ و الکترون دهنده‌های رایج (مانند متانول، اسید

جدول ۵- اثر متقابل نانوذرات دی اکسید تیتانیوم $\times$ EDTA بر برخی از صفات رشدی اندام هوایی اسفناجTable 5- The interaction of titanium dioxide $\times$ EDTA nanoparticles on some growth parameters of spinach

TiO ₂ (mg/L)	EDTA (mM)	وزن تر اندام هوایی Plant fresh weight (mg/plant)	وزن خشک اندام هوایی Plant dry weight (mg/plant)	سطح برگ LAI (cm ²)	طول ساقه Shoot length (mm)
T ₁	E ₁	2.380 ^a	0.0293 ^a	70.340 ^{ab}	6.333 ^b
	E ₂	4.030 ^a	0.0463 ^a	96.370 ^a	9.250 ^a
T ₂	E ₁	2.660 ^a	0.0376 ^a	54.570 ^b	8.750 ^a
	E ₂	1.730 ^a	0.0245 ^a	67.800 ^{ab}	4.750 ^b
T ₃	E ₁	3.670 ^a	0.0251 ^a	47.410 ^b	5.533 ^b
	E ₂	2.610 ^a	0.0203 ^a	64.490 ^{ab}	8.250 ^a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

صفر = T₁، ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر نانوذرات تیتانیوم = T₂، ۰/۱ میلی گرم در لیتر نانوذرات تیتانیوم = T₃ و E₁ = صفر و E₂ = EDTA ۱۳۰ میلی مولار

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$) based on LSD's test (T₁=0, T₂=0.05, T₃=0.1 mg/l TiO₂ and E₁=0, E₂=130 mM EDTA)

که در این سطح مطالعه ۱۳۰ میلی مولار EDTA موجب افزایش درصد نیتروژن گیاه گردید و از آنجا که فراهمی نیتروژن در خاک می تواند دارای اثرات متقابل منفی با فسفر و پتاسیم را داشته باشد، بنابراین غلظت‌های فسفر و پتاسیم گیاه کاهش نشان دادند. در خصوص اثرات متقابل نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و EDTA لازم به ذکر است که افزایش EDTA در سطح کمترین نانوذرات دی اکسید تیتانیوم (سطح صفر) موجب افزایش وزن تر و وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ گیاه شده، اما در سطوح بیشتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم (۰/۰۵ و ۰/۱ میلی گرم در لیتر) افزایش EDTA موجب کاهش پارامترهای گیاهی شده که این امر می تواند بیانگر افزایش فراهمی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در نتیجه ایجاد کمپلکس با EDTA باشد که اثرات سوء خود را بر روی گیاه نشان داده است. اثرات متقابل بین نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و EDTA درخصوص درصد نیتروژن، درصد پروتئین و درصد پتاسیم نشان داد که بیشترین غلظت‌های یاد شده در سطوح T₂E₂ در مقایسه با T₁E₂ و T₃E₂ داشتند که بیانگر تأثیر مثبت EDTA بر کاهش فعالیت سوء نانوذرات دی اکسید تیتانیوم می باشد.

با توجه به محلول پاشی سطوح مختلف نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و EDTA در مرحله ۶ برگی گیاه اسفناج و برداشت نمونه‌های گیاهی ۷ روز بعد از محلول پاشی و نتایج بدست آمده در رابطه با خصوصیات رشدی اندازه گیری شده می توان چنین نتیجه گیری نمود که در خصوص اثرات ساده نانوذرات تیتانیوم در سطح ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر اثرات افزایشی و مثبتی بر وزن تر و وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ گیاه داشتند، اما افزایش سطح نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به ۰/۱ میلی گرم در لیتر اثرات منفی خود را بر پارامترهای فوق‌الذکر نشان داد. بنابراین درخصوص محلول پاشی نانوذرات تیتانیوم برای گیاهان و سبزیجات برگی مانند اسفناج توصیه می شود که حداکثر غلظت کاربردی بیش از ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر نباشد که می تواند دارای اثرات سمی نانوذره دی اکسید تیتانیوم بر روی گیاه باشد. اثر ساده EDTA بصورت محلول پاشی نشان داد که محلول پاشی ۱۳۰ میلی مولار EDTA اگر چه تأثیر مثبتی بر وزن تر و خشک اندام هوایی و سطح برگ گیاه داشت اما معنی دار نشد که احتمالاً بدلیل کوتاهی در فاصله زمانی برداشت گیاه باشد، همانطوری که گزارش شده EDTA نقش کمپلکس کنندگی داشته و از این طریق می تواند فراهمی و جذب برخی از عناصر غذایی را افزایش دهد

منابع

- 1- Gao F., Liu C., Qu C., Zheng L., Yang F., Su M., and Hong F. 2008. Was improvement of spinach growth by nano-TiO₂ treatment related to the changes of Rubisco activase? .Biometals, 21(2): 211-7.
- 2- Ghosh M., Bandyopadhyay M., and Mukherjee A. 2010. Genotoxicity of titanium dioxide TiO₂ nanoparticles at two trophic levels: Plant and human lymphocytes. Chemosphere, 81: 1253-1262.
- 3- Jones J. B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press LLC, U. S.
- 4- Hood E. 2004. Nanotechnology, Looking as we leap. Environ. Health Perspect, 112:740 749.
- 5- Kamalizadeh M., Bihamta M., Peyghambari S A., and Hadian J. 2014. Expression of genes involved in Rosmarinic Acid biosynthesis pathway in dragonhead affected by Nanoparticles. Journal of G3M., 12(1): 3428-

- 3437.
- 6- Kime G., and Wonyong Ch. 2010. Charge- transfer surface complex of EDTA-TiO₂ and its effect on photocatalysis under visible light. *Environmental*, 100: 77-83.
- 7- Klanc̃nik K., Drobne D., Valant J., Valant J., and Dolenc Koce N. 2011. Use of a modified Allium test with nanoTiO₂. *Slovenia Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74: 85–92.
- 8- Kuamri M., Mukherjee A., and Chandrasekaran N. 2012. Effect of silver nanoparticle (SNPs) on protein and DNA content to tomato seed (*L. esculentum*), Cucumber (*Cucumis sativus*) and Maize (*Zea mays*). *International Journal of Human Genetics Medical Biotechnology and Microbiological Studies*, 1:1
- 9- Laware S.L., and Raskar Sh. 2014. Effect of titanium dioxide nanoparticles on hydrolytic and antioxidant enzymes during seed germination in onion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(7): 749-760.
- 10- Li W., Wang Y., Okamoto M., Crawford N.M., Siddiqi M.Y., and Glas A.D.M. 2007. Dissection of the AtNRT2.1:AtNRT2.2 inducible high-affinity nitrate transporter gene cluster. *Plant Physiology*, 143: 425–433.
- 11- Mansilla H. D., Bravo C., Ferreyra R., Litter M.I., Jardim W.F., Lizama C., Freer J., and Fernández J. 2006. Photocatalytic EDTA degradation on suspended and immobilized TiO₂. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 118, 188–194.
- 12- Mukherjee M., and Mahapatra A. 2009. Effect of coinage metal nanoparticles and zwitterionic surfactant on reduction of [Co (NH₃)₅Cl] (NO₃)₂ by iron (III). *Colloid Surface*, 350: 1-7.
- 13- Nassoko D., Li Y., Wang H., Li J., Li Y., and Yu Y. 2012. Nitrogen-doped TiO₂ nanoparticles by using EDTA as nitrogen source and soft template: Simple preparation, mesoporous structure, and photocatalytic activity under visible light. *Journal of Alloys and Compounds*, 540: 228–235.
- 14- Navarro E., Baun A., Behra R., Hartmann N.B., Filser J., Miao A.-J., Quigg A., Santschi P.H., and Sigg L. 2008. Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi. *Ecotoxicology*, 17: 372-386.
- 15- Reynolds, GH. 2002. Forward to the future nanotechnology and the regulatory policy. *Pacific Research Institute*, 1–23.
- 16- Sager T.M., Kommineni C., and Castranova V. 2008. Pulmonary response to intratracheal instillation of ultrafine versus fine titanium dioxide: role of particle surface area. *Part Fibre Toxicol*, 5: 17
- 17- Sheykhabglou R., Sedghi M., Tajbakhsh Shishvan M., and Seyed Sharifi R. 2010. Effect of nano iron particles on agronomic traits of soybean. *Not Scientist Biology*, 2(2): 112–113.
- 18- Waling I., Vark W.V., Houba V. J. G., and Van der Lee J. J. 1989. *Soil and Plant Analysis, a Series of Syllabi, Part 7, Plant Analysis Procedures*, Wageningen Agriculture University. The Netherlands.
- 19- Zheng L., Mingyu S., Xiao W., Chao L., Chunxiang Q., Liang C., Hao H., Xiaoqing L., and Fashui H. 2007. Effects of nano-anatase on spectral characteristics and distribution of LHCII on the thylakoid membranes of Spinach. *Biological Trace Element Research Journal*, 120: 273-283.



Effects of Titanium Dioxide (TiO₂) and EDTA on Growth and Biochemical Properties of Spinach (*Spinacia oleracea*)

S. Nejatizadeh¹- S. Malekzadeh Shafarodi^{*2}- A. Astaraci³- N. Moshtaghi⁴

Received: 02-09-2017

Accepted: 07-07-2018

Introduction: An emerging field of nanotechnology in recent years is the use of nanoparticles and nanomaterials in agricultural systems which is due to their excellent mechanical, electrical, optical, surface properties, crop protection and nano-fertilizers. Titanium dioxide (TiO₂) is a class of nanoparticles which widely used in the food industry, cosmetics, papers, pharmaceuticals, plastics and industrial raw materials. The widespread industrial application of TiO₂ is due to its white pigment, ultraviolet blocking property, and chemical features commonly used to alleviate pollutants concentration in water, soil and air. Owing to its increasing use in the industry, a large part of TiO₂ residues are released into the environment, and currently, TiO₂ nanoparticles are being considered an emerging environmental contaminant. However, there have been a number of studies reporting beneficial effects of TiO₂ on growth and physiological traits of crops. It has been postulated that the TiO₂-induced improvement of crop growth is not merely related to the promotion of photosynthesis; other biochemical processes especially nitrogen metabolism are also involved in this event. Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) is a widely used as a chelating agent, i.e., the chemical is able to sequester metal ions such as Ca²⁺ and Fe³⁺. EDTA is used as nitrogen source for doping of TiO₂ nanoparticles which improves TiO₂ photocatalytic features. The present study was conducted to investigate the effects of TiO₂ nanoparticles and EDTA on growth indices and biochemical parameters in spinach (*Spinacia oleracea*). For detailed evaluation of treatment effects, different concentrations of TiO₂ nanoparticles were sprayed on spinach leaves and the samples were collected in a time course.

Materials and Methods: A factorial experiment was carried out in the form of completely randomized design (CRD) with three replications. Soil samples were taken before cultivation of spinach (*S. oleracea*) seeds (Var VIROFLAY) and analyzed for nutrients' concentration. Treatments include different levels of TiO₂ (T₁=0, T₂=0.05mg/l and T₃=0.1mg/l) and two concentrations of EDTA (E₁=0 and E₂=130mg/l) sprayed on spinach plants in research greenhouse of agriculture faculty, Ferdowsi University of Mashhad. Aqueous solutions of nanoparticles were treated by ultrasound for 10 min to enhance homogeneity. The solutions were sprayed on the plant at six-leaves stage. The plant samples were taken before reproductive phase for measurement of biochemical parameters. Nitrogen content of plant samples was measured by PDV 500 Macro- Kjeldahl device; Potassium content was determined by 310c flame photometer; phosphorus concentration in plant samples was measured by spectrophotometer model 2100. Chlorophyll and carotenoid contents were measured by the method proposed by Lichtenthaler (1978). For analysis of growth parameters, plant samples were taken a week after TiO₂ treatments and leaf area, shoot fresh/dry weight, stem length, internode length, root area, root fresh/dry weight and total root diameter were measured.

Results and Discussion: Application of 0.05mg/l of TiO₂ nanoparticles without EDTA resulted in 13.5% and 9.48% increase in nitrogen and protein; respectively, however by increasing nanoparticles to 0.1mg/l, nitrogen and protein content in the treated plants were respectively reduced to 21% and 19.57% of those of control group (p<0.01). Phosphorus content of the treated plants was decreased in both concentrations of TiO₂ with the higher reduction in 0.1mg/l of TiO₂. Potassium content showed a 6.63% increase by applying 0.05mg/l of TiO₂; however, by increasing TiO₂ to 0.1mg/l, potassium content was decreased to 12%. EDTA increased nitrogen and protein content by 5.95% and 1.9%, respectively; however phosphorus and potassium contents were reduced by 8.7% and 5.65%, respectively. Interaction of 0.05mg/l TiO₂ and 130mg/l EDTA resulted in increasing nitrogen, protein and potassium content (14%, 6.8% and 15%; respectively) and reduction of phosphorus (19.9%). Application of 0.1mg/l TiO₂ and 130mg/l EDTA decreased significantly nitrogen, protein, potassium and

1, 2 and 4- Former M.Sc. Student and Associate Professors, Department of Biotechnology and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, Respectively

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

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

phosphorus to 25.44%, 26.75%, 39.22% and 27.8%; respectively. Interaction of TiO_2 and EDTA increased dry/fresh weight, diameter and total area of spinach plants. Our results are in agreement with those reported by others. Spinach shoot dry and fresh weights were enhanced by application of 0.05mg/l TiO_2 ; while stem length was increased at both 0.05mg/l and 0.1mg/l TiO_2 significantly. Interaction of TiO_2 and EDTA was also followed by increasing in growth parameters. This finding is according with the results reported by other authors. These contradictory results suggest that effects of TiO_2 on plant growth and physiology don't follow a clear-cut trend and other factors may play important roles in this story.

Conclusion: In this study, we investigated the influence of TiO_2 nanoparticles on growth and biochemical properties in spinach. In general, the results indicated that application of 0.05mg/l of TiO_2 has a significant promoting effect on the studied traits. Increasing TiO_2 concentration to 0.1mg/l was followed by negative effects that may be attributed to poisonous effect of extra-concentration of this nanoparticle on DNA replication, enzymatic activity and cell proliferation. Coincidence of NR activity and growth changes supports the crucial role of nitrogen metabolism in mediating TiO_2 effects on spinach growth. More notably, application of EDTA enhanced positive impacts of the nanoparticles. This synergy may be due to the fact that EDTA acts as an N-source and improves photocatalytic properties of TiO_2 nanoparticles.

Keywords: Leaf area, Nanomaterials, Nitrogen, Protein, Titanium



تأثیر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده طالبی ایرانی

کریم عرب سلمانی^۱ - امیر هوشنگ جلالی^۲ - پیمان جعفری^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۷

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد سه توده طالبی (سمسوری ورامین، تیل سبز مشهد و مگسی نیشابور) در سطوح مختلف شوری (۲ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) پژوهشی در سال ۱۳۹۱ در مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین انجام شد. در این پژوهش طرح کرت‌های خرد شده بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد و دو سطح شوری کرت‌های اصلی و سه توده طالبی کرت‌های فرعی را تشکیل دادند. اثر برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر صفت طول میوه (در سطح یک درصد) و بر صفات ضخامت خفیه بذر، درصد مواد جامد محلول، قطر گوشت میوه، وزن میوه و عملکرد تازه از نظر آماری معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) بود. در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد تازه سمسوری ورامین، تیل سبز مشهد و مگسی نیشابور نسبت به شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۳۲/۷، ۴۵/۶ و ۸۰ درصد کاهش یافت. با افزایش شوری از ۲ به ۸ دسی‌زیمنس بر متر راندمان مصرف آب در سه توده سمسوری ورامین، تیل سبز مشهد و مگسی نیشابور به ترتیب ۳۲/۶، ۴۵/۴۸ و ۸۰/۷ درصد کاهش یافت. تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد، درصد مواد جامد محلول میوه را در توده مگسی نیشابور، تیل سبز مشهد و سمسوری به ترتیب ۵/۸، ۱/۷۵ و ۱/۵ برابر افزایش داد. با توجه به افت عملکرد هر سه توده آزمایش شده در این پژوهش، استفاده از آب با شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نمی‌تواند برای کشت این محصول در منطقه مناسب باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد تازه، مواد جامد محلول میوه، وزن میوه

مقدمه

آن افزایش می‌یابد. از دید اقتصادی حداقل شیرینی قابل قبول ارقام طالبی بر حسب مقدار مواد جامد محلول میوه ۹ درصد است اما از دید فروشندگان این عدد باید ۱۱ درصد و یا بیشتر باشد (۸).

مناطق خشک و نیمه خشک جهان رویشگاه اصلی محصولات مثل طالبی بوده و تنش شوری به عنوان جزء لاینفک این مناطق عاملی مهم در جهت کاهش عملکرد محسوب می‌شود (۳). اگرچه تحمل تنش شوری در ارقام مختلف طالبی متفاوت است، معمولاً اولین علائم تنش شوری با کاهش رشد رویشی، کوتاهی ارتفاع و کوچکی برگ‌ها خود را نشان داده (۱۳) و در ادامه به دلیل تجمع یون‌هایی مثل سدیم و کلر اثرات مخرب در سطح سلولی و اختلالات فیزیولوژیک نمایان می‌شود (۶). تأثیر تنش شوری در مرحله رشد زایشی طالبی قدری پیچیده تر از سایر محصولات است زیرا برخی از گزارش‌ها حاکی از کاهش معنی‌دار عملکرد، تعداد میوه و وزن میوه های طالبی در شوری‌های بیش از ۲ دسی‌زیمنس بر متر بوده (۲۴) و حتی برخی آستانه تحمل به شوری طالبی را ۱ دسی‌زیمنس بر متر تعیین می‌کنند (۱۵). از سوی دیگر بر خلاف برخی از محصولات، استفاده از آب با شوری ملایم در مرحله شکل‌گیری میوه کیفیت برخی از ارقام طالبی را افزایش داده است (۲۶). به طور مثال آبیاری

طالبی (*Cucumis melo* L.) از جمله مهم‌ترین محصولات باغبانی در ایران محسوب شده و بر پایه برخی از گزارش‌ها از هزاره سوم قبل از میلاد مسیح کشت و کار آن در ایران رایج بوده است (۳۰). ارزش غذایی بالای طالبی و داشتن ویتامین A، ویتامین C، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و آهن آن را به عنوان یک میوه با ارزش مطرح کرده است (۲۱). با توجه به شرایط محیطی و رقم، گل‌دهی طالبی ۳۰ تا ۶۰ روز پس از کشت آغاز شده و ۷۰-۳۰ روز پس از گرده‌افشانی، محصول به مرحله رسیدگی می‌رسد (۲۰). طالبی در حالت نارس بی‌مزه بوده و با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی، شیرینی

۱- مربی پژوهش در بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران
۲ و ۳- به ترتیب استادیار و مربی پژوهش در بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
(Email: peimanjafari@yahoo.com)
*- نویسنده مسئول

با شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله رشد رویشی و ۷ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله رشد زایشی موجب افزایش عملکرد طالبی نسبت به شرایط آبیاری با آب معمول (بدون شوری) شده است (۷). در پژوهشی در اصفهان نشان داده شد آب آبیاری با شوری ۵/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر را می‌توان به سهولت برای تولید طالبی استفاده با کیفیت مطلوب استفاده نمود (۱۸).

در پژوهشی در مصر که به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آب آبیاری ۰/۸، ۱/۵۶، ۳/۱۴ و ۶/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر بر ویژگی‌های رشد و عملکرد طالبی انجام گرفت، با افزایش شوری آب آبیاری عملکرد کاهش یافت. در این پژوهش درصد مواد جامد محلول میوه در تیمارهای آبیاری ۰/۸، ۱/۵۶، ۳/۱۴ و ۶/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۹/۸۵، ۱۰/۰۱، ۱۰/۲۳ و ۱۱/۶۹ درصد بود (۱۶). نتایج پژوهش دیگری در برزیل نشان داد تأثیر تیمارهای آبیاری با شوری ۰/۵۴، ۱/۴۸، ۲/۰۲، ۳/۰۳ و ۳/۹ دسی‌زیمنس بر متر بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی طالبی معنی‌دار بوده و با افزایش شوری آب آبیاری عملکرد و تعداد میوه در بوته به صورت خطی کاهش یافت (۹). در اراضی واقع در دلتای رود نیل، استفاده از آب آبیاری با شوری ۳/۸ دسی‌زیمنس بر متر برای آبیاری طالبی در مقایسه با آب با شوری ۰/۴۵ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش ۲۵ درصدی عملکرد قابل فروش شد. این افت عملکرد به دلیل افت ۲۲ درصدی در تعداد میوه و کاهش ۲۵ درصدی در وزن میوه‌ها بود (۴).

با توجه به این که طالبی یکی از محصولات اصلی در تناوب‌های زراعی منطقه ورامین محسوب می‌شود و در برخی از موارد استفاده از آب‌های با شوری بالا در این منطقه غیرقابل اجتناب است، پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر دو سطح شوری آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم طالبی در منطقه ورامین انجام شد.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- برخی ویژگی‌های ظاهری سه توده طالبی استفاده شده در آزمایش

Table 1- Some Characteristics of the three cantaloupe landraces used in the experiment

ردیف Row	نام توده Landrace name	ویژگی Characteristics	خاستگاه Origin
1	سمسوری ورامین Semsuri of Varamin	پوست میوه کرم رنگ- گوشت میوه سبز- پتانسیل تولید میوه زیاد- زودرس Fruit skin: cream- Fruit flesh: green-Potential for fruit production: high	ورامین/ایران Varamin/ Iran
2	تیل سبز مشهد Green Tile of Mashhad	پوست میوه سبز با لکه‌های نارنجی- گوشت میوه عنابی رنگ- دیررس Fruit skin: green with orange spots - Peel: jujube fruit color - Late maturity	طرق مشهد/ایران Targh/Mashhad/Iran
3	مگسی نیشابور Magase of Neishabur	پوست میوه سبز با لکه‌های نارنجی- گوشت میوه عنابی رنگ- دیررس Fruit skin: green with orange spots - Peel: jujube fruit color- Late maturity	نیشابور مشهد/ایران Neishabur/Mashhad/Iran

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در زمین‌های مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین واقع در ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی تهران (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا) انجام شد. قبل از اجرای آزمایش ابتدا نسبت به آماده‌سازی کامل زمین شامل شخم عمیق، دیسک و هرس‌زنی اقدام گردید. کرت‌های اصلی شامل تیمار شوری آب آبیاری در دو سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر (تهیه شده از منطقه اشراق) و ۲ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان تیمار شاهد (تهیه شده از ایستگاه خاوه) بودند. کرت‌های فرعی را ۳ توده طالبی شامل سمسوری ورامین، تیل سبز مشهد و مگسی نیشابور تشکیل دادند. ویژگی‌های ظاهری این سه رقم در جدول ۱ نشان داده شده است. مساحت کرت اصلی و فرعی به ترتیب ۱۸۰ متر مربع (۳۰×۶ متر مربع) و ۶۰ متر مربع (۱۰×۶ متر مربع) بودند. بذرها به فاصله ۵/۵ متر از هم دیگر روی ردیف به طور دو طرفه در محدوده داغ آب با فواصل ردیفی ۲ متر کشت شدند. خاک محل آزمایش لومی- شنی و مقادیر ماده آلی (بر حسب درصد)، اسیدیته و شوری (بر حسب دسی‌زیمنس بر متر) به ترتیب برابر با ۰/۹۵، ۷/۵ و ۲/۱ بود. بر اساس آزمون خاک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (به صورت سوپر فسفات تریپل) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (به صورت سولفات پتاسیم) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (به صورت اوره قبل و بعد از گل‌دهی) به زمین آزمایش اضافه و تاریخ کشت پنجم اردیبهشت انتخاب شد. در هر کرت فرعی عملکرد بر اساس میوه‌هایی که به مرحله رسیدگی کامل رسیده بودند در دو چین، برداشت و توزین شدند (اواسط تیرماه). طول و قطر گوشت میوه با خط‌کش و درصد مواد جامد محلول میوه با استفاده از رفراکتومتر بر اساس ۱۰ میوه اندازه‌گیری و سپس میانگین اعداد بدست آمده به عنوان مقدار نهایی منظور شد.

نیشابور را کشت نمود. این توده اگرچه در شرایط شوری طبیعی بیشترین وزن میوه را نسبت به دو توده دیگر داشت (۱/۹۸ کیلوگرم) اما در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر وزن میوه‌ها در هر بوته به ۵۳۰ گرم کاهش یافت که این گونه میوه‌ها بازارپسندی لازم را ندارند. تنش شوری می‌تواند با کاهش وزن میوه‌ها، درصد میوه‌های غیرقابل فروش را افزایش دهد به گونه‌ای که در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ۵۶ درصد کاهش عملکرد قابل فروش گزارش شده است (۲). تعداد میوه در بوته نیز در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شرایط طبیعی کاهش داشت و بیشترین کاهش مربوط به توده تیل سبز مشهود بود (بیش از ۶۰ درصد کاهش). با توجه به نتایج اگرچه هر سه توده در مواجه با تنش شوری کاهش عملکرد داشتند. اما جزئی از عملکرد که این کاهش را باعث شده وابسته به توده است. در برخی دیگر از پژوهش‌ها نیز بر تفاوت عکس‌العمل ارقام به شوری تأکید شده و به طور مثال در مقایسه تعداد میوه در دو رقم طالبی، رقم Hasanbey در شوری‌های بیش از ۱۳/۵ دسی‌زیمنس کاهش یافت اما در رقم Kirkagac حتی در شوری‌های ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهشی مشاهده نشد (۲۶). در پژوهشی دیگر با افزایش شوری از ۲/۴۱ دسی‌زیمنس بر متر به ۶/۱۲ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد از ۳۷ تن در هکتار به ۲۸ تن در هکتار کاهش یافت و این کاهش عمدتاً به دلیل کاهش تعداد میوه‌ها بود (۳۲).

اثرات مخرب شوری بر اندام‌های هوایی که شامل کاهش سطح فتوسنتز کننده، اثرات مخرب یون‌های سمی و کاهش راندمان فتوسنتز می‌شود در بسیاری از گیاهان من جمله طالبی به اثبات رسیده است (۱۶). تأثیر سطوح شوری بر اندام‌های هوایی، روابط مخزن-مقصد را تحت تأثیر قرار داده و در این شرایط اندام‌های فتوسنتز کننده (مخزن) توانایی لازم برای حمایت میوه‌ها (مقصد) را نخواهند داشت. کاهش وزن میوه از عواقب عدم توازن به وجود آمده خواهد بود. علاوه بر این برهم خوردن توازن مخزن-مقصد می‌تواند کاهش تعداد گل و در نتیجه کاهش تعداد میوه را به همراه داشته باشد زیرا در گیاهانی مثل طالبی تخصیص مواد فتوسنتزی بر اساس مجموع گل‌هایی است که بر روی گیاه قرار دارد و نه یک گل منفرد (۲۹).

طول میوه‌ها در سه توده سمسوری ورامین، تیل سبز مشهود و مگسی نیشابور در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۲۵، ۳۰ و ۴۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). توده مگسی نیشابور که در شوری طبیعی به طور معنی‌دار طول میوه بیشتری نسبت به دو توده دیگر داشت (۱۸/۱۹ سانتی‌متر)، در شرایط تنش شوری کمترین مقدار طول میوه را به خود اختصاص داد (۹/۸۷ سانتی‌متر).

قبل از برداشت محصول، متوسط تعداد میوه در بوته و متوسط وزن میوه بر اساس عملکرد کرت‌های فرعی و از خطوط وسط هر کرت اندازه‌گیری و ثبت شد. کلیه اندازه‌گیری‌های مربوط به آزمون خاک و گیاه در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین انجام شد. برای محاسبه راندمان مصرف آب آبیاری از فرمول زیر محاسبه شد (۲۷).

$$WUE = Y/WC$$

در این فرمول Y عملکرد قابل فروش محصول و WC مقدار آب مصرفی است. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام و میانگین‌ها با روش دانکن (۵ در سطح احتمال ۵ درصد) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در مورد صفات مختلف آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. تأثیر شوری بر کلیه صفات آزمایشی معنی‌دار بود و ژنوتیپ‌ها نیز از نظر صفات اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌دار داشتند (در سطح احتمال ۵ درصد). اثر برهمکنش شوری و ژنوتیپ بر صفت طول میوه (در سطح احتمال یک درصد) و بر صفات ضخامت حفره بذری، درصد مواد جامد محلول، قطر گوشت میوه، وزن میوه و عملکرد تازه (در سطح احتمال ۵ درصد) از نظر آماری معنی‌دار بود. مقایسه میانگین صفات سه ژنوتیپ طالبی تحت تأثیر تیمارهای شوری در جدول ۳ درج شده است. در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر سمسوری ورامین با ۲۴/۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد را داشت ولی تفاوت معنی‌داری با تیل سبز مشهود نداشت. عملکرد توده مگسی نیشابور ۱۸/۷ درصد کمتر از عملکرد سمسوری ورامین بود. عملکرد بالاتر سمسوری ورامین و تیل سبز مشهود نسبت به توده مگسی نیشابور در درجه اول به دلیل تعداد بیشتر میوه در هر بوته بود. وزن میوه در هر بوته در توده مگسی نیشابور به طور معنی‌دار بیشتر از دو توده دیگر بود (۱/۹۸ میوه در هر بوته). دامنه تغییرات عملکرد طالبی بستگی به رقم استفاده شده داشته و از ۱۰ تا ۷۶ تن در هکتار متفاوت است (۵). در مقایسه هفت توده بومی طالبی ایرانی شامل ساوه‌ای، دستجردی، شاه‌آبادی، سمسوری، تیل‌طرق، مگسی نیشابور و ریش‌بابا، صفات میانگین وزن میوه‌ها و تعداد میوه ۹۶ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمود (۱۷). برخی از پژوهشگران تغییرات عملکرد در توده‌های مختلف طالبی را به متفاوت بودن روابط مخزن-مقصد در این توده‌ها نسبت داده‌اند (۱۲).

در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد تازه سمسوری ورامین، تیل سبز مشهود و مگسی نیشابور نسبت به شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۳۲/۷، ۴۵/۶ و ۸۰ درصد کاهش یافت. به نظر می‌رسد در این سطوح شوری به هیچ وجه نمی‌توان توده‌هایی مثل مگسی

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات طول میوه، ضخامت حفره بذر، درصد مواد جامد محلول، قطر گوشت میوه، وزن میوه، تعداد میوه و عملکرد تازه میوه سه توده طالبی

Table 2- Analysis of variance for characteristics of fruit length, seed cavity thickness, the diameter of the fruit peel, fruit weight, number of fruit and fresh yield weight of three cantaloupe landraces

میانگین مربعات Mean squares								
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزاد ی (df)	طول میوه Fruit length	ضخامت حفره بذر Seed cavity thickness	درصد مواد جامد محلول Percent of soluble solids	قطر گوشت میوه The diameter of the fruit peel	وزن میوه Fruit weight	تعداد میوه Number of fruit	عملکرد تازه Fresh yield weight
بلوک Replication	2	0.210 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.091 ^{ns}	0.050 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.349 ^{ns}	1.34 ^{ns}
شوری Salinity (S)	1	2.88*	4.61 *	0.52 *	0.26**	0.13*	1.29**	4.95*
خطا Error a	2	1.31	2.05	0.31	0.01	0.09	0.17	2.87
ژنوتیپ Genotype (G)	2	13.97 *	33.59 *	5.97 *	0.56 *	1.11 **	1.49 **	3.89 *
ژنوتیپ × شوری G×S	2	16.34**	40.48*	6.34*	0.85*	0.81*	1.92*	4.91*
خطا Error b	8	8.87	31.06	4.90	0.22	0.59	0.89	3.61
ضریب تغییرات CV (%)		10.81	14.52	9.37	11.98	10.67	13.51	15.51

ns: non-significant difference, *: Significant difference at the 5% level, **: Significant difference at the 1% level.

ns: non-significant difference, *: Significant difference at the 5% level, **: Significant difference at the 1% level

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های اندازه گیری شده سه ژنوتیپ طالبی در سطوح مختلف شوری

Table 3- Comparison of the mean characteristics of the measured at three cantaloupe genotypes in different salinity level

شوری Salinity (dS m ⁻¹)	ژنوتیپ Genotype	عملکرد تازه Fresh yield weight (t ha ⁻¹)	وزن میوه در بوته Fruit weight in plant (kg)	تعداد میوه در بوته Number of fruit in Plant	طول میوه Fruit length (cm)	قطر گوشت میوه The diameter of the fruit peel (cm)	ضخامت حفره بذر Seed cavity thickness (cm)
2	سمسوری ورامین Semsuri of Varamin	24.60 a	1.27 b	3.53 a	15.63 b	2.87 b	10.59 b
	تیل سبز مشهد Green Tile of Mashhad	22.50 ab	1.43 b	3.10 a	15.33 b	2.79 b	11.02 ab
	مگسی نیشابور Magase of Neishabur	20.00 b	1.98 a	1.76 b	18.19 a	3.45 a	12.28 a
8	سمسوری ورامین Semsuri of Varamin	16.55a	0.86 ab	2.43 a	11.7 a	1.54 b	8.6 a
	تیل سبز مشهد Green Tile of Mashhad	12.23 ab	0.90 a	1.23 b	10.67 ab	2.13 a	6.3 b
	مگسی نیشابور Magase of Neishabur	3.85 b	0.53 b	1.36 b	9.87 b	1.84 b	6.6 b

- در هر سطح شوری، حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (۵ درصد) از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند.

At each salinity level the same letters in each column are not statistically significantly different based on Duncan's multiple range test at 5%.

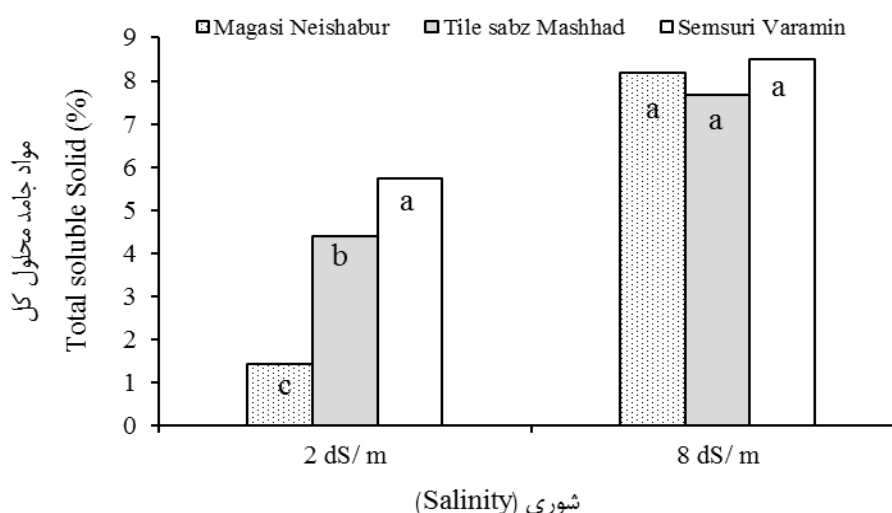
این اساس به نظر می‌رسد تأثیر منفی تنش شوری بر توده سمسوری بیشتر از دو توده دیگر بوده زیرا وزن میوه در اثر تنش شوری کاهش یافته ولی ضخامت حفره‌ی بذر به همان نسبت کاهش نیافته و در حقیقت قطر گوشت میوه که رابطه مستقیم با عملکرد دارد تحت تأثیر تنش شوری بوده است (جدول ۳). به هر صورت تأثیر تیمارهای شوری بر صفت ضخامت حفره بذر کمتر مورد بررسی قرار گرفته است.

تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و شوری بر درصد مواد جامد محلول میوه از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تأثیر تنش شوری بر درصد مواد جامد محلول میوه در سه توده طالبی در شکل ۱ نشان داده شده است. در شرایط معمول (شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر) سمسوری ورامین با درصد مواد جامد محلول میوه‌ی ۵/۷۳ نسبت به دو توده دیگر از نظر آماری برتری معنی‌دار داشت (شکل ۱). با اعمال تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار ۲ دسی‌زیمنس بر متر، درصد مواد جامد محلول میوه را در توده مگسی نیشابور، تیل سبز مشهد و سمسوری به ترتیب ۵/۸، ۱/۷۵ و ۱/۵ برابر افزایش داد اما در این سطح شوری تفاوت معنی‌داری بین این سه توده از نظر درصد مواد جامد محلول میوه یافت نشد. معمولاً با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی با تجمع سوکروز در میوه، شیرینی طالبی افزایش می‌یابد (۸). مناطق نیمه خشک جهان با طول دوره رشد نسبتاً زیاد، فقدان بارش زیاد به ویژه در مراحل پایانی رشد و گرمای کافی، مناطقی مناسب برای تولید طالبی‌های شیرین هستند (۱۱).

ارتباط مثبت و معنی‌دار وزن و طول میوه در طالبی در سایر پژوهش‌ها نیز مورد تأکید قرار گرفته است (۱۷). در مطالعه‌ای با بررسی ۱۵۳ ژنوتیپ طالبی میانگین طول میوه ۱۸/۷ سانتی‌متر بود (۱۴). افزایش شوری از ۳ به ۵ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش معنی‌دار طول میوه در محصولات‌ی مثل خیار (معادل ۲۵ درصد) شده است (۲۸).

در شرایط طبیعی آب آبیاری (شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر) توده مگسی نیشابور با قطر گوشت میوه‌ی ۳/۴۵ سانتی‌متر به طور معنی‌دار نسبت به دو توده دیگر برتری داشت (جدول ۳). علی‌رغم کاهش قطر گوشت میوه در شرایط تنش شوری (۸ دسی‌زیمنس بر متر) در هر سه توده آزمایشی، کمترین تغییر در این رابطه در توده تیل سبز مشهد مشاهده شد. به طور مشابه در پژوهشی به منظور بررسی سطوح شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد طالبی نشان داده شد با افزایش سطح شوری از ۲ به ۸ دسی‌زیمنس بر متر ضخامت گوشت میوه از ۲/۸۵ به ۲/۳۹ سانتی‌متر کاهش یافت (۲).

در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر ضخامت حفره بذر در دو توده مگسی نیشابور و تیل سبز مشهد به طور معنی‌دار بیشتر از سمسوری ورامین بود (جدول ۳). در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ضخامت حفره بذر در توده سمسوری به طور معنی‌دار بیش از دو توده دیگر بود (۸/۶ سانتی‌متر). بافت حفره‌ی بذر حالت ژلاتینی داشته و بذر را در بر گرفته است. ضخامت این حفره به نوع رقم بستگی داشته و در معرفی ارقام جدید مقدار آن اندازه‌گیری می‌شود. معمولاً در توده‌های طالبی ایرانی ارتباط منفی بین ضخامت حفره بذر و وزن میوه‌ها وجود دارد (۱۹). بر



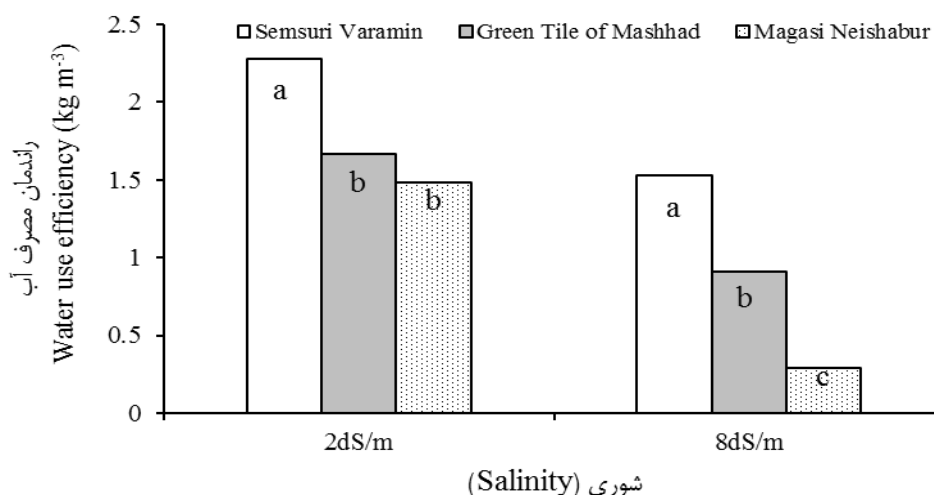
شکل ۱- تأثیر تنش شوری بر درصد مواد جامد محلول میوه در سه توده طالبی (دانکن، $p \leq 0.05$)

Figure 1- Effect of salinity stress on the percentage of fruit total soluble solids in three cantaloupe landraces (Duncan, $p \leq 0.05$)

تیل سبز مشهد و مگسی نیشابور به دلیل دیررس تر بودن نسبت به سمسوری ورامین آب مصرفی متفاوتی داشتند. با توجه به عملکرد و آب مصرفی، راندمان مصرف آب در دو تیمار مختلف شوری در شکل ۲ نشان داده شده است. در تیمار شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر راندمان مصرف آب در سه توده سمسوری ورامین، تیل سبز مشهد و مگسی نیشابور به ترتیب عبارت بودند از ۲/۲۷، ۱/۶۷ و ۱/۴۸ کیلوگرم بر متر مکعب.

در برخی از کشورها مثل فرانسه طالبی‌های با شیرینی بالا (بیش از ۱۰ درصد مواد جامد محلول میوه) مورد پسند است (۲۰) اما در ایران در بسیاری از موارد توده‌های طالبی با شیرینی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. درصد مواد جامد محلول در میوه تحت شرایط تنش خشکی می‌تواند بهبود یابد (۱). در واقع تنش شوری نیز حالتی از کم آبی را برای گیاه ایجاد می‌کند. نتایج به دست آمده با مطالعات مشابه یکسان است (۲ و ۳۲).

علاوه بر تفاوت عملکرد سه توده طالبی مورد آزمایش، دو توده



شکل ۲- تأثیر تنش شوری بر راندمان مصرف آب در سه توده طالبی (دانکن، $p \leq 0.05$)

Figure 2- Effect of salinity stress on water use efficiency in three cantaloupe landraces. (Duncan, $p \leq 0.05$)

کاهش داده است. برخی پژوهشگران معتقدند تنفس پایه گیاه در شرایط تنش شوری برخلاف تنش خشکی افزایش یافته و با کاهش آب در دسترس، رشد و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (۲۵). با وجود اینکه تنش شوری جزئی می‌تواند راندمان مصرف آب را افزایش دهد (۲۳)، اما افزایش تنش شوری از یک حد مشخص علاوه بر کاهش عملکرد گیاه، با تأثیر منفی بر جذب آب توسط ریشه‌ها، مقدار آب در دسترس گیاه را دچار نقصان نموده و در نهایت راندمان مصرف آب را کاهش می‌دهد (۳۱).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش علی‌رغم تفاوت مشاهده شده بین سه توده آزمایشی، استفاده از شوری‌های در سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل افت شدید محصول در هر سه توده (به ویژه مگسی نیشابور) قابل توصیه نیست. تیمار شوری درصد مواد جامد محلول را افزایش داد ولی این افزایش به قدری نیست که بتواند جبران افت

راندمان مصرف آب در این شرایط در سمسوری ورامین به طور معنی‌دار بیش از دو توده دیگر بود اما بین دو توده تیل سبز مشهد و مگسی نیشابور تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). در شرایط تنش شوری (شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به شوری متعارف (۲ دسی‌زیمنس بر متر) راندمان مصرف آب در سه توده سمسوری ورامین، تیل سبز مشهد و مگسی نیشابور به ترتیب ۳۲/۶، ۴۵/۴۸ و ۸۰/۷ درصد کاهش یافت. گزارش‌های قبلی مقدار راندمان مصرف آب طالبی در منطقه ورامین بدون تنش شوری را ۲/۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب عنوان نمودند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۰). مطالعات دیگری در ایران که راندمان مصرف آب طالبی را به مراتب بیشتر از ۲ کیلوگرم بر متر مکعب عنوان نموده‌اند (مثلاً ۴-۶ کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب) (۲۲)، معمولاً در شرایط استفاده از خاک‌پوش پلاستیکی و یا تیمارهای کم آبیاری بوده‌اند. در پژوهش حاضر تنش شوری موجب افت شدید عملکرد در هر سه توده طالبی (به ویژه مگسی نیشابور) شد و همین امر راندمان مصرف آب را نیز به شدت

مخلوط کردن آب شور و آب غیرشور جهت دستیابی به این هدف قابل پیشنهاد است.

شدید عملکرد میوه را بنماید. برای ایجاد تعادل بین درصد مواد جامد محلول میوه و عملکرد، استفاده از آب آبیاری با شوری‌های کمتر از ۸ دسی‌زیمنس بر متر نیاز بوده و بنابراین پژوهش‌هایی با تکیه بر

منابع

- Ahmadi Mirabad A., Lotfi M., and Roozban M.R. 2013. Impact of Water-Deficit Stress on Growth, Yield and Sugar Content of Cantaloupe (*Cucumis melo* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 6: 605-609.
- Amor F.M., Martinez V., and Cerda A. 1999. Salinity duration and concentration affect fruit yield and quality, and growth and mineral composition of melon plants grown in perlite. HortScience, 34: 1234-1237.
- Asraf M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora, 199: 361-376.
- Badr M.A., and Hussein S.A. 2008. Yield and fruit quality of drip-irrigated cantaloupe under salt stress conditions in an arid environment. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2: 141-148.
- Ban D., Goreta S., and Borosic B. 2006. Plant spacing and cultivar affect melon growth and yield components. Scientia Horticulturae, 109: 238-243.
- Borsani O., Valpuesta V., and Botella M.A. 2003. Developing salt tolerant plants in a new century: a molecular biology approach. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 73:101-115.
- Botia P., Carvajal M., Cerda A., and Martinez V. 1998. Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth. Agronomie, 18: 503-513.
- Burger Y., Shen S., Petreikov M., and Schaffer A.A. 2000. The contribution of sucrose to total sugar content in melons. In: Katzir N, Paris HS. eds. Proceedings of Cucurbitaceae 2000, the 7th Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding. Acta Horticulturae, 510: 479-485.
- De Medeiros D.C., de Medeiros J.F., Lima Pereira F.A., de Souza R.O., and de Souza P.A. 2011. Production and quality of cantaloupe hybrids "Senda" cultivated with different levels of salinity. Revista Caatinga, 24: 92-98.
- Dehghan A., Zabihiafrouz R., and Hoseinisabet M. 2009. Productivity of crops in exchange for water consumption in Iran and its comparison with world countries. Institute for Planning Research, Agricultural Economics and Rural Development. 83pp. (In Persian)
- Karchi Z. 2000. Development of melon culture and breeding in Israel. In: Katzir N, Paris HS. eds. Proceedings of Cucurbitaceae 2000, the 7th Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding. Acta Horticulturae, 510: 13-17.
- Kultur F., Harrison H.C., Staub J.E., and Palta J.P. 2001. Spacing and genotype effects on fruit sugar concentration and yield of muskmelon. HortScience, 36: 274-278.
- Kusvuran S., Ellialtıoğlu S., Abak K., and Yasar F. 2007. Responses of some melon (*Cucumis* sp.) genotypes to salt stress. Journal of Agricultural Sciences, Ankara University Faculty of Agriculture, 13: 395-404.
- Lotti C., Marcotrigiano A.R., Giovanni C.D., Resta P., Ricciardi A., Zonno V., Fanizza G., and Ricciardi L. 2008. Univariate and multivariate analysis performed on bio-agronomical traits of *Cucumis melo* L. germplasm. Genetic Resources and Crop Evolution, 55: 511-522.
- Maas E. V., and Grattan S. R. 1999. Crop Yields as Affected by Salinity. In: "Agricultural Drainage", Skaggs R. W. and Van Schilfhaarde, J. (Eds.), Agronomy Monograph 38, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, PP. 55-110.
- Mohamed A.S. 2017. Effect of Water and Salt Stresses on Productivity of Cantaloupe in Ismailia Soil. Egyptian Journal of Soil Science, 57: 201-214.
- Mohammadi R., Dehghani H., Karimzadeh G. Dane F., and Akrami M. 2014. Study on relationships between yield and its components in Iranian cantaloupe genotypes. Iranian Journal of Horticulture, 1: 1-10. (In Persian).
- Mousavi S. F., Mostafazadeh-Fard B., Farkhondeh A., and Feizi M. 2009. Effects of Deficit Irrigation with Saline Water on Yield, Fruit Quality and Water Use Efficiency of Cantaloupe in an Arid Region. Journal of Agricultural Science and Technology, 11: 469-479.
- Nastari Nasrabadi H., Nemati H., Sobhani A., and Sharifi M. 2012. Study on morphologic variation of different Iranian melon cultivars (*Cucumis melo* L.). African Journal of Agricultural Research, 7: 2764-2769.
- Paris H.S., Amar Z., and Lev E. 2012. Medieval emergence of sweet melons, *Cucumis melo* (Cucurbitaceae). Annals of Botany, 110: 23-33.
- Rashid M., Gholami M., and Abbassi S. 2009. Cantaloupe volume determination through image processing. Research Notes, Journal of Agricultural Science and Technology, 11: 623-631.
- Rashidi M., and Gholami M. 2008. Review of crop water productivity values for tomato, potato, melon, watermelon and cantaloupe in Iran. International Journal of Agriculture and Biology, 10: 432-436.
- Rashidi M., and Seyfi M. 2007. Effect of water stress on crop yield and yield components of cantaloupe. International Journal of Agriculture Biology, 9: 271-273.

- 24- Rezaei M. 2017. Use of plastic mulches for reducing salinity and increasing yield of cantaloupe. *Journal of Water Research in Agriculture*, 30: 497-510. (In Persian)
- 25- Richardson S.G., and McCree K.J. 1985. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. *Plant Physiology*, 79: 1015-1020.
- 26- Sivritepe H.O., Sivritepe N., Eris A., and Turhan E. 2005. The effects of NaCl pre-treatments on salt tolerance of melons grown under long-term salinity. *Scientia Horticulturae*, 106: 568-581.
- 27- Tanner C.B., and Sinclair T.R. 1983. Efficient water use in crop production: Research or re-research? P.1-27. In H.M. Taylor et al. (ed.) *Limitations to efficient water use in crop production*. American Statistical Association, Madison, WI.
- 28- Trajkova F., and Papadantonakis N., and Savvas D. 2006. Comparative effects of NaCl and CaCl₂ salinity on cucumber growth in a closed hydroponic system. *HortScience*, 41:437-441.
- 29- Valantin-Morison M., Vaissiere B.E., Gary C. and Robin P. 2006. Source-sink balance affects reproductive development and fruit quality in cantaloupe melon (*Cucumis melo* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81: 105-117.
- 30- Walters T.W. 1989. Historical overview on domesticated plants in China with special emphasis on the Cucurbitaceae. *Economic Botany*, 43: 297-313.
- 31- Zhang P., Senge M., and Dai Y. 2016. Effects of salinity stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under hydroponics system. *Reviews in Agricultural Science*, 4: 46-55.
- 32- Zong L., Tedeschi A., Xue X., Wang T., Menenti M., and Huang C. 2011. Effect of different irrigation water salinities on some yield and quality components of two field-grown Cucurbit species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35: 297-307.



Effect of Salinity Stress on Yield and Yield Components of Three Iranian Cantaloupe Masses

K. Arabsalmani¹-A. H. Jalali²- P. Jafari^{3*}

Received: 02-09-2017

Accepted: 29-08-2018

Introduction: *Cucumis melo* L. is one of the most important horticultural products in Iran. According to some reports from the third millennium BC, it has been under cultivation in. High nutritional value and high vitamin A, vitamin C, calcium, potassium, magnesium and iron have made it to be a valuable fruit. According to the environmental conditions and cultivar, melon flowering began 30-60 days after planting and 30-70 days after pollination, the product can be harvested. Immature melon is tasteless and towards maturity, its sweetness increases. From the economic point of view, the minimum acceptable sweetness of melon's cultivars is 9% in terms of the total amount of fruit-soluble solids, but according to the vendors, this number should be 11% or more. The arid and semi-arid regions of the world are the main habitat for such products as melon and salinity stress as an integral part of these areas is an important factor for decreasing yield. The effect of salinity stress in melon's reproductive stage is somewhat more complex than other products, because some reports indicated a significant decrease in yield, number of fruit and weight of melon fruits in salinities greater than 2 dS m⁻¹ and even some researchers determine the threshold of tolerance of 1 dS m⁻¹. The present study was conducted to investigate the effect of two salinity treatments on yield and yield components of three melon cultivars in Varamin province.

Materials and Methods: This research was carried out in 2013 using split plot design in a randomized complete block design with three replications in Varamin Agricultural Center located in 45 km Southeast East of Tehran (35 ° 35 ' , 19' , 51 ' , 39') 1000 meters above sea level. Prior to the experiment, the first step was to prepare the soil including deep plowing and disc. The main plots consisted of irrigation water salinity treatments at 8 dS m⁻¹ (prepared from the Ishraq area) and 2 dS m⁻¹ (prepared from the Khavveh station). The subplots consisted of 3 Cantaloupe masses, including Semsoori Varamin, Green Tile of Mashhad and Magasie Neishabur. The soil of the place-tested sandy loam and the amounts of organic matter (in percent), acidity and salinity (in dS m⁻¹) were 0.95, 7.5 and 2.1 respectively. Based on the soil test, 100 kg ha⁻¹ phosphorus (triple superphosphate) and 150 kg ha⁻¹ potassium (as potassium sulfate) and 150 kg ha⁻¹ nitrogen fertilizer (urea before and after flowering) were added to the ground the experiment. The cultivation date was selected May 5th. The length and diameter of the flesh with the ruler and the percentage of fruit-soluble solids were measured using a refractometer based on 10 fruits, and then the mean of the obtained numbers was taken as the final value. Before harvest, the average number of fruits per plant and average fruit weight were measured and recorded based on the performance of sub plots and the middle lines of each plot. All soil and vegetation tests were carried out in the laboratory of the Soil and Water Research Department of Varamin Agricultural Research Center. Statistical analysis was performed using SAS software and the meanings were compared with Duncan's method (5%).

Results and Discussion: The effect of interaction of salinity and genotype on the length of the fruit (at 1% level) and on the traits of seed cavity thickness, percentage of soluble solids, fruit meal diameter, fruit weight and fresh yield (at 5% level) were statistically significant. In salinity 8 dS m⁻¹ compared to 2 dS m⁻¹, the fresh yield of Semsuri Varamin, Green Tile of Mashhad and Magase Neishabur decreased by 32.7, 45.6 and 80%, respectively. Salinity stress can increase the percentage of non-marketable fruits by reducing the weight of fruits, and it is reported in salinity of 8 dS m⁻¹, which is a 56% decrease in marketable yield. The highest reduction in fruit weight and number of fruits per plant were related to the two mass of Magase Neishabur (average weight 540 g) and Green Tile of Mashhad (average number of 1.23 fruit per plant), respectively. Similarly, in a research with a salinity increase of 2.41 dS m⁻¹ to 12.6 dS m⁻¹, yields dropped from 37 t ha⁻¹ to 28 t ha⁻¹, mainly due to the reduction in the number of fruits. The length of fruits in three populations of Semsuri Varamin, Green Tile of Mashhad and Magase Neishabur in the salinity of 8 dS m⁻¹ compared to 2 dS m⁻¹ decreased by 25, 30 and 45%, respectively. Increasing salinity from 3 to 5 dS m⁻¹ caused a significant decrease in fruit length in products such

1- Research Trainer, Greenhouse Cultivation Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin, Iran

2 and 3- Assistant Professor and Research Trainer, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

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

as cucumber (equivalent to 25%). Increasing the percentage of fruit solids in salinity of 8 dS m⁻¹ compared to 2 dS m⁻¹ treatment, was 5.8, 1.75 and 1.5 times, respectively, in the Magase Neishabur, Green Tile of Mashhad and Semsuri masses. In a study in which the effect of different treatments on salinity was investigated on the percentage of soluble fruit solids, increasing salinity from 2 to 8 dS m⁻¹ increased the percentage of soluble solids from 7.6 to 10.5 percent.

Keywords: Fruit soluble solids, Fresh yield, Fruit weight



اثر اسپرمیدین بر تحمل به سرمای بوته‌های خیار در مرحله نهال‌دزری

محمد سلیمانی^۱ - مصطفی مبلی^۲ - علی اکبر رامین^۳ - بهرام بانی نسب^۴ - لیلا اصلانی^۵*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۷

چکیده

به منظور بررسی اثر اسپرمیدین بر تحمل به سرمای دانهال‌های خیار رقم مزرعه‌ای 'رشید'، پژوهشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و چهار تیمار شامل غلظت‌های صفر، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین در انکوباتور در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به صورت دو آزمایش مجزا اجرا شد. به این منظور بذرها در محیطی مرطوب، به مدت ۷ روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و پس از تیمار با اسپرمیدین، ۸ روز در دماهای ۶ یا ۹ درجه سلسیوس قرار داده شدند. در پایان هر آزمایش ویژگی‌هایی شامل طول، وزن تر و خشک، نشت یونی و پرولین در ساقه و ریشه اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه اثر دما و برهمکنش آن با غلظت‌های متفاوت اسپرمیدین داده‌های دو آزمایش با همدیگر در یک طرح کورت‌های خرد شده (۲ دمای متفاوت انکوباتور به صورت ۲ کورت اصلی و ۴ غلظت اسپرمیدین به صورت ۴ کورت فرعی) آنالیز آماری شد. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که کاربرد اسپرمیدین در بالاترین غلظت (۱ میلی‌مولار) اثرات معکوسی در تعدیل سرمازدگی در دمای ۹ درجه سلسیوس داشت، به طوری که وزن تر و خشک ریشه را کاهش داد. غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین در دمای ۶ درجه سلسیوس مؤثرتر از سایر غلظت‌ها بود و باعث افزایش وزن تر ریشه، کاهش میزان نشت یونی ریشه و افزایش پرولین ساقه شد. نتایج آنالیز کورت‌های خرد شده نشان داد که در مجموع غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه شد. مقایسه میانگین برهمکنش دما و غلظت اسپرمیدین نشان داد که بر خلاف این که در مجموع تیمارهای ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه شد، به دلیل وجود برهمکنش معنی‌دار بین دما و غلظت اسپرمیدین این اثرات افزایش صرفاً در دمای ۶ درجه سلسیوس مشاهده شد و در دمای ۹ درجه سلسیوس تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت.

واژه‌های کلیدی: پلی‌آمین، دانهال، سرمازدگی

مقدمه

فتوستت و تغییر الگوهای سنتز پروتئین‌ها به ویژه پروتئین‌های غشاء سلولی است (۱۵). نشت املاح از سلول به درون آب خارج سلولی در اثر سرمازدگی، نشان دهنده خسارت وارد شده به غشای پلاسمایی و احتمالاً غشای تونوپلاست است و ممانعت از فتوستت و تنفس نیز منعکس کننده خسارت وارد شده به غشاهای کلروپلاست و میتوکندری است (۹). سرمازدگی در دانهال‌های جوان عموماً باعث کاهش توسعه برگ، پژمردگی و کلروز می‌شود در موارد شدیدتر قهوه‌ای شدن و پیدایش بافت مرده (نکروزه) و یا مرگ گیاه مشاهده می‌شود (۹ و ۱۵).

خیار گیاهی حساس به سرما است و کشت آن به جز بخشی از مناطق جنوبی و مرکزی کشور، در مناطقی انجام می‌شود که به دلیل پایین بودن دما، احتمال سرمازدگی در اوایل فصل رشد وجود دارد. روش‌های مختلفی جهت کنترل سرمازدگی به کار گرفته شده، از جمله کاشت زیر پلاستیک یا قرار دادن کلاهی روی بوته‌های جوان

سرما یکی از بزرگترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان و تولید محصولات در بسیاری از نقاط جهان می‌باشد که از دیر باز مورد توجه بوده است. سرما از طریق تغییر در فعالیت ماکرومولکول‌ها، کاهش پتانسیل اسمزی در محیط سلولی (۲۱) و تغییر قابل توجه در دیگر بخش‌های سلول به سلول‌ها آسیب می‌رساند (۱۱). علائم ظاهری سرمازدگی بسته به گونه، سن و طول دوره قرار گرفتن در معرض دمای پایین متفاوت است. این علائم در بافت‌های حساس به سرما از جمله برگ شامل تخریب جریان پروتوپلاسمی^۲، کاهش تنفس،

۱، ۲، ۳ و ۴ - به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادن، دانشیار و

دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

(Email: l.aslani@ag.iut.ac.ir)

(*) - نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jhorts4.v32i3.66614

2- Impaired protoplasmic streaming

تحمل به سرما در مرحله دانه‌های خیار بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر غلظت‌های متفاوت اسپرمیدین (صفر (شاهد)، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بر افزایش تحمل به سرمای خیار رقم 'رشید' در مرحله دانه‌های در انکوباتور دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به صورت دو آزمایش مجزا هر یک در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد.

آزمایش اول

تعداد ۱۶ عدد ظرف پلاستیکی درب‌دار با ابعاد ۱۷×۱۲×۶ سانتی‌متر انتخاب شد. داخل هر یک از آن‌ها ۵۰ عدد بذر خیار رقم 'رشید' بر روی دو لایه کاغذ صافی قرار داده و سپس به هر ظرف ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. ظروف به مدت ۷ روز درون انکوباتور با دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا بذور جوانه‌زده و گیاهچه‌ها بزرگ شد. سپس به هر ظرف ۱۵ میلی‌لیتر از محلول اسپرمیدین بر اساس تیمار مربوط اضافه شد و ظروف داخل انکوباتور با دمای ۹ درجه سلسیوس قرار داده شد، به طوری که پس از ۷ روز دریافت دمای ۲۰ درجه سلسیوس جهت رشد اولیه، گیاهچه‌ها ۸ روز باقیمانده را در دمای ۹ درجه سلسیوس قرار گرفتند. تیمارها تا روز دوم جوانه‌زنی در شرایط تاریکی قرار داشتند و از روز دوم تا پایان آزمایش روزانه ۸ ساعت نور دریافت کردند.

آزمایش دوم

کلیه مراحل این آزمایش مانند آزمایش اول انجام شد با این تفاوت که پس از قرار دادن بذور به مدت ۷ روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس، گیاهچه‌ها ۸ روز باقی مانده را در دمای ۶ درجه سلسیوس قرار گرفتند.

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

طول ساقه و ریشه

در انتهای آزمایش، طول ساقه‌ها از ناحیه طوقه تا محل خروج برگ‌های لپه‌ای و طول ریشه‌ها از ناحیه طوقه تا انتهای ریشه با استفاده از خط کش بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

وزن تر ساقه و ریشه

ساقه‌ها و ریشه‌های جدا شده با استفاده از حوله کاغذی خشک و وزن‌تر آن‌ها به طور جداگانه با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد.

است. از روش‌های مدرن می‌توان به استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند اسپرمیدین اشاره کرد. اسپرمیدین از گروه پلی‌آمین‌ها و یکی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی است که در سال‌های اخیر کاربرد آن در مقابله با سرمازدگی مورد مطالعه قرار گرفته است.

اثر تیمار سرما بر میزان پلی‌آمین‌های برگ ارقام خیار حساس به سرما و مقاوم به سرما متفاوت گزارش شده است. در طول دوره اعمال تنش سرما میزان اسپرمیدین در برگ‌های ارقام خیار مقاوم به سرما به میزان چشم‌گیری افزایش و در رقم حساس بدون تغییر بوده است. افزایش محتوای پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین در ارقام مقاوم به سرما در طول دوره اعمال تنش سرما احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت اورتتین دکربوکسیلاز (ODC) بوده است (۵ و ۱۹). استفاده خارجی از اسپرمیدین، سطح کربوهیدرات‌ها را در دانه‌های برنج را تعدیل کرد و باعث تحریک القا سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی و متابولیسم هورمون‌های درون‌زا درگیر و افزایش مقاومت به تنش سرما در دانه‌های برنج شد (۲۲). نایار (۱۷) گزارش کرد که میزان پلی‌آمین‌ها در گیاهان نخود قرار گرفته در معرض دمای پایین (۱۵-۱۲ درجه سلسیوس و ۶-۴ درجه سلسیوس به ترتیب مربوط به متوسط حداکثر و حداقل دمای مزرعه) شش تا نه برابر افزایش یافت. افزودن اسپرمیدین به محیط رشد خیار پیش از اعمال تیمار سرما، سبب شد که میزان اسپرمیدین در همه اندام‌های آن را افزایش دهد و موجب تحمل بیشتر به سرما شود (۷). هنگامی که دانه‌های برنج پرورش یافته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند، در روز اول پس از اعمال تیمار، مقدار بالایی از mRNA OsSPDS2 در ریشه‌ها مشاهده شد و مقدار آن به طور پیوسته تا روز ۱۰ افزایش یافت. زمانی که دانه‌ها مجدداً به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند، میزان mRNA OsSPDS2 به سرعت کاهش یافت. در مقابل تغییر قابل توجهی در سطوح OsSPDS2 mRNA در شاخساره در طول دوره اعمال تیمار سرما مشاهده نشد (۸).

گزارش شده که پوترسین در ابتدای اعمال تیمار سرما در دانه‌های صنوبر پرورش یافته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تجمع یافت، در حالی که تجمع اسپرمیدین و اسپرمین به ترتیب پس از ۴ و ۷ روز پس از اعمال تیمار سرما رخ داد (۱۸). این امکان وجود دارد که تغییرات پوترسین بازتاب کننده شرایط رشدی نامطلوب باشد، در حالی که اسپرمیدین و اسپرمین احتمالاً در سمیت‌زدایی رادیکال‌های آزاد و یا پایداری ماکرومولکول‌ها و غشاها شرکت دارد (۱۰). با این که میزان اسپرمیدین و اسپرمین پایین‌تر است و کندتر از تنش تأثیر می‌گیرد، به نظر می‌رسد علائم‌های بهتری برای ارزیابی میزان تنش وارد شده به گیاه است (۶).

با توجه به اثرات گزارش شده پلی‌آمین‌ها در کاهش خسارت سرمازدگی، هدف از این پژوهش مطالعه تأثیر اسپرمیدین بر افزایش

تجزیه و تحلیل آماری

مقایسه اثر دماهای مورد بررسی در دو آزمایش فوق و غلظت‌های متفاوت هورمون بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده با اجرای طرح کرت‌های خرد شده (۲ دمای متفاوت انکوباتور به صورت ۲ کرت اصلی و ۴ غلظت اسپرمیدین به صورت ۴ کرت فرعی) انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها و محاسبه همبستگی بین صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون کم‌ترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

نتایج

آزمایش اول

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین در دمای ۹ درجه سلسیوس بر ویژگی‌های وزن تر و خشک ریشه دانه‌ها، طول ساقه، طول ریشه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، نشت یونی ساقه و نشت یونی ریشه دانه‌ها اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱).

وزن تر ریشه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما تیمار ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث کاهش معنی‌دار وزن تر ریشه شد (جدول ۲)، به طوری که این کاهش برابر با ۲۸/۹۳ درصد نسبت به شاهد بود.

وزن خشک ریشه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما تیمار ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین با اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد (۲۲/۲۲ درصد) وزن خشک ریشه را کاهش داد، در حالی که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین نداشت (جدول ۲).

آزمایش دوم

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین در دمای ۶ درجه سلسیوس بر ویژگی‌های وزن تر ریشه، نشت یونی ریشه و پرولین ساقه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد، ولی بر ویژگی‌های طول ساقه و ریشه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه، نشت یونی ساقه و پرولین ریشه اثر معنی‌داری نداشت.

نشت یونی

اندازه‌گیری نشت یونی بر اساس روش لاتنس (۳) انجام شد. بدین ترتیب که نمونه ۱ گرمی از بافت ساقه یا ریشه، سه بار توسط آب دیونیزه شسته شد. سپس نمونه‌ها درون لوله آزمایش قرار داده و ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به هر یک از آن‌ها اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق (۲۰ درجه سلسیوس) و بر روی شیکر قرار گرفتند. میزان هدایت الکتریکی محلول (Lt) توسط ای-سی متر (ساخت کشور لهستان مدل: CC-501) اندازه‌گیری شد. برای کشتن بافت، لوله‌های حاوی نمونه به مدت یک ساعت درون اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و هم‌زمان با هم دما شدن نمونه‌ها با دمای اتاق، مجدداً هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد (Lo). در نهایت درصد نشت یونی از رابطه زیر به دست آمد:

$$[Lt / Lo] \times 100 = \text{درصد نشت یون}$$

پرولین

میزان پرولین آزاد نمونه‌های برگ به روش بیتز و همکاران (۲۰۰۲) اندازه‌گیری شد. در این روش معرف ناین‌هیدرین^۱ با حل کردن ۱/۲۵ گرم ناین‌هیدرین در ۳۰ میلی‌لیتر استیک اسید خالص و ۲۰ میلی‌لیتر فسفریک اسید ۶ مولار تهیه شد. ۱۰۰ میلی‌گرم از وزن تازه بافت در هاون چینی به همراه ۱۰ میلی‌لیتر محلول سولفوسالسیلیک اسید ۳٪ همگن شد. سپس مخلوط حاصل به وسیله کاغذ صافی واتمن شماره دو صاف شد. ۲ میلی‌لیتر از عصاره به دست آمده به همراه ۲ میلی‌لیتر معرف ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید خالص مخلوط و سپس به مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. لوله‌های آزمایش بلافاصله به مدت ۱۰-۵ دقیقه در ظرف محتوی یخ قرار گرفتند. به نمونه‌ها ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و به مدت ۱ دقیقه ورتکس شدند. فاز حاوی اسید آمینه پرولین (فاز قرمز رنگ رویی) جدا و درون کووت منتقل و جذب نوری آن‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (مدل: UV-160A-SHIMADZN) قرائت شد. از غلظت‌های مختلف پرولین برای تهیه منحنی استاندارد استفاده شد. مقدار پرولین موجود در نمونه‌ها بر حسب میکرومول در گرم وزن تر نمونه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\mu\text{mol proline/grFw} = \left[\frac{\mu\text{g proline/ml} \times \text{ml toluene/115.5}}{\text{g samples/5}} \right]$$

(جدول ۳).

غلظت ۱ میلی مولار اسپرمیدین باعث کاهش میزان نشت یونی ریشه نسبت به شاهد (۳۱/۲۸ درصد) شد، در حالی که اختلاف معنی داری با غلظت ۰/۵ میلی مولار اسپرمیدین نداشت (جدول ۴).

وزن تر ریشه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین غلظت‌های ۰/۱ و ۱ میلی مولار اسپرمیدین و شاهد اختلاف معنی داری وجود ندارد. اما غلظت ۰/۵ میلی مولار اسپرمیدین با اختلاف معنی داری با شاهد (۱۶/۷۳ درصد) وزن تر ریشه را افزایش داد (جدول ۴).

پرولین ساقه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بین تیمارهای ۰/۱ و ۱ میلی مولار اسپرمیدین و شاهد اختلاف معنی داری وجود ندارد. اما تیمار ۰/۵ میلی مولار اسپرمیدین با اختلاف معنی داری نسبت به شاهد (۹۳/۴۳ درصد) پرولین ساقه را افزایش داد (جدول ۴).

نشت یونی ریشه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بین غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ میلی مولار اسپرمیدین و شاهد اختلاف معنی داری وجود ندارد. اما

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر صفات اندازه‌گیری شده مربوط به دانهال خیار رقم 'رشید' در دمای ۹ درجه سلسیوس در مرحله دانهالی

Table 1- ANOVA for the effect of different concentrations of spermidine on characteristics of cucumbers seedling cv. 'Rashid' in 9 °C

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean square							
		طول ساقه Shoot length	طول ریشه Root length	وزن تر ساقه Shoot fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	نشت یونی ساقه Electrolyte leakage of shoot	نشت یونی ریشه Electrolyte leakage of root
اسپرمیدین Spermidine	3	6.6 ^{ns}	46.49 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.712 ^{**}	0.001 ⁿ _s	0.00085 [*]	114.2 ^{ns}	48.8 ^{ns}
خطا Error	12	12.18	44.14	0.23	0.115	0.001 ₆	0.00019	89.1	77.8
ضریب تغییرات CV (%)		15.93	9.25	8.64	11.95	6.5	8.66	12.8	11.1

^{ns}: عدم وجود اختلاف معنی دار، *: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد
^{ns}: none significant, *: significant at 5% and **: significant at 1% of probability level.

جدول ۲- اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر صفات اندازه‌گیری شده مربوط به دانهال خیار رقم 'رشید' در دمای ۹ درجه سلسیوس در مرحله دانهالی

Table 2- Effect of different concentrations of spermidine on characteristics of cucumbers seedling cv. 'Rashid' in 9 °C

غلظت اسپرمیدین Spermidin concentration (mM)	طول ساقه Shoot length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	نشت یونی ساقه Electrolyte leakage of shoot (%)	نشت یونی ریشه Electrolyte leakage of root (%)
۰ (شاهد) 0 (Control)	21.37 a	73.36 a	5.79 a	3.18 a	0.64 a	0.18 a	70.39 a	76.83 a
0.1	20.34 a	75.86 a	5.42 a	3.12 a	0.60 a	0.17 a	72.16 a	76.59 a
0.5	23.03 a	69.47 a	5.88 a	2.83 a	0.63 a	0.16 ab	69.84 a	80.05 a
1	22.88 a	68.55 a	5.27 a	2.26 b	0.60 a	0.14 b	81.30 a	84.06 a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

Mean values are followed by the same letters in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD test.

جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر صفات اندازه‌گیری شده مربوط به دانه‌های خیار رقم 'رشید' در دمای ۶ درجه سلسیوس در مرحله دانه‌های
Table 3- ANOVA for the effect of different concentrations of spermidine on characteristics of cucumbers seedling cv. 'Rashid' in 6 °C

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Square									
		طول ساقه Shoot length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	نشت یونی ساقه Electrolyte leakage of shoot (%)	نشت یونی ریشه Electrolyte leakage of root (%)	پرولین ساقه Proline concentration of shoot (μmol g ⁻¹ F.W.)	پرولین ریشه Proline concentration of root (μmol g ⁻¹ F.W.)
اسپرمیدین Spermidine	3	4.94 ^{ns}	362.42 ^{ns}	0.878 ^{ns}	0.712 ^{**}	0.0017 ^{ns}	0.778 ^{ns}	93.5 ^{ns}	517.2 [*]	3.43 ^{**}	0.095 ^{ns}
خطا Error	12	1.43	119	0.64	0.115	0.0018	0.284	86.5	142.7	0.166	0.038
ضرب تغییرات CV		5.75	14.8	11.59	11.95	7.42	9.66	12.77	16.8	16.52	20.96

عدم وجود اختلاف معنی‌دار؛ * : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد؛ ** : اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد
^{ns}: none significant, * : significant at 5%, ** : significant at 1%.

جدول ۴- اثر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر صفات اندازه‌گیری شده مربوط به دانه‌های خیار رقم 'رشید' در دمای ۶ درجه سلسیوس در مرحله دانه‌های
Table 4- Effect of different concentrations of spermidine on characteristics of cucumbers seedling cv. 'Rashid' in 6 °C

غلظت اسپرمیدین Spermidin concentration (mM)	طول ساقه Shoot length (mm)	طول ریشه Root length (mm)	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	نشت یونی ساقه Electrolyte leakage of shoot (%)	نشت یونی ریشه Electrolyte leakage of root (%)	پرولین ساقه Proline concentration of shoot (μmol g ⁻¹ F.W.)	پرولین ریشه Proline concentration of root (μmol g ⁻¹ F.W.)
۰ (شاهد) 0 (Control)	19.60 a	62.92 a	7.36 a	5.08 b	0.60 a	0.13 a	74.80 a	79.47 a	1.98 b	0.73 a
0.1	21.97 a	80.44 a	7.23 a	5.87 ab	0.57 a	0.20 a	77.57 a	77.80 a	2.22 b	1.10 a
0.5	21.56 a	82.90 a	6.67 a	5.93 a	0.55 a	0.22 a	72.63 a	72.24 ab	3.83 a	0.94 a
1	20.24 a	68.62 a	6.36 a	5.20 ab	0.58 a	0.16 a	66.21 a	54.61 b	1.83 b	0.94 a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس LSD آزمون در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean values are followed by the same letters in each column are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD test

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر دما و غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر صفات اندازه‌گیری شده مربوط به دانه‌های خیار رقم 'رشید' در مرحله دانه‌های
Table 5- ANOVA for the effect of temperature and different concentrations of spermidine on characteristics of cucumber seedling cv. 'Rashid'

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Square									
		طول ساقه Shoot length	طول ریشه Root length	وزن تر ساقه Shoot fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	نشت یونی ساقه Electrolyte leakage of shoot	نشت یونی ریشه Electrolyte leakage of root		
دما Temperature	1	20780.97878 [*]	21478.35380 [*]	13.74190313 ^{**}	57.13805000 ^{**}	0.01445000 [*]	0.00195313 ⁿ	3.062813 ^{ns}	558.197578 [*]		
خطای دما Error of temperature	3	5.94179 ^{ns}	29.09351 ^{ns}	0.28538646 ^{ns}	0.11897500 ^{ns}	0.00064167 ^{ns}	0.00125312 ⁿ	38.104687 ^{ns}	210.485736 ⁿ		
اسپرمیدین Spermidine	3	29.62114 ^{ns}	185.18372 [*]	0.78990313 ^{ns}	0.92702083 [*]	0.00190833 ^{ns}	0.00283646 [*]	19.429738 ^{ns}	127.832645 ⁿ		
دما × اسپرمیدین Temperature × spermidine	3	21.82472 ^{ns}	183.85277 [*]	0.42146979 ^{ns}	0.56457500 [*]	0.00127500 ^{ns}	0.00376146 [*]	188.330004 ⁿ	438.174361 [*]		
خطا ۲ Error 2	18	28.76197	75.37460	0.44027812	0.20363681	0.00170000	0.00063785	109.763346	104.884242		
ضریب تغییرات CV (%)		11.58	18.15	10.62	10.79	6.90	14.99	14.32	13.62		

^{ns}: عدم وجود اختلاف معنی‌دار؛ ^{*}: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد؛ ^{**}: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ⁿ: none significant, ^{*}: significant at 5%, ^{**}: significant at 1%.

مقایسه دماها

تجزیه واریانس داده‌های دو آزمایش به صورت کرت‌های خرد

شده نشان داد که اثر دماهای متفاوت در مرحله دانه‌های بر ویژگی‌های طول ریشه، طول ساقه، وزن تر ساقه، وزن تر ریشه و وزن خشک

میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش معنی‌دار وزن تر ریشه شد و با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۸). مقایسه میانگین برهمکنش دما و غلظت اسپرمیدین نشان داد که بر خلاف این که در مجموع تیمارهای ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش معنی‌دار وزن تر ریشه شد، به دلیل وجود برهمکنش معنی‌دار بین دما و غلظت اسپرمیدین این افزایش صرفاً در دمای ۶ درجه سلسیوس مشاهده شد و این دو غلظت در دمای ۹ درجه سلسیوس اثر افزایشی قابل مشاهده‌ای نداشت (جدول ۸).

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به وزن خشک ساقه در دماهای مختلف نشان داد که با کاهش دما از ۹ درجه به ۶ درجه سلسیوس وزن خشک ساقه به میزان معنی‌داری (۶/۹۵ درصد) کاهش یافت (جدول ۶).

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به نشت یونی ریشه در دماهای مختلف نشان داد که به طور کلی کاهش دما از ۹ به ۶ درجه سلسیوس باعث کاهش نشت یونی ریشه (۱۰/۵۲ درصد) شد (جدول ۱۰). مقایسه میانگین برهمکنش بین دما و غلظت اسپرمیدین نشان داد، در حالی که در مجموع تیمارهای متفاوت اسپرمیدین اثر معنی‌داری بر نشت یونی ریشه نداشت اما به دلیل برهمکنش معنی‌دار بین هورمون و دما، غلظت ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین در دمای ۶ درجه سلسیوس سبب کاهش نشت یونی ریشه شد (جدول ۱۰).

همبستگی بین ویژگی‌ها

همبستگی بین ویژگی‌های مورد بررسی در گیاه خیار رقم 'رشید' نشان داد که ویژگی طول ریشه با ویژگی‌های وزن تر ساقه و وزن تر ریشه و ویژگی وزن تر ریشه با ویژگی وزن تر ساقه همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد دارد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک ساقه با طول ساقه و نشت یونی ساقه با نشت یونی ریشه در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد. همبستگی منفی معنی‌داری بین طول ساقه با ویژگی‌های وزن تر ساقه، وزن تر ریشه و طول ریشه در سطح احتمال ۱٪ و بین وزن خشک ساقه با وزن تر ریشه در سطح احتمال ۵٪ مشاهده شد (جدول ۱۱).

ساقه در سطح احتمال ۱ درصد و بر نشت یونی ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد، ولی بر ویژگی‌های وزن خشک ریشه و نشت یونی ریشه اثر معنی‌داری نداشت. همچنین اثر متقابل دما و غلظت‌های متفاوت اسپرمیدین بر ویژگی‌های طول ریشه، وزن تر ریشه و نشت یونی ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین دماهای متفاوت اختلاف معنی‌داری در ویژگی طول ساقه وجود داد. به طوری که با کاهش دما از ۹ به ۶ درجه سلسیوس طول ساقه (۷۰/۹۹ درصد) کاهش یافت (جدول ۶).

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به طول ریشه در دماهای مختلف نشان داد که به طور کلی با کاهش دما از ۹ به ۶ درجه سلسیوس طول ریشه به طور معنی‌داری افزایش (۷۰/۲۹ درصد) یافت (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به غلظت‌های متفاوت اسپرمیدین در مجموع نشان داد که تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه (۲۰/۴۱ درصد) شد و با غلظت‌های ۰/۱ و ۱ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین برهمکنش دما و غلظت اسپرمیدین نشان داد که بر خلاف این که در مجموع تیمارهای ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه شد، به دلیل وجود برهمکنش معنی‌دار بین دما و غلظت اسپرمیدین این افزایش صرفاً در دمای ۶ درجه سلسیوس مشاهده شد و در دمای ۹ درجه سلسیوس تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (جدول ۷).

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به وزن تر ساقه در دماهای مختلف نشان داد که با کاهش دما از ۹ درجه به ۶ درجه سلسیوس وزن تر ساقه به میزان معنی‌داری (۱۸/۹۸ درصد) افزایش یافت (جدول ۶).

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به وزن تر ریشه در دماهای مختلف نشان داد که به طور کلی با کاهش دما از ۹ به ۶ درجه سلسیوس وزن تر ریشه (۴۸/۳۷ درصد) به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۸). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به غلظت‌های متفاوت اسپرمیدین در مجموع نشان داد که غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵

جدول ۶- اثر دما بر طول ساقه، وزن تر ساقه و وزن خشک ساقه خیار رقم 'رشید' در مرحله دانتهالی

Table 6- Effect of temperature on stem length, stem fresh and dry weight of cucumber seedling cv. 'Rashid' in seeding stage

تیمار Treatment	طول ساقه Shoot length (mm)	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (g)
دما Temperature (°C)			
9	71.81 a	5.59 b	0.619 a
6	20.84 b	6.90 a	0.576 b

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean values are followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD test.

جدول ۷- برهمکنش غلظت‌های مختلف اسپرمیدین × دما بر طول ریشه (میلی‌متر) خیار رقم 'رشید' در مرحله دانه‌پالی

Table 7- Interaction effect between different concentrations of spermidine × temperature on root length (mm) of cucumber seedling cv. 'Rashid'

غلظت اسپرمیدین Spermidin concentration (mM)	دما در مرحله دانه‌پالی Temperature in seedling stage (°C)		میانگین Mean
	9	6	
۰ (شاهد) 0 (Control)	21.37 d	62.92 c	42.15 B
0.1	20.34 d	80.44 ab	50.39 AB
0.5	23.02 d	82.90 a	52.96 A
1	22.88 d	68.62 bc	45.75 AB
میانگین Mean	21.90 B	73.72 A	

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند. حروف کوچک برای مقایسه اثر متقابل و حروف بزرگ برای مقایسه میانگین‌های هر فاکتور (اثرات اصلی) است.

Mean values are followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD test. Upper and lower-case letters are used to compare main and interaction effects, respectively.

جدول ۸- برهمکنش غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و دما بر وزن تر ریشه (گرم) خیار رقم 'رشید' در مرحله دانه‌پالی

Table 8- Interaction effect between different concentrations of spermidine × temperature on root fresh weight (g) of cucumber seedling cv. 'Rashid'

غلظت اسپرمیدین Spermidin concentration (mM)	دما در مرحله دانه‌پالی Temperature in seedling stage (°C)		میانگین Mean
	9	6	
۰ (شاهد) 0 (Control)	3.18 c	5.08 b	4.13 AB
0.1	3.12 c	5.86 a	4.49 A
0.5	2.84 cd	5.93 a	4.38 A
1	2.25 d	5.20 b	3.72 B
میانگین Mean	2.85 B	5.52 A	

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند. حروف کوچک برای مقایسه اثر متقابل و حروف بزرگ برای مقایسه میانگین‌های هر فاکتور (اثرات اصلی) است.

Mean values are followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD test. Upper and lower-case letters are used to compare main and interaction effects, respectively.

جدول ۹- برهمکنش غلظت‌های مختلف اسپرمیدین × دما بر وزن خشک ریشه (گرم) خیار رقم 'رشید' در مرحله دانه‌پالی

Table 9- Interaction effect between different concentrations of spermidine × temperature on root dry weight (g) of cucumber seedling cv. 'Rashid'

غلظت اسپرمیدین Spermidin concentration (mM)	دما در مرحله دانه‌پالی Temperature in seedling stage (°C)		میانگین Mean
	9	6	
۰ (شاهد) 0 (Control)	0.178 bc	0.135 d	0.156 B
0.1	0.165 bcd	0.198 ab	0.181 A
0.5	0.185 cd	0.218 a	0.188 A
1	0.142 cd	0.155 cd	0.149 B
میانگین Mean	0.161 A	0.176 A	

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند. حروف کوچک برای مقایسه اثر متقابل و حروف بزرگ برای مقایسه میانگین‌های هر فاکتور (اثرات اصلی) است.

Mean values are followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD test. Upper and lower-case letters are used to compare main and interaction effects, respectively.

جدول ۱۰- برهمکنش غلظت‌های مختلف اسپرمیدین و دما بر نشت یونی ریشه (درصد) خیار رقم 'رشید' در مرحله دانه‌الی

Table 10- Interaction effect between different concentrations of spermidine and temperature on electrolyte leakage of root (%) of cucumber seedling cv. 'Rashid'

غلظت اسپرمیدین Spermidin concentration (mM)	دما در مرحله دانه‌الی Temperature in seedling stage (°C)		میانگین Mean
	9	6	
۰ (شاهد) 0 (Control)	76.83 a	79.47 a	78.15 A
0.1	76.59 a	77.80 a	77.20 A
0.5	80.04 a	72.24 a	76.14 A
1	84.06 a	54.62 b	69.34 A
میانگین Mean	79.38 A	71.03 B	

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار ندارند. حروف کوچک برای مقایسه اثر متقابل و حروف بزرگ برای مقایسه میانگین‌های هر فاکتور (اثرات اصلی) است.

Mean values are followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by the LSD test. Upper and lower-case letters are used to compare main and interaction effects, respectively.

جدول ۱۱- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خیار رقم 'رشید' در مرحله دانه‌الی

Table 11- Correlation coefficients between measured characteristics of cucumber cv. 'Rashid' in seedling stage

	نشت یونی ساقه Electrolyte leakage of shoot	نشت یونی ریشه Electrolyte leakage of root	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	طول ریشه Root length	طول ساقه Shoot length
طول ساقه Shoot length	0.05	0.48	0.76*	-0.25	-0.89**	-0.94**	-0.97**	1
طول ریشه Root length	-0.01	-0.45	-0.85**	0.48	0.86**	0.98**	1	
وزن تر ریشه Root fresh weight	-0.13	-0.48	-0.79*	0.52	0.88**	1		
وزن تر ساقه Stem fresh weight	-0.02	-0.17	-0.54	0.25	1			
وزن خشک ریشه Root dry weight	-0.06	-0.12	-0.54	1				
وزن خشک ساقه Stem dry weight	-0.21	0.33	1					
نشت یونی ریشه Electrolyte leakage of root	0.72*	1						
نشت یونی ساقه Electrolyte leakage of shoot	1							

** و * به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد.

** and * are not significant and significant at 1 and 5% probability level, respectively.

بحث

معنی‌دار وزن تر ریشه شد (جدول ۲). غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین با اختلاف معنی‌داری با شاهد وزن تر ریشه را در دمای ۶ درجه سلسیوس افزایش داد (جدول ۴). لی (۱۲) گزارش کرد که تیمار ریشه‌های برنج با غلظت ۰/۰۱ میلی‌مولار اسپرمیدین قادر است رشد کل گیاه را به دلیل افزایش رشد ریشه تسهیل کند که با نتایج

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین و شاهد در دمای ۹ درجه سلسیوس اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و تیمار ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث کاهش

پژوهش حاضر همسو است.

تنش سرما منجر به ایجاد تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بافت گیاه می‌شود. در این آزمایش، ویژگی‌های رویشی در اثر تیمار با اسپرمیدین بهبود یافت، که ممکن است به دلیل درگیری اسپرمیدین در تنظیم رشد گیاه در شرایط تنش باشد. لیو و همکاران (۱۳) گزارش کردند که پلی آمین‌های تیمار شده به صورت خارجی روی دانه‌های ذرت به سرعت وارد کلروپلاست شده و نقش حمایت از دستگاه فتوسنتزی را در مقابل اثرات نامطلوب تنش‌های محیطی بازی می‌کند. محمدشتویی و همکاران (۱۶) نیز گزارش کردند که اسپرمیدین از طریق فعال کردن سیستم آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی قادر است غشای کلروپلاست را از آسیب تنش سرما حمایت کند. احتمالاً حفظ کلروپلاست از آسیب تنش سرما در اثر تیمار با اسپرمیدین، منجر به بهبود فتوسنتز و در نتیجه بهبود رشد دانه‌ها شده است.

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به وزن خشک ریشه نشان داد که تیمار ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین در دمای ۹ درجه سلسیوس با اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد وزن خشک ریشه را کاهش داد، در حالی که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین نداشت (جدول ۲). که علت این کاهش وزن تر ریشه بود.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به نشت یونی ریشه نشان داد غلظت ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین باعث کاهش میزان نشت یونی ریشه در دمای ۶ درجه سلسیوس نسبت به شاهد شد و اختلاف معنی‌داری با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین نداشت (جدول ۴). لو و همکاران (۱۴) گزارش کردند که غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین نشت یونی دانه‌های خیار تحت تنش سرما را به میزان معنی‌داری نسبت به شاهد و غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اسپرمیدین کاهش داد، که با

منابع

نتایج پژوهش حاضر همسو است. در حالی که نایار و همکاران (۱۷) گزارش کردند که غلظت ۰/۱ میلی‌مولار اسپرمیدین بیشترین اثر را در تعدیل سرمازدگی دانه‌های نخود داشت و غلظت‌های بالاتر به نسبت اثر کمتری داشتند.

مشخص شده است که درجه غیر اشباعی لیپیدهای غشا سلول‌های گیاهان مقاوم شده به سرما، در مقایسه با گیاهان مقاوم نشده افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد و این افزایش با کاهش نشت یونی سلول همراه است (۲۰). همچنین نتایج تحقیقات نشان داده است که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در اثر تیمار با اسپرمیدین افزایش می‌یابد و افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها منجر به بهبود پایداری غشای سلولی از طریق کاهش نشت یونی می‌شود (۱۶).

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به غلظت پرولین در دمای ۶ درجه سلسیوس نشان داد که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین با اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد و سایر غلظت‌ها، پرولین ساقه را افزایش داد (جدول ۴). دیاو و همکاران (۵) گزارش کردند که تیمار دانه‌های گوجه فرنگی با اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار میزان نشت یونی را کاهش داد، همچنین نتایج به دست آمده با نتایج گزارش شده توسط لو و همکاران (۱۴) بر روی دانه‌های خیار تحت تنش سرما همسو است. بنابراین مقاومت به سرما در گیاهان در اثر استفاده از اسپرمیدین با افزایش ترکیبات سازگار کننده محلول به ویژه پرولین همراه است.

پرولین به عنوان مخزن ذخیره نیتروژن و یا به صورت ماده محلول کاهش دهنده پتانسیل اسمزی عمل کرده و گیاه را در تحمل تنش یاری می‌کند (۱). این اسید آمینه به عنوان یک محلول آبیکی پروتئین سازگار و یک عامل کلاته کننده رادیکال هیدروکسیل ایفای نقش می‌کند (۴).

- 1- Akhondi M., Safarnejad A., and Lahouti M. 2006. Effect of drought stress on proline accumulation and mineral nutrients changes in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 10: 165-175. (In Persian with English abstract)
- 2- Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil, 39: 205-207.
- 3- Bouchereau A., Aziz A., Larher F., and Martin-Tanguy J. 1999. Polyamines and environmental challenges: recent development, Plant Science, 140: 103-125.
- 4- Claussen W. 2005. Proline as a measure of stress in tomato plant. Plant Science, 168: 241-248.
- 5- Diao Q., Song Y., and Qi H. 2015. Exogenous spermidine enhances chilling tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedlings via involvement in polyamines metabolism and physiological parameter levels. Acta Physiology Plant, 37: 230-245.
- 6- Groppa M.D., and Benavides M.P. 2008. Polyamines and abiotic stress recent advances. Amino Acids, 34: 35-45.
- 7- He L., Nada K., and Tachibana S. 2002. Effects of Spermidine pretreatment through the roots on growth and photosynthesis of chilled cucumber plants (*Cucumis sativus* L.). Journal of Japensis Society for Horticultural Science, 71: 490-498.
- 8- Imai R., Ali A., Pramanik M., Nakaminami K., Sentoku N., and Kato H. 2004. A distinctive class of spermidine synthase is involved in chilling response in rice. Journal of Plant Physiology, 161: 883-886.
- 9- Kafi M., Zand A., Sharifi H., Kamkar B., and Goldani M. 2000. Plant Physiology. Mashhad University Press,

- Mashhad. (In Persian)
- 10- Larher F.R., Aziz A., Gibon Y., Trotel-Aziz P., Sulpice R., and Bouchereau A. 2003. An assessment of the physiological properties of the so-called compatible solutes using *in vitro* experiments with leaf discs. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41: 657-666.
 - 11- Lee S.H., Singh A.P., Chung G.C., Kim Y.S., and Kong I.B. 2002. Chilling root temperature causes rapid ultrastructural changes in cortical cells of cucumber (*Cucumis sativus* L.) root tips. *Journal of Experimental Botany*, 53: 2225-2237.
 - 12- Lee T.M. 1997. Polyamine regulation of growth and chilling tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) roots cultured *in vitro*. *Plant Science*, 122: 111-117.
 - 13- Liu J., Jiang M.Y., Zhou Y.F., and Liu Y.L. 2005. Production of polyamines is enhanced by endogenous abscisic acid in maize seedlings subjected to salt stress. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47: 1326-1334.
 - 14- Lu-lu Y., Xiu-hua Y., Kun L., Dao-jie H., Ying-hua W., Zhen-hang X., and Xian-chang Y. 2007. Effect of spermidine on chilling tolerance in cucumber seedlings. *Acta Horticulture*, 34: 1309-1312.
 - 15- Lynch D.V. 1990. Chilling injury in plants: the relevance of membrane lipids. p. 17-34. In F. Katterman. (Ed.). *Environmental Injury to Plants*. Academic Press, New York.
 - 16- Mohamed Sheteiwy M., Shen H., Xu J., Guan Y., Song W., and Hu J. 2017. Seed polyamines metabolism induced by seed priming with spermidine and 5-aminolevulinic acid for chilling tolerance improvement in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Environmental and Experimental Botany*; 137: 58-72.
 - 17- Nayyar H. 2005. Putrescine increases floral retention, pod set and seed yield in cold stressed chickpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 340-345.
 - 18- Renaut J., Hoffmann L., and Hausman J.F. 2005. Biochemical and physiological mechanisms related to cold acclimation and enhanced freezing tolerance in poplar plantlets. *Physiologia Plantarum*, 125: 82-94.
 - 19- Shen W., Nada K., and Tachibana S. 2000. Involvement of polyamines in the chilling tolerance of cucumber cultivars. *Physiologia Plantarum*, 124: 431-439.
 - 20- Wilson J.M. 1972. The mechanism of chill and drought hardening of *Phaseolus vulgaris* leaves. *New Phytologist*, 76: 257-270.
 - 21- Xiong L., Schumaker K.S., and Zhu J.K. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *Plant Cell*, 14: 165-183.
 - 22- Zeng Y., Zahng Y., Xiang J., Wu H., Chen H.Z., Zhang Y., and Zhu D. 2016. Effects of chilling tolerance induced by spermidine pretreatment on antioxidative activity, endogenous hormones and ultrastructure of Indica-Japonica hybrid rice seedlings. *Journal of Integrative Agriculture*, 15: 295-308.



Effect of Spermidine on Cold Tolerance of Cucumber Plants in Seedling Stage

M. Solaimani¹ -M. Mobli² -A.A. Ramin³ -B. Baninasab⁴ -L. Aslani^{5*}

Received: 04-09-2017

Accepted: 29-08-2018

Introduction: Cold stress is one of the limiting factors for plant growth and yield production in most parts of the world. Cold stress damages cells through changes in the activity of macromolecules, decreasing osmotic potential, and significant changes in other parts of the cell. Cold stress in young seedlings generally reduces leaf development, induces wilting and chlorosis and in more severe cases, browning and necrosis become visible. Cucumber is a sensitive plant to low temperature and its cultivation, except the southern and central parts of Iran, occurs in areas where there is a possibility of cold stress in the early part of the growing season due to the low temperature. The different ways for controlling cold stress had been used; one of them is using plant growth regulators such as spermidine. Spermidine is one of the polyamines that has been used in recent years to control cold stress. The effect of cold treatment on the amount of indigenous leaf polyamines has been reported differently between cold-resistant and sensitive cucumber cultivars. During the cold stress, the amount of indigenous spermidine in leaves of cold-resistant cucumber cultivars and sensitive cultivars increased significantly and remained unchanged, respectively. The increase in the content of putrescent, spermidine and spermine in cold resistant cultivars during cold stress was probably due to the increased activity of ornithine decarboxylase (ODC). The amount of polyamines in chickpea plants that were exposed to low temperatures (12-15°C and 4-6°C are related to mean maximum and minimum temperature of the farm, respectively) increased six to nine times. Adding spermidine to the cucumber growing medium before applying cold treatment increased spermidine amount in all organs and increased cold tolerance.

Materials and Methods: To study the effect of spermidine on cold tolerance of cucumber, seedling of 'Rashid' cultivar, an experiment was conducted based on completely randomized design with four replications and four treatments consist of different concentrations of spermidine (0, 0.1, 0.5 and 1 mM) in incubator of College of Agriculture, Isfahan University of Technology. So seeds were exposed to 20°C for 7 days in a humid condition and then were treated with 0, 0.1, 0.5 or 1 mM spermidine, the remaining 8 days they were kept at 6 or 9°C. The treatments performed in dark conditions until the second day of germination and received 8 hours of light daily from the third day until the end of the experiment. At the end of each experiment, shoot and root length were measured by use of the ruler, shoot and root fresh and dry weight were measured by use of digital scale, shoot and root ion leakage were measured based on Lates method (3) and shoot and root proline concentration were measured based on Bites et al., (2) method. To compare the effects of temperature and its interactions with spermidine, data of two experiments analyzed as split plot experiment (Different temperatures and spermidine concentrations were as main and subplots, respectively).

Results and Discussion: The findings of this study showed that application of the highest concentration of spermidine (1 mM) in 9°C had the inverse effect on cold tolerance, so it decreased the fresh and dry weight of root. In 6°C, 0.5 mM spermidine was more effective than other concentrations, and it increased root fresh weight, shoot proline concentration and decreased root ion leakage. It has been shown that the non-saturated lipid profile of membranes of cold-resistant plants in comparison of non-resistant plants is significantly increased, and this increase is associated with a decrease in cell ion leakage. Proline works as a nitrogen source and soluble substance that helps the plant to combat again stress conditions. The split-plot analysis of data showed that 0.5 and 0.1 mM spermidine treatments increased root length, root fresh and dry weight significantly. The study of spermidine concentrations × temperatures showed that the increasing effect of 0.5 mM spermidine on root length, root fresh and dry weight was only visible in 6°C.

Keywords: Chilling injury, Polyamine, Seedling

1, 2, 3, 4 and 5- Former M.Sc. Student, Professors, Associate Professor and Ph.D. Student, Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan, Iran, Respectively
(* - Corresponding Author Email: l.aslani@ag.iut.ac.ir)



تلاقی رقم تجارتي آيلار با لاین های منتخب والدینی خیار و ارزیابی نتاج آنها

محبوبه دیانتي^۱ - یوسف حمیداوغلی^{۲*} - جمالعلی الفتی چیرانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۳

چکیده

خیار یکی از محصولات عمده در سبزیکاری است که اصلاح و تولید بذر آن در کشور دارای اهمیت فراوان است. اگرچه ارقام محلی خیار از نظر طعم و مزه و مقاومت به بیماری ها ویژگی های مطلوبی دارند، اما از نظر برخی صفات مثل عملکرد و شاخص مهم آن مانند تعداد گل ماده دارای ضعف می باشند. این تحقیق به منظور بررسی امکان تلاقی رقم تجارتي آیلار با لاین های منتخب والدینی شامل A₁₀، B₁₀ و B₁₂ و بررسی نتاج آنها از نظر بهبود صفت ماده گل زایی صورت گرفت. رقم تجارتي آیلار با بیش از ۸۰ درصد گل های ماده و تولید سه تا چهار گل در هر گره از شرکت هامون تهیه شد. نتاج حاصل از تلاقی رقم تجارتي آیلار و لاین های منتخب در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند و صفات تعداد گل ماده، تعداد گل نر، درصد گل ماده، درصد گل نر و تعداد ساقه فرعی در آنها بررسی شدند. بیشترین تعداد و درصد گل ماده در نتاج حاصل از تلاقی رقم تجارتي آیلار با لاین B₁₂ به دست آمد و پس از آن به ترتیب جمعیت های حاصل از تلاقی آیلار در B₁₀ و آیلار در A₁₀ قرار گرفتند. از نظر گل های نر نیز کمترین تعداد گل نر در جمعیت آیلار در A₁₀ مشاهده شد. بررسی ساقه های فرعی اختلاف معنی داری بین نتاج نشان نداد. مقایسه میانگین از طریق آزمون توکی نیز افزایش گل های ماده در جمعیت های حاصل از تلاقی با رقم تجارتي را نسبت به لاین های منتخب والدینی نشان داد. امید می رود در آزمایش های بعدی با انجام تلاقی های برگشتی برترین نتاج به دست آمده از این تحقیق با لاین های منتخب، بتوان به لاین هایی مشابه لاین های منتخب با تعداد گل های ماده بیشتر دست یافت.

واژه های کلیدی: اصلاح خیار، تلاقی برگشتی، ساقه فرعی، ماده گل

مقدمه

جنسیت متفاوت می شود. در بین جنسیت های مختلف در خیار جنسیت مونوسپیوس، ژینوسپیوس و هرمافروdit دارای اهمیت فراوان هستند (۲۱). حداقل پنج ژن وجود دارد که بیان جنسیت ژینوسپیوس را تحت تأثیر قرار می دهد (۲۷). گیاه خیار به طور معمول گیاهی مونوسپیوس است و گل های نر و ماده را روی یک بوته تولید می کند. عملکرد گیاهان مونوسپیوس به علت تعداد کمتر گل های ماده نسبت به ارقام ژینوسپیوس کمتر می باشد، از طرفی میوه های حاصل از گیاهان هرمافروdit شکل مناسبی ندارند و به علت درشت بودن دانه ها فاقد ارزش خوراکی می باشند. امروزه اکثر ارقام تجارتي خیار ژینوسپیوس هستند و از تلاقی با لاین های ژینوسپیوس و یا هرمافروdit در ترکیبی از پارتنوکاریبی ایجاد می شوند (۲۲). هیبریدهای ژینوسپیوس خیار از مزیت پرمحصول بودن برخوردار هستند؛ بنابراین صفت ماده گل بودن باید همواره در تولید ارقام هیبرید خیار مد نظر قرار گیرد (۲۳). هیبریدهای ژینوسپیوس به طور معمول زودتر گل می دهند و دارای میوه بندی متمرکز هستند؛ کشت هیبریدهای ژینوسپیوس در تراکم گیاهی بالا عملکرد بالاتری در برداشت مکانیکی فراهم می کند (۴).

خیار (*Cucumis sativus* L.) از تیره گیاهان جالیزی (Cucurbitaceae) و یکی از محصولات عمده در بخش سبزیکاری است. از آنجایی که بخش زیادی از بذور مورد استفاده در کشور وارداتی هستند، اصلاح خیار و تولید بذر مورد نیاز آن امری ضروری است. امروزه یکی از مهم ترین اهداف برنامه های اصلاحی در خیار اصلاح برای افزایش عملکرد است. با بهبود صفت بیان جنسیت ماده و بهبود مستقیم عملکرد از طریق تولید هیبریدهای با عملکرد بالا می توان عملکرد را در خیار افزایش داد (۲۴). انواع مختلف جنسیت در خیار توسط سه ژن عمده A/a و F/f، M/m کنترل می شود. از برهمکنش این مکان های ژنی جنسیت گل های خیار تعیین می شود (۲۲). گیاه خیار دارای سه نوع گل نر، ماده و هرمافروdit است. توزیع این سه نوع گل در خیار منجر به تشکیل هفت نوع

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد سبزیکاری، دانشیار و استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
* - نویسنده مسئول
(Email: hamidoghli@guilan.ac.ir)

تحقیق حاضر با هدف انتقال صفت ماده‌گی به لاین‌های منتخب والدینی انتخاب شده طی آزمایش‌های پیشین که ترکیب‌پذیری مناسبی نشان دادند (۱۳) از طریق تلاقی برگشتی با یک رقم تجارتي ماده‌گل طراحی شد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی از لاین‌های یکپایه A_{10} , B_{10} و B_{12} با دارا بودن ترکیب‌پذیری مناسب (۱۳) و رقم تجارتي آیلا ر با گل‌های پارتنوکارپیک و ماده‌گل، تهیه شده از شرکت هامون به عنوان دهنده صفت ماده‌گی استفاده شد. تیپ رشد رویشی و میوه لاین‌ها با هم متفاوت هستند بطوری‌که لاین B_{12} دارای عادت رشد محدود با میوه‌های کوتاه، لاین B_{10} عادت رشد نیمه پابلند با میوه‌هایی با اندازه متوسط و لاین A_{10} دارای بوته‌های پابلند با میوه‌هایی بلند می‌باشد (۱۳). این آزمایش در گلخانه دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان اجرا شد. بذور هر یک از لاین‌های والدینی و ارقام تجارتي در تاریخ ۲۴ دی ماه ۱۳۹۴ در ظروف پتری دارای کاغذ صافی خیس‌انده شدند و پس از ۴۸ ساعت به گلدان‌های سطل چهار حاوی پرلیت و کوکوپیت به نسبت ۱:۱ انتقال داده شدند و تحت تغذیه با محلول غذایی قرار گرفتند. در این مرحله از هر کدام از لاین‌ها و ارقام تجارتي ۱۰ بذر کشت شد. تغذیه با محلول غذایی پیشنهادی الفتی و همکاران (۱۵) صورت گرفت و بصورت محلول پایه تهیه و در زمان مصرف رقیق شد. بطور متوسط روزانه ۲-۳ بار تغذیه صورت گرفت. برای انجام گرده‌افشانی، گل‌ها یک روز قبل از شکوفایی به منظور جلوگیری از گرده‌افشانی ناخواسته توسط کپسول‌های ژلاتینی پوشانده شدند و صبح روز بعد گرده‌افشانی بصورت دستی صورت گرفت. تلاقی در هر دو سمت صورت گرفت. روی هر بوته حداکثر سه میوه حاصل از تلاقی حفظ و میوه‌ها تا رسیدگی کامل و تغییر رنگ میوه‌ها از سبز به زرد روی بوته نگهداری شدند. همچنین برای حفظ لاین‌های مورد آزمایش، خودکشتی روی لاین‌ها صورت گرفت. میوه‌ها در تاریخ ۲۶ خرداد ماه ۱۳۹۵، پس از رسیدگی کامل برداشت شدند و پس از چند روز بخش داخلی میوه تخلیه شد و به مدت ۲۴ ساعت در آب خیس‌انده شدند تا جمع‌آوری بذرها راحت‌تر صورت گیرد. در نهایت پس از شستشو، بذرها در دمای اتاق خشک و در کیسه‌های پلاستیکی بسته بندی شدند.

در مرحله‌ی بعد از هر یک از لاین‌های منتخب و رقم تجارتي ۱۰ بذر و از جمعیت‌های حاصل از تلاقی آنها ($A_{10} \times A_{10}$ ، $A_{10} \times B_{12}$ و $A_{10} \times B_{10}$) ۶۰ بذر برای جوانه‌زنی در پتری‌دیش‌های جداگانه انتقال داده شدند. از هر کدام از بذرها تعداد بیشتری خیس‌انده شد تا در صورت عدم جوانه‌زنی جایگزین بذرهایی از دست رفته شوند. بذرها پس از جوانه‌زنی در تاریخ ۸ مهرماه ۱۳۹۵ به گلدان‌های سطل

جنسیت ژینوسیوس از لحاظ تجاری در سراسر جهان برای برنامه‌های پرورش خیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. به گزارش بهرا و همکاران (۳) در هیبریدهای کدو قلیانی تلخ ($Monocious \times Gynocious$) گل‌های ماده، تعداد میوه در بوته و عملکرد کلی افزایش قابل توجهی نشان داد. وهنر و میلر (۲۳) نیز تأثیر بیان جنسیت ماده‌گل‌زایی را بر عملکرد و زودرسی هیبریدهای خیار تازه‌خوری بررسی کردند. به گزارش آنها هیبریدهای ماده‌گل ($Monocious \times Gynocious$ و $Gynocious \times Gynocious$) ۹۹ تا ۱۰۰ درصد گل‌ماده در ده گره اول ساقه اصلی تولید کردند و زودرس‌تر بودند درحالی‌که هیبریدهای یک‌پایه ($Monocious \times Monocious$) ۳ تا ۵ درصد گل ماده تولید کردند. همچنین الشواف و بیکر (۷) بیست هیبرید F_1 حاصل از تلاقی چهار ژینوسیوس و پنج لاین هرمافرودیت را بررسی و گزارش کردند که میزان ترکیب‌پذیری خصوصی در زمان برداشت، بیان جنسیت ماده و عملکرد والدین ماده بیشتر از والدین نر بود. کرامر و وهنر (۶) نیز ارتباط بین عملکرد و اجزای عملکرد را در جمعیت‌های مختلف خیار تازه‌خوری و پیکل بررسی کردند و نشان دادند درصد گل‌های ماده، پتانسیل عملکرد را از طریق انتخاب غیرمستقیم افزایش می‌دهد.

یکی از روش‌های انتقال پایدار صفاتی همانند ماده‌گل بودن به لاین‌های والدینی، تلاقی برگشتی است. این روش در خیار استفاده گسترده‌ای دارد (۲۵). تلاقی برگشتی یکی از روش‌هایی است که در سطح وسیع برای انتقال ژن‌های مقاومت و یا صفات کیفیت میوه به یک رقم اصلاحی به کار رفته است (۱، ۱۷ و ۱۸). تلاقی برگشتی شکلی از هیبریداسیون دوره‌ای است که از طریق آن یک آل مطلوب برای یک صفت، به یک رقم مطلوب دارای این نقطه‌ضعف اضافه می‌گردد. طرح تلاقی برگشتی با تلاقی یک رقم پرتولید و سازگار فاقد آل مورد نظر که یک صفت مطلوب را کنترل می‌کند با یک رقم یا لاین اصلاحی که دارای آل مورد نظر است اجرا می‌گردد. والدی که همواره در تلاقی برگشتی تکرار می‌شود والد دوره‌ای و والدی که دهنده یک یا چند صفت خاص می‌باشد والد بخشنده یا غیردوره‌ای نامیده می‌شود. تعداد تلاقی برگشتی بستگی به هدف اصلاح‌کننده در رابطه با مقدار حفظ ژن‌های والد دوره‌ای دارد و این تعداد، از دو تا پنج یا بیشتر متغیر است (۲).

اصلاح و بهبود کیفیت سبزی‌ها نیازمند شناخت و آگاهی از نیاز و خواسته مصرف‌کننده است. ارقام محلی خیار از لحاظ عطر و طعم میوه دارای ویژگی‌های مطلوب و مناسب ذائقه مصرف‌کننده در هر منطقه می‌باشند، اما این ارقام دارای جنسیت مونوسیوس هستند که از نظر عملکرد و تعداد میوه نسبت به ارقام ژینوسیوس بسیار ضعیف می‌باشند. از طرفی در ایران لاین ماده‌گل خیار برای استفاده در برنامه اصلاحی در دسترس نبوده و امکان استفاده تجارتي و حتی تحقیقاتی از لاین‌های ماده‌گل شرکت‌های خارجی نیز وجود ندارد؛ بنابراین

۸۶/۶۲۳ می باشد. در جمعیت های $Ailar \times B_{10}$ و $Ailar \times B_{12}$ به ترتیب بوته هایی با ۲۸ و ۳۴ گل ماده مشاهده شد که نسبت به رقم تجارتي آیلار وضعیت بهتری را نشان دادند، از نظر درصد گل های ماده نیز در این دو جمعیت بوته هایی با ۸۴/۸۴ و ۷۵/۶۰ درصد گل ماده مشاهده شد که تقریباً مشابه رقم تجارتي آیلار می باشند (جدول ۱). در این خصوص نیز برخی منابع به بهتر بودن بوته های هتروزیگوت از نظر جایگاه F نسبت به بوته های خالص از نظر این جایگاه اشاره کردند (۱۵).

همسو با افزایش تعداد گل های ماده، بررسی تعداد گل های نر در هر سه جمعیت نشان داد که میانگین درصد و تعداد گل های نر در هر سه جمعیت نسبت به لاین های والدینی کاهش داشته بطوری که میانگین تعداد گل های نر در لاین B_{10} ، ۴۰/۳۳ بود در حالی که این صفت در نتاج حاصل از تلاقی جمعیت $Ailar \times B_{10}$ ، ۲۲/۵ بود. بیشترین میانگین درصد گل های نر در جمعیت $Ailar \times A_{10}$ مشاهده شد. کوچکترین مشاهده در تعداد گل های نر نیز در جمعیت $Ailar \times B_{10}$ ، ۵ بوده در حالی که این مقدار برای لاین B_{10} ، ۳۶ گل نر در ده گره اول بود (جدول ۲). در دو جمعیت دیگر نیز کاهش در تعداد و درصد گل های نر در مقایسه با لاین های والدینی مشاهده شد. رقم تجارتي آیلار از نظر درصد گل های نر دارای میانگین ۱۳/۳۷۶ بود. در بین سه جمعیت مورد بررسی جمعیت $Ailar \times B_{10}$ دارای بوته ای با ۱۵/۱۵۱ درصد گل نر بود که از نظر این صفت مشابه رقم تجارتي آیلار بوده و می تواند به عنوان بوته ای مناسب برای نسل بعد انتخاب شود. وجود بوته هایی با تعداد و درصد گل های ماده و نر مشابه به رقم تجارتي در جمعیت های مورد بررسی نشان می دهد که می توان با انتخاب این بوته های مطلوب و انجام تلاقی برگشتی و خودگشتی روی آنها پیشرفت از نظر گل های ماده را در نسل بعد حاصل کرد.

سه مکان ژنی M/m ، F/f و A/a تنظیم بیان جنسیت را در خیار کنترل می کنند، مکان ژنی F/f میزان بیان گل ماده را تنظیم می کند در حالی که مکان ژنی M/m بیان گل های دوجنسی را کنترل می کند (۲۲ و ۲۶). از برهم کنش مکان ژنی F با دو ژن مغلوب m (جنسیت آندرومونوسیوس با گل های نر و هرمافرودیت) و ژن a (جنسیت آندروسیوس که تنها گل های نر تولید می کند) درجه بیان گل نر در گیاه تنظیم می شود (۱۹). مکان ژنی A/a در شرایط مغلوب، به علت اپیستازی، بیان جنسیت ماده را سرکوب می کند و در نتیجه ژنوتیپ دارای مکان های ژنی موثر بر جنسیت به صورت $MMffaa$ آندروسیوس خواهد بود. اگر ژن A/a در حالت غالب وجود داشته باشد گل ماده ایجاد می شود (۲۲). بیان جنسیت در خیار با ترکیبی از عوامل ژنتیکی، محیطی و هورمونی تعیین می شود. روزهای بلند، دمای بالا و جیبرلین سبب ایجاد گل های نر در گیاه خیار می شود (۱۰). با توجه به جدول ۲، مشاهده می شود رقم تجارتي آیلار با وجود ژنوتیپ جنسی ژینوسیوس گل های نر نیز تولید کرده است. تولید گل های نر در رقم

چهار با همان شرایط و نسبت بکار رفته (از نظر پرلپت و کوکوپیت) در کشت قبلی انتقال داده شدند. تغذیه همانند کشت اول توسط محلول غذایی صورت گرفت. در این مرحله لاین های منتخب والدینی، رقم تجارتي آیلار و جمعیت های حاصل از تلاقی آنها از نظر تعداد گل ماده، تعداد گل نر و مجموع ساقه فرعی در ده گره اول بررسی شدند. پس از ارزیابی این صفات، از بین جمعیت های حاصل از این سه تلاقی بوته های مطلوب انتخاب شدند و در نهایت بوته های دارای تعداد گل ماده بیشتر برای تلاقی برگشتی دوم برای آزمایش های تکمیلی انتخاب شدند. میوه های حاصل از تلاقی تا رسیدگی کامل روی بوته نگهداری شدند و در نهایت بذرها جمع آوری شدند. جمعیت های حاصل از تلاقی رقم تجارتي آیلار و لاین های منتخب والدینی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با هفت تیمار و در سه تکرار از نظر صفات تعداد گل ماده، تعداد گل نر و تعداد ساقه فرعی بررسی شدند. آنالیز داده ها به وسیله نرم افزار SAS (ver.9.0) و رویه GLM و مقایسه میانگین از طریق آزمون توکی انجام شد. آزمون t بین والدین و نتاج حاصل از تلاقی در هیبرید تجارتي آیلار با هر سه لاین در سطح ۱ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

از نظر گل های ماده بررسی جمعیت های حاصل از تلاقی در هر سه هیبرید افزایش میانگین تعداد و درصد گل های ماده را نسبت به لاین های والدینی نشان دادند؛ بطوری که میانگین تعداد گل های ماده در جمعیت های $Ailar \times B_{10}$ و $Ailar \times A_{10}$ بیش از دو برابر گل های ماده در لاین های والدینی شد (جدول ۱). بالاترین میانگین درصد گل های ماده نیز در نتاج حاصل از تلاقی جمعیت $Ailar \times B_{12}$ به میزان ۴۸/۱ درصد مشاهده شد. بوته های حاصل از تلاقی جمعیت $Ailar \times A_{10}$ در تعداد و درصد گل های ماده دارای دامنه کوچکتری نسبت به دو تلاقی دیگر بودند. در نتاج حاصل از جمعیت $Ailar \times A_{10}$ کمترین تعداد گل ماده ۴ و بزرگترین مشاهده در این صفت ۱۰ گل ماده در ده گره اول مورد بررسی بود. از نظر درصد گل های ماده نیز جمعیت $Ailar \times A_{10}$ دارای دامنه ای کوچکتری نسبت به دو جمعیت دیگر است، این امر نشان دهنده وجود تنوع کمتر در بین بوته های حاصل از این جمعیت نسبت به دو جمعیت دیگر می باشد.

به نظر می رسد تلاقی رقم تجارتي با لاین های منتخب والدینی، بهبود در وضعیت نتاج حاصل از تلاقی را از نظر صفت تعداد گل ماده طی چند دوره تلاقی حاصل کند. از نظر تعداد و درصد گل ماده، نتاج حاصل از تلاقی رقم تجارتي آیلار با هر سه لاین منتخب والدینی، افزایش در این صفات را در مقایسه با لاین های منتخب والدینی نشان دادند که در جدول ۱ مشخص شده است. رقم تجارتي آیلار از نظر تعداد و درصد گل های ماده به ترتیب دارای میانگین های ۲۳/۲ و

تجارتی آیلار نشان می‌دهد این رقم تجارتي از نظر ژن F به صورت هتروزیگوت بوده و به دلیل غلبه ژن F به شکل ناقص، گل نر تولید می‌شود. احتمالاً رقم تجارتي از تلاقی دو لاین ژینوسیوس و آندروسیوس حاصل شده است. ارقام تجارتي معمولاً بصورت هموزن و هتروزیگوت می‌باشند. غلبه آلل F در این ارقام به صورت کامل نمی‌باشد و بیان جنسی به شدت به زمینه‌ی ژنتیکی و عوامل محیطی بستگی دارد. بنابراین گاهی اوقات گل‌های نر در ژنوتیپ ژینوسیوس مشاهده می‌شوند (۸). درواقع پایداری جنسیت ژینوسیوس در ارقام هتروزیگوت ژینوسیوس به درجه پایداری در والدین و محیطی که در آن رشد می‌کنند وابسته است (۱۴). ظهور گل‌های ماده تحت تأثیر ژن F قرار دارد. ژن F بر میزان ماده‌گی تأثیر می‌گذارد و غلبه ناقص این ژن سبب تولید گل‌های ماده در آخر فصل و ظهور جنسیت ساب ژینوسیوس می‌شود (۱۲). نتاج حاصل از تلاقی رقم تجارتي و لاین-های والدینی در هر سه جمعیت از گره ده به بعد نیز بررسی شدند و در اکثر موارد تنها گل ماده تولید کردند که نشان‌دهنده ظهور جنسیت ساب ژینوسیوس است. چان و همکاران (۵) دو ژن mod-F2 و Mod-F1 را به عنوان ژن‌های مسئول جنسیت ساب ژینوسیوس معرفی کردند و بیان داشتند این دو ژن بصورت مستقل از مکان‌های ژنی F و M انتقال پیدا می‌کنند. با توجه به نتایج ما احتمال می‌رود ژنوتیپ‌های ما از نظر ژن‌های ماده‌گی دارای این دو ژن نیز باشند. کرامر و وهنر (۶) رابطه‌ی بین عملکرد و اجزای عملکرد را در جمعیت‌های مختلف خیار بررسی کردند و بیان داشتند درصد گل‌های ماده از اجزای مهم عملکرد می‌باشد، در نتیجه افزایش تعداد گل ماده می‌تواند عملکرد بوته‌ها را افزایش دهد.

بررسی وضعیت جمعیت‌های مورد مطالعه نشان داد که جمعیت‌های حاصل از هر سه تلاقی دارای میانگین‌های تقریباً مشابه در تعداد ساقه بودند اما تنوع زیادی در بین بوته‌های مورد بررسی مشاهده شد بطوری که برخی بوته‌ها تنها دو ساقه و برخی تا ۱۰ ساقه فرعی در ده گره اول تولید نمودند (جدول ۳). تعداد ساقه‌های فرعی در سه جمعیت تفاوت معنی‌داری با رقم تجارتي نشان نداد. تعداد ساقه فرعی به صورت کمی به ارث می‌رسد و میزان وراثت‌پذیری آن پایین است و محیط تأثیر زیادی در بیان این صفت دارد (۱۱). تعداد ساقه‌های فرعی حداقل توسط پنج ژن کنترل می‌شوند و با عملکرد در ارتباط هستند (۹). توسعه ساقه‌های فرعی در خیار به وسیله‌ی محیط کشت و زمینه‌ی ژنتیکی تعیین می‌شود (۲۰). وراثت‌پذیری پایین این صفت مؤید این مطلب است که تعداد ساقه‌ی فرعی تحت تأثیر محیط قرار دارد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از میانگین بوته‌های موجود در هر واحد آزمایشی بیانگر وجود اختلاف بسیار معنی‌داری بین جمعیت‌های مورد مطالعه در سطح ۱ درصد بود (جدول ۴). به جز صفت تعداد ساقه فرعی سایر صفات اختلاف بسیار معنی‌داری بین تیمارها نشان دادند که بیانگر این امر است که حداقل دو جامعیت از نظر میانگین، تفاوت آماری نسبت به هم دارند.

از نظر صفت تعداد گل ماده اختلاف معنی‌داری بین رقم تجارتي آیلار و جمعیت Ailar×B₁₂ مشاهده نشد. رقم تجارتي آیلار با ۳۳/۵ و جمعیت Ailar×B₁₂ با ۱۸/۳۷۵ دارای بیشترین میانگین تعداد گل‌های ماده بودند و پس از آنها جمعیت Ailar×B₁₀ با میانگین گل‌های ماده ۱۴/۱۳۹ قرار دارد.

جدول ۱- تعداد و درصد گل‌های ماده در ده گره اول سه جمعیت حاصل از تلاقی لاین‌های والدینی با رقم تجارتي آیلار و لاین‌های والدینی
Table 1- Number and percentage of female flowers in the first ten nodes in three populations from crosses of parent's lines with commercial Ailar cultivar and parent's line

میانگین تعداد گل‌های ماده در ده گره اول						درصد گل‌های ماده در ده گره اول				
The mean number of female flowers in the first ten nodes						The percentage of female flowers in the first ten nodes				
تیمار	میانگین	بزرگترین مشاهده	کوچکترین مشاهده	دامنه تغییرات	اشتباه معیار	میانگین	بزرگترین مشاهده	کوچکترین مشاهده	دامنه تغییرات	اشتباه معیار
Treatment	Mean	Maximum observation	Minimum observation	Range	S.E	Mean	Maximum observation	Minimum observation	Range	S.E
Ailar×B ₁₀	14.138	28	7	21	0.936	41.175	84.848	14.583	70.265	3.367
Ailar×B ₁₂	18.375	34	6	28	1.653	48.101	75.609	13.636	61.973	4.011
Ailar×A ₁₀	5.763	10	4	6	0.202	29.784	53.846	14.285	39.561	1.538
Ailar	23.2	26	21	5	1.019	86.623	89.285	83.870	5.415	1.133
B ₁₀	5.166	9	3	6	0.980	11.610	20	5.357	14.643	2.304
B ₁₂	10.75	16	8	8	1.796	25.221	39.024	15.686	23.338	5.176
A ₁₀	2.5	3	2	1	0.188	10.832	17.647	6.896	10.751	1.290

جدول ۲- تعداد و درصد گل نر در ده گره اول سه جمعیت حاصل از تلاقی لاین های والدینی با رقم تجارتي آيلار و لاین های والدینی

Table 2- Number and percentage of male flowers in the first ten nodes in three populations from crosses of parent's lines with commercial Ailar cultivar and parent's line

تیمار Treatment	میانگین تعداد گل های نر در ده گره اول The mean number of male flowers in the first ten nodes					درصد گل های نر در ده گره اول The percentage of male flowers in the first ten nodes				
	میانگین Mean	بزرگترین مشاهده Maximum observation	کوچکترین مشاهده Minimum observation	دامنه تغییرات Range	اشتباه معیار S.E	میانگین Mean	بزرگترین مشاهده Maximum observation	کوچکترین مشاهده Minimum observation	دامنه تغییرات Range	اشتباه معیار S.E
Ailar×B10	22.5	48	5	43	1.814	58.824	85.416	15.151	70.265	3.367
Ailar×B12	21.041	42	9	33	2.215	51.898	86.363	24.390	61.973	4.011
Ailar×A10	14.872	25	6	19	0.693	70.215	85.714	46.153	39.561	1.538
Ailar	3.6	5	3	2	0.400	13.376	16.129	10.714	5.415	1.133
B10	40.333	53	36	17	2.836	88.389	94.642	80	14.642	2.304
B12	33.250	43	25	18	4.327	74.778	84.313	60.975	23.338	5.176
A10	21.625	30	14	16	1.851	89.167	93.103	82.352	10.751	1.290

جدول ۳- تعداد ساقه فرعی در ده گره اول سه جمعیت حاصل از تلاقی لاین های والدینی با رقم تجارتي آيلار و لاین های والدینی

Table 3- Number lateral branch in the first ten nodes in three populations from crosses of parent's lines with commercial Ailar cultivar and parent's line

تیمار Treatment	میانگین ساقه فرعی Mean of lateral branch	بزرگترین مشاهده Maximum observation	کوچکترین مشاهده Minimum observation	دامنه تغییرات Range	اشتباه معیار S.E
Ailar×B10	7.194	10	4	6	0.238
Ailar×B12	6.250	9	2	7	0.413
Ailar×A10	6.145	9	2	7	0.222
Ailar	7.4	9	6	3	0.600
B10	8	9	6	3	0.447
B12	5.25	8	3	5	1.108
A10	7.5	8	6	2	0.327

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات بررسی شده در ده گره اول سه جمعیت حاصل از تلاقی لاین های والدینی با رقم تجارتي آيلار و لاین های والدینی

Table 4- Analysis of variance for the traits examined in the first ten nodes in three populations from crosses of parent's lines with commercial Ailar cultivar and parent's line

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean of squares				
		تعداد ساقه فرعی Number of lateral branch	مجموع کل ماده Total female flowers	مجموع کل نر Total male flowers	درصد کل ماده Percentage of female flowers	درصد کل نر Percentage of male flowers
بلوک Block	2	1.593 ^{ns}	2.173 ^{ns}	0.136 ^{ns}	7.030 ^{ns}	7.030 ^{ns}
تیمار Treatment	6	1.964 ^{ns}	177.203 ^{**}	6.437 ^{**}	2113.082 ^{**}	2113.082 ^{**}
خطا Error	12	1.231	2.177	0.185	28.512	28.512
ضریب تغییرات CV (%)		16.137	13.003	9.443	14.879	8.328

ns و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns and * and **: non significantly and significant at 0.05 and 0.01 probability levels respectively

معنی داری از نظر تعداد و درصد گل های ماده مشاهده نشد. در بین سه جمعیت مورد بررسی جمعیت Ailar×A₁₀ دارای کمترین تعداد گل

اگرچه بین تیمار آيلار و جمعیت Ailar×B₁₀ تفاوت معنی داری مشاهده شد اما بین دو جمعیت Ailar×B₁₀ و Ailar×B₁₂ تفاوت

ماده بود، این جمعیت با رقم تجارتي تفاوت معنی داری نشان داد ولی با لاین A₁₀ تفاوت معناداری نداشت. بطور کلی تلاقی رقم تجارتي با لاین های منتخب سبب بهبود صفت تعداد گل های ماده در نتاج آنها شد بطوری که میانگین تعداد گل های ماده در لاین های B₁₀، B₁₂ و A₁₀ به ترتیب ۵/۱۶۷، ۱۰ و ۲/۵۰ بود که در جمعیت های حاصل از تلاقی رقم تجارتي آیلار در این سه لاین به ترتیب تعداد گل های ماده به ۱۴/۱۳۹، ۱۸/۳۷۵ و ۵/۷۵۷ افزایش یافت (جدول ۲). و هنر و میلر (۲۳) درصد گل های ماده را در سه هیبرید مختلف از خیار بررسی و گزارش کردند هیبریدهای ژینوسیوس×ژینوسیوس و ژینوسیوس×مونوسیوس همواره افزایش در درصد گل های ماده را در ده گره اول ساقه اصلی نشان می دهند. پتی و همکاران (۱۶) نیز وراثت صفت ماده گلی را در خیار با استفاده از تلاقی یک لاین ژینوسیوس با دو لاین مونوسیوس بررسی کردند. آنها بیان داشتند در تمام گیاهان F₁ ژینوسی بر مونوسی غلبه دارد و زمانی که یکی از والدین ژینوسیوس باشد ماده گلی تحت کنترل یک ژن غالب تنها می باشد. بررسی نسل F₂ نیز غلبه ژینوسی را نشان داد. بنابراین با توجه به اینکه رقم تجارتي استفاده شده در این آزمون از نظر صفت ماده گلی بصورت هموزن و هتروزیگوت می باشد انتظار می رود نتاج حاصل از تلاقی لاین های منتخب و رقم تجارتي به صورت هتروزیگوت و هتروزن باشند و از نظر صفت گل های ماده نیز بوته هایی شبیه به رقم تجارتي مشاهده شود. پیشرفت نتاج از نظر درصد گل های ماده نسبت به لاین های والدینی این امید را می دهد که در نسل های بعدی از نظر صفت گل ماده بهبود بیشتری حاصل شود.

بررسی گل های نر از نظر تعداد و درصد اختلاف بسیار معنی داری بین هر سه جمعیت با رقم تجارتي نشان داد اما اختلاف معنی داری بین سه جمعیت با یکدیگر مشاهده نشد. در هر سه جمعیت تلاقی رقم تجارتي با لاین های والدینی سبب کاهش تعداد گل های نر در نتاج حاصل از تلاقی در مقایسه با لاین های والدینی شد، بطوری که تعداد گل های نر به ترتیب در لاین های B₁₀، B₁₂ و A₁₀ از ۴۰/۳۳۳،

۳۵/۶۶۷، ۲۱/۶۶ به ۲۲/۵۰، ۲۱/۰۴۲ و ۱۴/۸۵۲ در جمعیت های حاصل از تلاقی با این سه لاین کاهش نشان داد. کمترین تعداد گل نر در جمعیت Ailar×A₁₀ مشاهده شد اما با این وجود این جمعیت بیشترین درصد گل های نر را نشان داد (جدول ۲).

آزمون t بین والدین و نتاج حاصل از تلاقی در هیبرید آیلار با هر سه لاین در سطح ۱٪ انجام شد. مقایسه گروهی والدین و نتاج حاصل از تلاقی در جمعیت Ailar×A₁₀ در تمامی صفات معنی دار شد، در صفات درصد گل ماده و درصد گل نر نیز مقایسه گروهی والدین و نتاج در جمعیت Ailar×B₁₀ معنی دار شد. معنی دار شدن آزمون t بیانگر انحراف نتاج نسبت به میانگین والدین است که با توجه به کنترل چند ژنی این صفات می تواند مؤید غالب بودن براینده ژن های کنترل کننده در این صفات باشد. در هر سه جمعیت براینده ژن های کاهنده و افزایشنده به سمت ژن های کاهنده غالبیت نشان داده است. در بین سه جمعیت مورد بررسی جمعیت های Ailar×B₁₀ و Ailar×B₁₂ ژن های کاهنده ی کمتری را نشان دادند بنابراین بیشتر بوته های مطلوب برای نسل بعد از بین این دو جمعیت انتخاب شدند. با توجه به جدول ۲ رقم تجارتي آیلار با هر سه لاین والدینی در تمامی صفات اختلاف معنی داری دارد. هرچه این اختلاف بیشتر باشد انتظار می رود هتروزیس و انحراف بیشتری در نتاج مشاهده شود. در تمامی صفات مورد بررسی، اختلاف رقم تجارتي آیلار با لاین A₁₀ بیشتر از دو لاین دیگر می باشد و از این رو آزمون t در جمعیت Ailar×A₁₀ معنی دار شده است. در صفات درصد گل ماده و درصد گل نر در جمعیت Ailar×B₁₀ نیز اختلاف زیادی بین رقم تجارتي آیلار با لاین B₁₀ از نظر این صفات مشاهده شده است.

با توجه به وجود بوته هایی با تعداد گل نر کم و تعداد گل های ماده ی بیشتر از والدین امید می رود با انتخاب و خودگشتی در این بوته ها در نسل های بعد به بوته های مطلوب تر از نظر صفت تعداد گل ماده و نر برسیم.

جدول ۵- جدول مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در سه جمعیت حاصل از تلاقی لاین های والدینی با رقم تجارتي آیلار و لاین های والدینی
Table 5- Mean comparison for measured traits in three populations from crosses of parent's lines with commercial Ailar cultivar and and parent's line

تیمار Treatment	تعداد ساقه فرعی Number of lateral branch	مجموع گل ماده Total female flowers	مجموع گل نر Total male flowers	درصد گل ماده Percentage of female flowers	درصد گل نر Percentage of male flowers
Ailar×B ₁₀	7.194 ^a	14.139 ^{bc}	22.500 ^{bc}	41.176 ^{bc}	58.824 ^{bc}
Ailar×B ₁₂	6.250 ^a	18.375 ^{ab}	21.042 ^{bc}	48.102 ^b	51.898 ^c
Ailar×A ₁₀	6.141 ^a	5.757 ^{de}	14.852 ^c	29.792 ^{bcd}	70.208 ^{abc}
Ailar	7.166 ^a	23.500 ^a	3.500 ^d	87.067 ^a	12.933 ^d
B ₁₀	8 ^a	5.167 ^{de}	40.333 ^a	11.611 ^d	88.398 ^a
B ₁₂	5.833 ^a	10 ^{cd}	35.667 ^{ab}	22.620 ^{cd}	77.380 ^{ab}
A ₁₀	7.555 ^a	2.500 ^e	21.667 ^{bc}	10.845 ^d	89.155 ^a

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه تفاوت آماری معنی داری (alpha=1%) ندارند.

Number followed by same letter are not significantly different (alpha=1%)

منابع

- 1- Arshi Y. 2000. Genetic Improvement of Vegetable Crops. Publications University of Mashhad. 726 p.
- 2- Arzani A. 2002. Breeding Field Crops. Isfahan University of Technology publishing center. 606 p.
- 3- Behera T.K., Dey S.S., Munshi A.D., Gaikwad A.B., Pal A., and Singh I. 2009. Sex inheritance and development of gynoecious hybrids in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). *Scientia Horticulturae*, 120: 130-133.
- 4- Cantliffe D.J. 1977. Nitrogen fertilization requirements of pickling cucumbers grown for once-over mechanical harvest I. Effect of yield and quality, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102: 112-114.
- 5- Chen H., Tian Y., Lu X., and Liu X. 2011. The inheritance of two novel sub-gynoecious genes in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 127(3): 464-467.
- 6- Cramer C.S., and Wehner T.C. 2000. Path analysis of the correlation between fruit number and plant traits of cucumber populations. *HortScience*, 35(4): 708-711.
- 7- El-Shawaf I.I.S., and Baker L.R. 1981. Combining ability and genetic variances of G x HF 1 hybrids for parthenocarpic yield in gynoecious cucumber for once over mechanical harvest. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106(3): 365-370.
- 8- Engelke T., Mibus H., and Tatlioglu T. 1997. Approaches to isolating the gene M/m for femaleness in *Cucumis sativus* L. *Acta Horticulturae*, 492: 355-362.
- 9- Fazio G., Chung S. M., and Staub J. E. 2003. Comparative analysis of response to phenotypic and marker-assisted selection for multiple lateral branching in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 107(5): 875-883.
- 10- Galun E. 1961. Study of the inheritance of sex expression in the cucumber: the interaction of major genes with modifying genetic and non-genetic factors. *Genetica*, 32: 134-163.
- 11- Knapp S.J. 1998. Marker-assisted selection as a strategy for increasing the probability of selecting superior genotypes. *Crop Science*, 38(5):1164-1174.
- 12- Mibus H., and Tatlioglu T. 2004. Molecular characterization and isolation of the F/f gene for femaleness in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 109(8): 1669-1676.
- 13- Moradipour F., Olfati J. A., Hamidoghli Y., Sabouri A., and Zahedi B. 2017. General and specific combining ability and heterosis for yield in cucumber fresh market lines. *International Journal of Vegetable Science*, 23(4): 285-293.
- 14- More T.L., and Munger H.M. 1987. Effect of temperature and photoperiod on gynoecious sex expression in cucumber. *International Journal of Vegetable Science*, 14(1): 42-50.
- 15- Olfati J.A., Babalar M., Kashi A.K., Dadashipoor A., and Shahmoradi Kh. 2008. The effect of ammonium and molybdenum on nitrate concentration in two cultivars of greenhouse cucumbers. *Agricultural Sciences and Technology Journal*, 22(1): 69-77.
- 16- Pati K., Das Munshi A., and Kanti Behera T. 2015. Inheritance of gynoecism in cucumber (*Cucumis sativus* L.) using genotype GBS-1 as gynoecious parent. *Genetika*, 47(1): 349-356.
- 17- Peterson C.E. 1975. Plant introductions in the improvement of vegetable cultivars. *HortScience*, 10(6): 575-579.
- 18- Peivast Gh.A., Olfati J.A., and Khasmakhi Sabet A. 2009. Production of hybrid vegetable seeds.
- 19- Pierce L.K., and Wehner T.C. 1990. Review of genes and linkage groups in cucumber. *Horticultural Science*, 25: 605-615.
- 20- Robbins M. D., Casler M. D., and Staub J. E. 2008. Pyramiding QTL for multiple lateral branching in cucumber using inbred backcross lines. *Molecular Breeding*, 22(1): 131-139.
- 21- Staub J.E., Robbins M.D., and Wehner T.C. 2008. Cucumber. p. 241-282. In: Prohens, J., Nues, F. (Eds.), *Handbook of plant breeding: Vegetable I*. Springer Science, New York, USA.
- 22- Tatlioglu T. 1993. Cucumber, *Cucumis sativus* L. p. 197-234. In: Kalloo, G., Bergh, B. O. *Genetic Improvement of vegetable crops*. Pergamon Press, Oxford, U. K.
- 23- Wehner T.C., and Miller C.H. 1985. Effect of gynoecious expression on yield and earliness of a fresh-market cucumber hybrid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110(4): 464-466.
- 24- Wehner T.C. 1987. Genotype-environment interaction for cucumber yield in 23 North Carolina environments. *Cucurbit Genetics Cooperative*. 9: 47-50.
- 25- Wehner T.C. 1988. Survey of cucumber breeding methods in the USA. *Cucurbit Genetics Cooperative*. 11: 9-12.
- 26- Yamasaki S., Fujii N., Matsuura S., Mizusawa H., and Takahasi H. 2001. The M locus and ethylene-controlled sex determination in andromonoecious cucumber plants. *Plant and Cell Physiology*. 42: 608-619.
- 27- Yamasaki S., Fujii N., and Takahashi H. 2005. Hormonal regulation of sex expression in plants. *Vitamins and Hormones*, 72: 79-110.



Crossing Commercial Hybrid Cucumber (*Cucumis sativus*) cv. Ailar with Elite Lines and their Progenies

M. Dianati¹- Y. Hamidoghli^{2*}- J.A. Olfati³

Received: 25-10-2017

Accepted: 04-08-2018

Introduction: Cucumber (*Cucumis sativus* L.) breeding and seed production is highly important in Iran. Local varieties of cucumbers are desirable in terms of taste and resistance to diseases but in yield and some important traits such as number of female flowers are weak. There are three types of male, female and hermaphrodite flower in cucumber. Distribution of these three types of flowers leads to different sex types in cucumber. Generally, cucumber plants are monoecious. Monoecious plants produce male and female flowers on the same plant, while gynoecious plant produce only female flowers. Among the different types of sex in cucumber, gynoecious plant has a higher yield as they have only female plants in every node. Therefore, almost all cultivars used in commercial production are gynoecious. Increasing cucumber yield through gynoecy was studied by several scientists. In previous researches superior lines of cucumber with general and specific combining ability were identified but these lines did not have enough gynoecious. In the current study, the possibility of crossing commercial Ailar cultivar with elite lines are studied and their progeny are evaluated.

Material and Methods: In previous research we obtained some breeding lines which showed suitable general combining abilities. Breeding lines are B₁₀, A₁₀ and B₁₂. They are monoecious but they are different in growth habit so that the growth habit of B₁₂ line is determinate with small fruits. Growth habit of B₁₀ is semi-determinate with medium fruits and the A₁₀ line has intermediate growth habit with large fruits. The commercial Ailar cultivar was used to transfer gynocious trait. The seeds of lines and commercial Ailar cultivar were planted in pot on January of 14, 2016. Pollination was done by hand before anthesis. A hand pollinated flower was covered with gelatin capsule to prevent insect pollination. After crossing between parent lines and commercial cultivar three fruits were kept in each line and their seeds were planted on September 30, 2016. We planted 60 shrubs in each crossing and 10 shrubs from parent. This experiment was conducted in complete randomized block design with three replications. Information such as the number of male flowers, the number of female flowers, the number of lateral branch, percentage of male flowers and female flowers were recorded. We investigated all three populations from the crossing and selected the plants with the maximum number of female flowers for the next step. At the end, data were analysis with SAS and compare means was done with Tukey's test.

Results and Discussion: Investigation of the population of crosses in all three hybrids showed an increase in the average number and percentage of female flowers compared to the parent lines. The results showed that the progeny of commercial Ailar cultivar with B₁₂ had the highest number and percentage of female flower. The maximum number of female flowers was found in the progeny of commercial Ailar cultivar with B₁₂ and B₁₀ lines, which showed a better result than the maximum number in commercial cultivars. Along with the increase in the number of female flowers, examination of male flowers in all three populations showed a decrease in the average percentage and the number of male flowers in all three populations compared to the parent lines. The highest percentage of male flowers was observed in the progeny of commercial Ailar cultivar with A₁₀ lines. The number of lateral branches in each of three populations was approximately the same, but there was a large variation among the studied plants, so that some plants produced two and some ten lateral branches in the first ten nodes. The results showed no significant differences between lateral branches. The environment has a great influence on the expression of the number of lateral branches, and the low heritability of this trait confirms this (11). The t test was performed on parents and offspring of Ailar hybrid with all three lines at 1% level. The significance of the t test indicates progeny deviation relative to the parent's mean that can be a predominant factor for controlling genes in these traits. Comparison of means by Tukey test showed an increase in female flowers in the offspring compared to parental lines. According to these result it is possible to release recombinant inbred lines similar to elite lines with gynoecious in future.

Keywords: Backcross, Breeding, Gynoecious, Lateral branch

1, 2 and 3- M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: hamidoghli@gmail.com)



اثر محلول پاشی برگ‌گی پتاسیم، روی و بُر بر خصوصیات میوه برخی ارقام زیتون

رضا غلامی^۱ - نوراله معلمی^{۲*} - اسماعیل خالقی^۳ - سید منصور سیدنژاد^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۴

چکیده

بررسی تأثیر محلول پاشی برگ‌گی بُر، روی و پتاسیم بر خصوصیات میوه سه رقم زیتون کرونا یکی، کایلت و میشن در قالب آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در باغ زیتون دانشگاه شهید چمران اهواز صورت گرفت. در این آزمایش درختان طی چهار مرحله، یک هفته قبل از باز شدن کامل گل‌ها، دو هفته بعد از باز شدن کامل گل‌ها، مرحله سخت شدن هسته و مرحله تجمع و سنتز روغن، با آب مقطر (شاهد) (T₀)، ترکیب سولفات پتاسیم، سولفات روی و اسیدبوریک از هر کدام ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر (T₁) و ترکیب سولفات پتاسیم، سولفات روی و اسیدبوریک از هر کدام ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر (T₂) محلول پاشی شدند. نتایج نشان داد بین تیمارهای محلول پاشی در وزن میوه، وزن تر گوشت میوه، نسبت گوشت به هسته، درصد روغن، ابعاد میوه و هسته و میزان پتاسیم، روی، بُر و نیتروژن موجود در میوه اختلاف معنی داری در سطح یک درصد وجود داشت، ولی محلول پاشی بر وزن هسته مؤثر نبود. همچنین تیمار T₂ بیشترین تأثیر مثبت را بر افزایش خصوصیات میوه نسبت به سایر تیمارها داشت. بیشترین درصد روغن به میزان ۲۳/۶۹ درصد وزن خشک در رقم کرونا یکی در تیمار T₁ و همچنین بیشترین وزن میوه (۲/۴۸ گرم) و وزن تر گوشت میوه (۱/۸۳ گرم) در رقم میشن در تیمار T₂ بدست آمد. رقم میشن بیشترین و رقم کرونا یکی کمترین واکنش را به محلول پاشی نشان دادند. به طور کلی مشاهده شد که خصوصیات میوه در ارقام مختلف متفاوت می‌باشد و تحت تأثیر نوع رقم و غلظت محلول پاشی می‌باشد و جهت بهبود خصوصیات میوه در مناطق گرم، محلول پاشی برگ‌گی درختان میوه زیتون سودمند می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات میوه، درصد روغن، زیتون، محلول پاشی

مقدمه

جهت اصلاح کمبودهای مواد غذایی و بهبود کیفیت میوه درختان زیتون کشت شده تحت شرایط نامناسب به کار برده می‌شود که عناصر غذایی را مستقیماً و در اسرع وقت در اختیار شاخه و برگ یا میوه قرار می‌دهد (۱۸). محلول پاشی برگ‌گی با عناصر کم تحرک در خاک (پتاسیم) و یا عناصر کم تحرک در گیاه (بُر و روی) سبب افزایش کارایی و جذب آن عنصر در گیاه می‌گردد (۱۸).

در میان مواد غذایی، پتاسیم از عناصر غذایی مهم و پرمصرف است، که در رشد، متابولیسم، فعالیت آنزیم‌ها، سنتز پروتئین، فتوسنتز، تنظیم اسمزی، حرکات روزنه‌ای، بهبود کیفیت میوه‌ها، مقاومت به تنش‌ها و تنظیم وضعیت آبی درختان زیتون مؤثر است (۲۳). از طرفی روی و بُر از عناصر کم مصرف که برای عملکرد طبیعی گیاه ضروری هستند و از اجزای ساختمانی بسیاری از آنزیم‌ها و پروتئین‌ها می‌باشند (۳). عنصر روی جهت به دست آوردن اندازه‌ی مطلوب میوه مورد نیاز است (۳ و ۱۶). بُر با افزایش انتقال قندها و هیدرات کربن در آوندهای آبکش نقش بسیار مؤثری در بهبود کیفیت میوه دارد (۱۹ و ۲۰). میوه زیتون نیاز زیادی به پتاسیم داشته و محلول پاشی پتاسیم به طور معنی داری موجب بهبود اندازه و کیفیت میوه زیتون شده است (۱۸، ۲۱ و ۲۴).

زیتون از مهم‌ترین محصولات باغی کشور می‌باشد که در سال‌های اخیر پرورش آن به دلیل ارزش غذایی بالای میوه و روغن آن و نیز تحمل این درخت نسبت به شرایط محیطی مختلف، توسعه یافته است (۱ و ۲۴). زیتون به شرایط دمای بالا، تحمل آب و هوای خشک و خاک نامرغوب و شور به خوبی سازگار یافته است (۱۳ و ۱۶). تابستان‌های طولانی و بسیار گرم و خشک در شرایط اقلیمی اهواز سبب کاهش کیفیت میوه زیتون می‌گردد (۱۹). به کارگیری عملیات زراعی مدرن و اعمال روش‌های تغذیه با کارایی زیاد از راهکارهای مؤثر در بهبود کیفیت میوه می‌باشد (۱۵). باغات زیتون با مشکلاتی نظیر کاهش محصول همراه با کیفیت نامطلوب و همچنین وضعیت نامناسب خاک روبرو است (۱۴). محلول پاشی برگ‌گی یک ابزار مهم

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهید چمران اهواز

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

۴- استاد گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

قادری و همکاران (۸) با بررسی اثر محلول پاشی بُر و روی در درختان میوه بادام نشان دادند که محلول پاشی با بُر (۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر) و روی (۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر) بیشترین تأثیر را بر افزایش طول میوه دارد، همچنین قطر میوه در تیمار روی (۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر) بیشترین مقدار را داشت و در مقایسه با تیمار شاهد معنی دار بود. رضائی و شکافنده (۱۹) اثر محلول پاشی نیترات پتاسیم (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد)، سولفات روی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ درصد) و ترکیبی از آن‌ها را بر خصوصیات میوه زیتون بررسی نمودند که، بیشترین وزن تر میوه، وزن تر گوشت میوه و نسبت گوشت به هسته در تیمار ۰/۵۰ درصد سولفات روی در ترکیب با ۰/۵۰ درصد نیترات پتاسیم مشاهده شد، همچنین طول و قطر میوه به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف محلول پاشی در مقایسه با شاهد بودند. سعادت و همکاران (۱۹) اثر محلول پاشی برگی سولفات روی

(۲۵۰۰ میلی گرم در لیتر)، اسید بوریک (۲۵۰۰ میلی گرم در لیتر) و ترکیبی از این دو را طی دو مرحله، بر خصوصیات کیفی میوه سه رقم زیتون بررسی نمودند که وزن میوه و قطر میوه در درختان تیمار شده در هر سه رقم بیشتر از درختان شاهد بود. همچنین تیمارهای محلول پاشی، میزان روی و بُر موجود در میوه را در مقایسه با شاهد، به طور معنی داری افزایش داده بود.

هارتمن و همکاران (۹) گزارش نمودند که درختان زیتون به مقدار بُر زیادی نیاز دارند. زیتون همچنین حساسیت کمی به سطوح زیاد بُر در مقایسه با سایر درختان میوه دارد (۲۰). نظر به مشکلات مربوط به کاهش کمیت و کیفیت میوه زیتون در منطقه اهواز و نقش مهم عناصر غذایی پتاسیم، بُر و روی در تغذیه زیتون و بهبود کمی و کیفی میوه، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر کاربرد برگی این عناصر بر خصوصیات میوه زیتون در شرایط آب و هوایی اهواز می باشد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of experimental soil

عمق خاک Soil depth (cm)	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (meq/100g)	شوری خاک EC (dsm ⁻¹)	پی اچ pH	بافت خاک Soil texture	کربن آلی Organic carbon (%)	نیترژن کل Total N (%)	فسفر قابل استفاده P (AVA)	پتاسیم قابل استفاده K (AVA)	روی قابل استفاده Zn (AVA)	بُر قابل استفاده B (AVA)
mgkg ⁻¹										
0-30	12	2.64	7.86	لوم Loam	0.78	0.39	22.7	167	1.94	0.28
30-60	9	3.98	7.65	لوم رسی Clay loam	0.47	0.21	7.6	188	0.74	0.09

جدول ۲- آمار ماهیانه ایستگاه هواشناسی اهواز در دوره آزمایش در سال ۲۰۱۶

Table 2- Ahvaz meteorological station monthly statistics in the trial period in 2016

ماه/پارامتر Parameters/Month	Oct	Sep	Aug	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb
میانگین دما Temperature average (°C)	18.3	22.7	31.8	34.4	39	38.6	36.2	29.1	23.6
بارندگی Precipitation (mm)	24.9	40.8	0.3	0	0	0	0	0	0
جمع تبخیر Total evaporate (mm)	122.1	204.2	316.5	471	457.5	406.5	331.7	237.3	136
رطوبت نسبی RH (%)	47	48	36	23	25	30	27	29	44
جمع ساعات آفتابی Total sunny hours	215.8	269.4	308.9	353	348	351.7	319.3	275.5	236.4

مواد و روش‌ها

صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در باغ زیتون ۱/۵ هکتاری گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، واقع در حاشیه غربی

در این پژوهش اثر محلول پاشی برگی بُر، روی و پتاسیم بر خصوصیات میوه سه رقم زیتون شامل کرونا یکی، کاپلت و میشن به

۸۰ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفتند و پس از خشک شدن، وزن خشک گوشت محاسبه گردید، سپس با دستگاه آسیاب نمونه ها کاملاً پودر گردید و از روش کجدال^۲ برای اندازه گیری نیتروژن موجود در میوه استفاده شد. نمونه خشک و آسیاب شده پس از مراحل هضم در دمای ۳۸۰ درجه سانتی گراد در دستگاه تقطیر با استفاده از سود و اسیدبوریک و معرف های رنگی تیترا شده و غلظت نیتروژن آن ها محاسبه شد و برای اندازه گیری پتاسیم میوه، نمونه های آسیاب شده، با اسیدنیتریک مخلوط شد و به مدت ۶ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد داخل اجاق هضم قرار گرفت و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر^۳ غلظت پتاسیم محاسبه شد و از روش طیف سنجی جذب اتمی برای اندازه گیری روی و بُر میوه استفاده گردید (۶). میزان روغن میوه به روش سوکسله و با حلال هگزان، از طریق اختلاف وزن محاسبه و برحسب درصد ماده خشک میوه تعیین گردید (۲). داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند-دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات میوه در جدول (۳) مشخص نمود که رقم بر خصوصیات میوه شامل وزن تر میوه، وزن تر و خشک گوشت میوه، وزن تر هسته و درصد روغن میوه در سطح ۱ درصد تأثیر داشت. از طرفی محلول پاشی بر خصوصیات وزن تر میوه، وزن تر و خشک گوشت میوه، نسبت گوشت میوه به هسته و درصد روغن میوه در سطح ۱ درصد معنی دار بود، ولی بر وزن تر هسته معنی دار نگردید. همچنین اثر متقابل رقم $\times$ محلول پاشی بر وزن تر میوه، وزن تر و خشک گوشت میوه در سطح ۱ درصد و بر نسبت گوشت میوه به هسته در سطح ۵ درصد مؤثر بود. همچنین مشخص گردید که هر دو تیمار رقم و محلول پاشی بر میزان غلظت عناصر غذایی پتاسیم، نیتروژن، روی و بُر در میوه در سطح ۱ درصد معنی دار بود و اثر متقابل رقم $\times$ محلول پاشی بر میزان غلظت عناصر غذایی بُر و نیتروژن مؤثر، ولی بر میزان غلظت عناصر غذایی پتاسیم و روی در میوه مؤثر نبود. از طرفی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رقم بر تمام خصوصیات ابعاد میوه و هسته در سطح ۱ درصد مؤثر می باشد و بین سطوح مختلف محلول پاشی هم از نظر خصوصیات ابعاد میوه و هسته شامل طول، قطر و نسبت بین آن ها در سطح ۱ درصد، اختلاف معنی داری وجود داشت، ولی اثر متقابل رقم $\times$ محلول پاشی فقط بر طول میوه در سطح ۵ درصد و نسبت طول به قطر میوه در سطح ۱ درصد تأثیر داشت (جدول ۳).

رودخانه کارون با موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع از سطح دریای ۲۲/۵ متر مورد مطالعه قرار گرفت. درختان مورد آزمایش ۱۳ ساله و در فواصل ۵ $\times$ ۶ متر کاشته شده اند. قبل از شروع آزمایش نمونه برداری خاک از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری جهت تعیین وضعیت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، بُر و روی در خاک انجام و مورد بررسی قرار گرفت. سپس تغذیه خاکی سالیانه باغ که شامل مصرف کود حیوانی گوسفندی (۴۰ کیلوگرم) و کودهای شیمیایی پرمصرف شامل کود نیتروژن (۵۰۰ گرم اوره) و فسفر (۲۵۰ گرم سوپرفسفات-تریپل) به هر اصله درخت بر اساس آزمون کامل خاک به طور یکسان برای تمامی ارقام مورد مطالعه انجام گرفت. شایان ذکر است که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و وضعیت اقلیمی در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش به همراه توین ۲۰ به عنوان مویان به شرح زیر بودند:

T₀ = محلول پاشی با آب مقطر (شاهد).

T₁ = محلول پاشی با ترکیبی از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سولفات پتاسیم، ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سولفات روی و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدبوریک.

T₂ = محلول پاشی با ترکیبی از ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر سولفات پتاسیم، ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر سولفات روی و ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدبوریک.

در این تحقیق محلول پاشی طی چهار نوبت شامل: ۱- در مرحله یک هفته قبل از باز شدن کامل گل ها (نیمه دوم اسفندماه) ۲- در مرحله دو هفته بعد از باز شدن کامل گل ها (نیمه اول فروردین ماه)، ۳- در مرحله سخت شدن هسته ها (نیمه اول خردادماه) و ۴- در مرحله سنتز و تجمع روغن (نیمه اول تیرماه) با یک سم پاش پشت تراکتوری انجام گرفت.

به منظور اندازه گیری اثر تیمارهای محلول پاشی بر خصوصیات میوه، برداشت میوه در اواسط مهرماه، هم زمان با تغییر رنگ میوه از سبز به ارغوانی رنگ صورت گرفت و جهت تعیین وزن تر میوه، میانگین وزن ۳۰ میوه زیتون، برای هر تیمار با ترازوی حساس محاسبه شد سپس گوشت و هسته از هم جدا و وزن تر هسته محاسبه گردید و از تفاضل وزن تر هسته از وزن تر میوه، وزن تر گوشت به دست آمد. جهت محاسبه ابعاد میوه و هسته (طول و قطر میوه و هسته) تعداد ۳۰ عدد میوه برای هر تیمار انتخاب و به کمک کولیس اندازه گیری شد و میانگین آنها جهت تعیین طول و قطر میوه و هسته محاسبه گردید. همچنین برای تعیین میزان عناصر غذایی موجود در میوه و وزن خشک گوشت میوه، نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای

خصوصیات کمی میوه

با مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و محلول پاشی بر خصوصیات میوه (جدول ۴) مشخص گردید که از نظر تأثیر محلول پاشی بر وزن تر میوه و وزن تر گوشت میوه، بهترین نتیجه را رقم میشن نشان داد، به گونه ای که در اثر محلول پاشی با تیمار T₂ بالاترین وزن تر میوه و وزن تر گوشت میوه به ترتیب (۲/۴۶ گرم) و (۱/۸۳ گرم) به دست آمد. در رقم کایلت هم محلول پاشی تأثیر مثبت داشت ولی در رقم کرونا یکی بین تیمارهای مختلف محلول پاشی اختلاف معنی داری در وزن تر میوه و وزن تر گوشت میوه وجود نداشت. دیگر مطالعات نشان داده است که علاوه بر تأثیر رقم، افزایش در وزن تر میوه و گوشت تر میوه ممکن است در اثر افزایش جذب مواد غذایی و آب و در نتیجه فتوسنتز بیشتر به سبب محلول پاشی عناصر غذایی باشد (۱). درشت بودن میوه به ویژه در زیتون های کنسروی از اهمیت خاصی برخوردار است، اما به شرطی که افزایش وزن تر میوه در اثر افزایش گوشت تر میوه باشد (۲۴). از نظر صفت نسبت گوشت به هسته مشخص شد که اختلاف بین رقم کرونا یکی با ارقام کایلت و میشن معنی دار بود در حالی که بین ارقام کایلت و میشن اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). متفاوت بودن این نسبت بستگی به ژنتیک رقم و گونه گیاهی دارد و علاوه بر این مشخص گردید که مدیریت تغذیه ای صحیح درختان میوه نیز برای بهبود نسبت گوشت به هسته مؤثر می باشد (۱۹ و ۲۲).

از نظر وزن تر هسته هیچ اختلاف معنی داری بین تیمارهای محلول پاشی مشاهده نگردید. بیشترین میزان وزن تر هسته و وزن خشک گوشت میوه به ترتیب ۰/۶۳ گرم و ۰/۶۵ گرم در رقم میشن محلول پاشی شده با تیمار T₂ و کمترین میزان آنها به ترتیب ۰/۲ گرم و ۰/۰۷ گرم در رقم کرونا یکی با تیمار (شاهد) بدست آمد (جدول ۴). مشاهدات حاکی از آن است که تغییرات وزن تر هسته مشابه با الگوی تغییرات وزن تر میوه و وزن تر گوشت میوه نبود و تغییرات وزن تر هسته بیشتر در طی دوره رشد محدود شده بود، در نتیجه افزایش وزن تر میوه بیشتر بخاطر افزایش وزن تر گوشت میوه در واکنش به محلول پاشی عناصر غذایی صورت گرفته بود (۱۷). نتایج این آزمایش با یافته های، بن میمون و همکاران (۳)، اینگلیز و همکاران (۷) و دیک میلیک و همکاران (۴) که گزارش کردند محلول پاشی برگ های درختان زیتون با نیترات پتاسیم، کیفیت میوه را بهبود می بخشد و سبب افزایش وزن میوه و نسبت گوشت به هسته، نسبت به درختان تیمار نشده گردید، مطابقت داشت.

عباسی و همکاران (۱) نیز، گزارش نمودند که کاربرد برگری ترکیبی از عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف، موجب افزایش معنی داری در وزن تر میوه، وزن تر گوشت میوه و نسبت گوشت به هسته در ارقام روغنی و زرد نسبت به شاهد شد. از این رومی توان بیان نمود

که مواد غذایی در فعال نمودن تقسیم سلولی، بعلاوه فتوسنتز و انتقال مواد آلی مسئول هستند و عناصر غذایی پتاسیم روی و بُر در درختان محلول پاشی شده، با دخالت در تقسیم سلولی و سنتز اسید نوکلئیک و افزایش میزان تشکیل و انتقال کربوهیدرات ها و با فعال نمودن آنزیم های کربوهیدراتی در طول دوره رشد و نمو میوه، سبب بهبود میوه می گردند.

میزان روغن میوه

با بررسی اثر متقابل رقم و محلول پاشی بر میزان درصد روغن میوه در (جدول ۴) مشخص گردید که محلول پاشی با اسید بوریک، سولفات روی و سولفات پتاسیم در مقایسه با تیمار شاهد، موجب افزایش معنی داری در میزان درصد روغن میوه گردید. میزان درصد روغن میوه در بین ارقام مختلف، متفاوت بود و بالاترین میزان درصد روغن میوه (۲۳/۶۹٪) در درختان کرونا یکی محلول پاشی شده در تیمار T₁ و پایین ترین میزان آن، در رقم میشن تیمار شده در آب مقطر (۱۹/۶۲٪) حاصل گردید. نتایج نشان داد که بین رقم کرونا یکی با ارقام کایلت و میشن از نظر درصد روغن میوه اختلاف معنی داری وجود داشت، در حالی که بین ارقام کایلت و میشن اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۴). دیگر تحقیقات نشان داده اند که، درصد روغن میوه در ارقام مختلف، متفاوت می باشد و علاوه بر ژنتیک گیاه، میزان روغن در زیتون تحت تأثیر محیط رشد هم قرار می گیرد و با تأمین عناصر غذایی پتاسیم، بُر و روی و رفع کمبود این عناصر غذایی با محلول پاشی در مراحل مختلف رشد و نمو میوه، شرایط برای بهبود میزان روغن میوه ایده آل گردیده است (۱۹ و ۲۴). الگوی تغییرات روغن میوه با الگوی تغییرات وزن تر و گوشت تر میوه در این پژوهش مطابقت داشت. بنابراین باتوجه به اینکه، کربوهیدرات ها به عنوان پیش ساز ساخته شدن روغن در میوه زیتون مطرح می باشند، افزایش مقدار کربوهیدرات ها در میوه (وزن تر میوه) منجر به افزایش مقدار روغن شده است (۱۶).

در مطابقت با نتایج این تحقیق، ساروی و همکاران (۲۱) و رضانی و شکافنده (۱۷) گزارش کردند، محلول پاشی برگ های درختان میوه زیتون، میوه دهی و میزان روغن میوه را به طور معنی داری افزایش داد. همچنین ال کاواگا (۵) با محلول پاشی سولفات پتاسیم و کلات روی در درختان زیتون رقم مانزانیا در دو سال پی در پی بیان کرد که درصد روغن گوشت میوه بهبود یافت. صیادامین و همکاران (۲۲) نیز اثبات نمودند که محلول پاشی برگ های سولفات روی با اسید بوریک و اوره می تواند درصد روغن میوه زیتون را افزایش دهد و بالاترین درصد روغن میوه با تیمار ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسید بوریک حاصل شد.

جدول ۳- تجزيه واريانس اثرات رقم و محلول پاشي برگي پتاسيم، روي و بُر بر بعضي خصوصيات ميوه زيتون
Table 3- ANOVA for the effects of cultivar and foliar spraying of K, Zn and B on some olive fruit traits

منبع تغييرات Source of variations	درجه آزادي df	وزن تر ميوه Fruit fresh weight	وزن تر هسته Pit fresh weight	وزن تر گوشت Pulp fresh weight	نسبت گوشت به هسته Pulp/Pit ratio	روغن Oil content (%)	بُر Boron	روي Zinc	نيتروژن Nitrogen	پتاسيم Potassium	طول ميوه Fruit length	قطر ميوه Fruit diameter	طول هسته Pit length	قطر هسته Pit diameter
تكرار Replication	2	0.005	0.001	0.006	0.062	0.206	0.153	0.027	67.917	28.360	0.914	1.401	0.991	0.384
رقم Cultivar (Cu)	2	5.656**	0.451**	2.918**	0.427**	11.984**	9.056*	2.603**	25244.040**	116.305*	24.223**	48.861**	23.593**	16.511**
محلول پاشي Spraying (Sp)	2	0.352**	0.0001 ^{ns}	0.339**	1.228**	8.529**	229.476**	70.719**	10919.038**	5479.991*	21.530**	1.101**	14.704**	0.401**
رقم × محلول پاشي Cu×Sp	4	0.085**	0.00001 ^{ns}	0.085**	0.121*	1.940 ^{ns}	1.846*	0.255 ^{ns}	1843.312**	13.870 ^{ns}	2.174*	0.089 ^{ns}	0.335 ^{ns}	0.008 ^{ns}
خطا Error	16	0.011	0.001	0.010	0.036	0.672	0.334	0.117	153.643	28.085	0.573	0.129	0.079	0.031
ضريب تغييرات CV(%)		6.88	2.83	9.65	8.51	3.76	6.44	7.06	10.29	13.84	0.331	3.09	6.38	2.61

ns و ** به ترتيب غير معني دار، معني دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: non-significant, Significant at 0.05 and 0.01 of probability level, respectively.

بنابراین، افزایش درصد روغن در درختان محلول پاشی شده می تواند ناشی از نقش مرثر عناصر غذایی پتاسیم، روی و بر در بعضی فعالیت های سلولی باشد. این عناصر غذایی به صورت یک فعال کننده آنزیم های متعدد دخیل در متابولیسم کربوهیدرات ها و بیوسنتز اسیدهای چرب از کربوهیدرات ها عمل می کنند و به خصوص تأثیر سوء دمای بالای منطقه، در سنتز و تجمع روغن را با دخالت در فعالیت آنزیم ها، تعدیل می دهند که این اثر به خوبی در بررسی درصد روغن درختان تیمار شده با عناصر غذایی در مقایسه با درختان شاهد نمایان است.

میزان غلظت عناصر غذایی میوه

با مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و محلول پاشی بر عناصر غذایی میوه در جدول ۴ مشخص گردید که روند تأثیر محلول پاشی در میزان نیتروژن میوه در رقم کایلت متفاوت از ارقام کرونا یکی و میشن می باشد و در این دو رقم بهترین نتیجه در تیمار T₁ بدست آمد. در درختان میشن محلول پاشی شده در تیمار T₁ بیشترین میزان نیتروژن میوه ۲۲۳ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین میزان ۵۶/۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم در رقم کرونا یکی در تیمار شاهد (T₀) حاصل گردید. بیشترین مقدار بُر میوه (۱۵/۸۶ میلی گرم بر کیلوگرم) در رقم کایلت تیمار شده در T₂ و کمترین مقدار آن (۳/۵۱ میلی گرم بر کیلوگرم) در رقم میشن در تیمار شاهد (T₀) حاصل گردید. بیشترین میزان پتاسیم و روی میوه، بترتیب ۶۶/۵ میلی گرم بر کیلوگرم و ۸/۱۹ میلی گرم بر صد گرم در رقم میشن محلول پاشی شده در تیمار T₂ و کمترین میزان به ترتیب ۱۱/۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم و ۱/۶۹ میلی گرم بر صد گرم در رقم کرونا یکی در تیمار شاهد (T₀) کسب گردید (جدول ۴).

در مطابقت با نتایج این پژوهش، زیودار و همکاران (۲۴) بیشترین میزان نیتروژن و پتاسیم میوه را در تیمار محلول پاشی سولفات پتاسیم ۱ گرم در لیتر در رقم میشن و کمترین میزان آن ها را در رقم کرونا یکی در تیمار شاهد اعلام کرده بودند و رابطه مثبت و معنی داری بین پتاسیم و نیتروژن میوه گزارش نمودند. قادری و همکاران (۸) نیز گزارش نمودند محلول پاشی برگ در تیمار ترکیبی ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسیدبوریک با ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر سولفات روی در بادام سبب افزایش معنی دار میزان غلظت بُر و روی موجود در میوه نسبت به شاهد گردید. همچنین سعادت و همکاران (۱۹) بیان کردند محلول پاشی برگ با اسیدبوریک به همراه سولفات روی، سبب افزایش میزان بُر و روی در میوه زیتون می شود.

خصوصیات ابعاد میوه و هسته

مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و محلول پاشی بر ابعاد میوه و هسته در (جدول ۴) نشان داد که بالاترین و پایین ترین طول میوه به

ترتیب در رقم میشن محلول پاشی شده در تیمار T₂ (۱۹/۹۳ میلی متر) و در رقم کرونا یکی در تیمار T₀ یا شاهد (۱۴/۵۳ میلی متر) بدست آمد. در دو رقم کایلت و کرونا یکی با افزایش غلظت محلول پاشی شده از تیمار T₁ به تیمار T₂ میزان طول میوه به طور معنی داری افزایش یافت، ولی در رقم میشن اختلاف معنی داری بین این دو تیمار محلول پاشی شده مشاهده نگردید. محلول پاشی با تیمارهای به کار رفته در ارقام کایلت و کرونا یکی در قطر میوه تأثیر معنی داری نداشت، ولی در رقم میشن بین تیمار شاهد (T₀) با تیمارهای T₁ و T₂ اختلاف معنی داری در قطر میوه مشاهده گردید. بالاترین میزان قطر میوه ۱۴/۰۷ میلی متر در رقم میشن محلول پاشی شده با تیمار T₂ و پایین ترین میزان آن ۸/۸ میلی متر در رقم کرونا یکی با تیمار شاهد (T₀) حاصل شد. بالاترین میزان شاخص شکل میوه (نسبت طول به قطر میوه) در رقم کرونا یکی (۱/۷۷) محلول پاشی شده در تیمار T₂ و پایین ترین میزان آن در رقم کایلت (۱/۲۹) در تیمار شاهد (T₀) مشاهده گردید. در رقم کایلت با افزایش غلظت محلول پاشی، شاخص شکل میوه نسبت به سایر ارقام بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۴). اختلاف در ابعاد میوه ارقام زیتون امری بدیهی است و ناشی از ویژگی های ژنوتیپی ارقام مختلف و تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی متعددی از جمله تغذیه، بر طول میوه و هسته اثرگذار هستند (۲۴). در تأیید نتایج این تحقیق و تأثیر مثبت محلول پاشی برگی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف، در ابعاد میوه درختان میوه، بخصوص زیتون، رمضانی و شکافنده (۱۷) تأثیر مثبت روی و پتاسیم و واکنش بین آنها را در ابعاد میوه (طول و قطر) درختان زیتون رقم آمیگدالیا گزارش نمودند و کاربرد غلظت سولفات روی بخصوص در ترکیب با نترات پتاسیم سبب افزایش معنی دار در ابعاد میوه گردید. همچنین، سعادت و همکاران (۱۹) نشان دادند که محلول پاشی برگ با تیمار سولفات روی به طور معنی داری طول میوه را در مقایسه با درختان تیمار نشده افزایش داد و محلول پاشی برگ درختان میوه زیتون با تیمارهای سولفات روی، اسیدبوریک و یا ترکیب این دو، منجر به افزایش قطر میوه در مقایسه با شاهد گردید (۱۹). حجازی و همکاران (۱۰) نیز اثبات نمودند که محلول پاشی برگ درختان میوه زیتون با پتاسیم، طول و قطر میوه و همچنین شاخص شکل میوه را به طور معنی داری در هر دو فصل نسبت به شاهد افزایش داد. افزایش ابعاد میوه و هسته در درختان محلول پاشی شده می تواند به دلیل نقش عناصر غذایی به خصوص روی و بُر در تقسیم سلولی و طول شدن سلول ها و افزایش حجم فضای بین سلولی باشد. وجود تناقص در پاسخ درختان به کاربرد برگ عناصر غذایی قبلاً هم گزارش شده است (۲۴) و علت تناقص بودن نتایج ممکن است به دلیل وجود اثر متقابل بین گونه و ارقام گیاه، اقلیم و عوامل خاکی و نوع تیمارهای تغذیه ای و زمان و تعداد مرحله محلول پاشی باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم × محلول پاشی برگ پتاسیم، روی و بُر بر بعضی خصوصیات میوه زیتون
Table 4- The interaction effects of cultivar × foliar spraying of K, Zn and B on some olive fruit traits

ارقام/صفات میوه Characteristics/Cultivars	کایلت Cailliet			کرونایکی Koroneiki			میشن Mission		
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₀	T ₁	T ₂	T ₀	T ₁	T ₂
وزن تر میوه Fruit fresh weight (g)	1.71 ^d	1.85 ^{cd}	1.99 ^{bc}	0.55 ^e	0.60 ^e	0.68 ^e	1.68 ^d	2.11 ^b	2.46 ^a
وزن تر گوشت میوه Pulp fresh weight (g)	1.16 ^{de}	1.30 ^{cd}	1.43 ^{bc}	0.35 ^f	0.39 ^f	0.47 ^f	1.07 ^e	1.49 ^b	1.83 ^a
وزن تر هسته Pit fresh weight (g)	0.55 ^b	0.55 ^b	0.56 ^b	0.20 ^c	0.21 ^c	0.21 ^c	0.62 ^a	0.62 ^a	0.63 ^a
وزن خشک گوشت Pulp dry weight (g)	0.18 ^e	0.27 ^d	0.34 ^c	0.07 ^f	0.08 ^f	0.09 ^f	0.29 ^{cd}	0.50 ^b	0.65 ^a
نسبت گوشت به هسته Pulp pit ratio	2.10 ^{cd}	2.37 ^{bc}	2.58 ^b	1.73 ^e	1.89 ^{de}	2.29 ^{bc}	1.73 ^e	2.40 ^{bc}	2.91 ^a
درصد روغن Fruit oil content (%)	20.34 ^{cd}	22.40 ^{ab}	21.46 ^{bc}	22.18 ^{ab}	23.69 ^a	23.52 ^a	19.62 ^d	20.55 ^{cd}	22.64 ^{ab}
طول میوه Fruit length (mm)	15.13 ^d	17.10 ^{bc}	19.30 ^a	14.53 ^d	15.90 ^{cd}	16.53 ^{bc}	17.57 ^b	19.30 ^a	19.93 ^a
قطر میوه Fruit diameter (mm)	11.73 ^c	12.00 ^c	12.23 ^c	8.80 ^d	9.13 ^d	9.37 ^d	13.10 ^b	13.97 ^a	14.07 ^a
نسبت طول به قطر میوه Fruit length / diameter ratio	1.29 ^e	1.43 ^d	1.64 ^c	1.65 ^{bc}	1.74 ^{ab}	1.77 ^a	1.34 ^{de}	1.38 ^{de}	1.42 ^d
طول هسته Pit length (mm)	12.80 ^d	13.50 ^{cd}	14.87 ^{bc}	11.10 ^e	12.43 ^{de}	13.63 ^{cd}	13.93 ^{cd}	15.90 ^{ab}	17.00 ^a
قطر هسته Pit diameter (mm)	7.17 ^c	7.50 ^b	7.63 ^{ab}	5.03 ^e	5.17 ^{de}	5.40 ^d	7.43 ^{bc}	7.63 ^{ab}	7.87 ^a
نسبت طول به قطر هسته Pit length / diameter ratio	1.79 ^e	1.80 ^e	1.95 ^{de}	2.20 ^{bc}	2.40 ^{ab}	2.53 ^a	1.88 ^{de}	2.08 ^{cd}	2.16 ^{bc}
پتاسیم Potassium (mgkg ⁻¹)	12.60 ^c	43.10 ^b	62.10 ^a	11.10 ^c	34.50 ^b	57.33 ^a	14.50 ^c	42.90 ^b	66.50 ^a
نیتروژن Nitrogen (mgkg ⁻¹)	60.17 ^g	111.97 ^{de}	150.00 ^c	56.50 ^g	91.60 ^{ef}	77.60 ^{fg}	124.13 ^d	223.00 ^a	189.00 ^b
روی Zinc (mg/100g)	1.89 ^g	5.23 ^e	7.44 ^b	1.69 ^g	4.46 ^f	6.77 ^c	2.09 ^g	5.86 ^d	8.19 ^a
بُر Boron (mgkg ⁻¹)	4.07 ^f	10.18 ^d	15.86 ^a	3.80 ^f	9.17 ^e	13.56 ^b	3.51 ^f	8.40 ^e	12.23 ^c

*میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

*Means with the same letters are not significantly different at the 5% probability level based on Duncans Multiple Range Test.

ضریب همبستگی

با توجه به ضریب همبستگی صفات (جدول ۵) بین وزن تر میوه با وزن تر گوشت میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ($R=0/995$). همچنین بین وزن تر میوه با وزن تر هسته، بین وزن خشک گوشت میوه و ابعاد میوه و هسته رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت. وزن تر هسته با قطر هسته همبستگی مثبت داشت ($R=0/987$) که با نتایج سعادت و همکاران (۱۹) مطابقت داشتند. وجود دمای بالا در منطقه مورد مطالعه باعث عدم همبستگی مثبت بین درصد روغن میوه با وزن تر میوه و وزن تر گوشت میوه شده بود که با نتایج جوردائو و لیتائو (۱۱) مطابقت نداشت و این نشان‌گر تأثیر

منفی شرایط محیطی نامساعد، بخصوص دمای بالا در تجمع روغن می‌باشد. همچنین بین درصد روغن میوه و وزن هسته همبستگی مثبت وجود داشت ($R=0/688$). میزان غلظت پتاسیم میوه با میزان غلظت روی میوه ($R=0/996$) و نیز با میزان بُر موجود در میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت ($R=0/954$). طول میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن تر میوه و وزن تر و خشک گوشت میوه داشت. همچنین همبستگی مثبتی بین وزن هسته با قطر هسته و طول هسته وجود داشت که این یافته‌ها با نتایج خیاط و همکاران (۱۲) مطابقت داشتند.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه میوه سه رقم زیتون تحت تأثیر محلول پاشی برگی پتاسیم، روی و بُر
Table 5- Correlation coefficients between studied traits of three olive cultivars under foliar spraying of K, Zn and B

صفات Characteristics	وزن تر Pulp fresh weight	وزن تر میوه Fruit fresh weight	وزن تر هسته Pit fresh weight	وزن خشک Pulp dry weight	طول میوه Fruit length	قطر میوه Fruit diameter	طول هسته Pit length	قطر هسته Pit diameter	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen	روی Zinc	بُر Boron	درصد روغن Fruit Oil (%)
وزن تر گوشت Pulp fresh weight	1	0.995**	0.930**	0.919**	0.801**	0.942**	0.848**	0.960**	0.448 ^{ns}	0.771*	0.481 ^{ns}	0.281 ^{ns}	0.425 ^{ns}
وزن تر میوه Fruit fresh weight		1	0.961**	0.901**	0.778*	0.962**	0.822**	0.980**	0.378 ^{ns}	0.756*	0.411 ^{ns}	0.212 ^{ns}	0.501 ^{ns}
وزن تر هسته Pit fresh weight			1	0.803**	0.675*	0.965**	0.709*	0.987**	0.164 ^{ns}	0.673*	0.196 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.688*
وزن خشک گوشت Pulp dry weight				1	0.860**	0.911**	0.935**	0.818**	0.521 ^{ns}	0.904**	0.569 ^{ns}	0.291 ^{ns}	0.285 ^{ns}
طول میوه Fruit length					1	0.776*	0.926**	0.734*	0.742*	0.902**	0.772*	0.622 ^{ns}	0.162 ^{ns}
قطر میوه Fruit diameter						1	0.842**	0.953**	0.287 ^{ns}	0.818**	0.331 ^{ns}	0.088 ^{ns}	0.595 ^{ns}
طول هسته Pit length							1	0.750*	0.711*	0.901**	0.749*	0.514 ^{ns}	0.157 ^{ns}
قطر هسته Pit diameter								1	0.293 ^{ns}	0.689*	0.32 ^{ns}	0.158 ^{ns}	0.595 ^{ns}
پتاسیم Potassium									1	0.557 ^{ns}	0.996**	0.954**	0.475 ^{ns}
نیتروژن Nitrogen										1	0.617 ^{ns}	0.368 ^{ns}	0.241 ^{ns}
روی Zinc											1	0.934**	0.445 ^{ns}
بُر Boron												1	0.53 ^{ns}
درصد روغن Fruit Oil (%)													1

***، * و ns : Significant at the 1% and 5% of probability levels and non-significant, respectively.
**، * و ns : به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و عدم معنی داری.

نتيجه گيري

نتايج اين تحقيق نشان داد كه محلول پاشي برگي درختان ميوه زيتون، بخصوص در تيمار T₂ (۲۰۰۰ ميلي گرم در ليتر از سولفات پتاسيم، سولفات روي و اسيدبوريك به همراه مويان) بيشترين تأثير مثبت را بر افزايش خصوصيات ميوه نسبت به ساير تيمارها داشت و سبب افزايش خصوصيات كمى و كيفى ميوه شد. همچنين نتايج نشان داد رقم بر خصوصيات ميوه تأثيرگذار بود و با ايجاد شرايط محيطى مناسب بخصوص تأمين عناصر غذايى در طول مرحله رشد و نمو ميوه، با محلول پاشي عناصر غذايى پتاسيم، روي و بُر، رقم ميشن

بهترين واكنش را به تيمار T₂ نشان داد و اكثراً صفات ميوه از قبيل وزن تر ميوه، وزن تر و خشك گوشت و درصد روغن ميوه و همچنين ميزان پتاسيم، روي، بُر و نيتروژن موجود در ميوه در رقم ميشن محلول پاشي شده با تيمار T₂ در مقايسه با شاهد اختلاف معنى دارى داشت و برعكس، رقم كرونايكي كمترين واكنش را به محلول پاشي نشان داد. بنا بر اين خصوصيات ميوه در ارقام مختلف متفاوت مى باشد و نوع رقم و غلظت محلول پاشي شده بر كيفيت محصول توليدى مؤثر است كه اين دلالت دارد بر اينكه كاربرد برگي مى تواند براى افزايش كيفيت ميوه زيتون در مناطق گرم به كار برده شود.

منابع

- 1- Abbasi Y., Bakhshi D., Forghani A., Sabouri A., and Porghauomy M. 2012. Effect of macro and micronutrients sprays on fruit quality and quantity of zard and rowghani olive (*Olea europaea* L.) cultivars in Northern Iran. American Eurasian Journal Agricultural and Environment Science, 12: 1548-1552.
- 2- Aocs. 1993. Official methods and recommended practices of the American oil chemists, Society, 4th. Edn. (ed .D. firestone), American oil chemists society, Champaign., IL.AOCS Aa, 4-38.
- 3- Ben Mimoun M., Loumi O., Ghrab M., Latiri K., and Hellali R. 2004. Foliar potassium application on olive tree. IPI regional workshop on potassium and fertigation development in West Asia and North Africa; Rabat, Morocco, 24-28 November, 2004.
- 4- Dik melik U.G., Puskulcu M., Altug M.E., and Rget T. 1999. The effect of KNO₃ application on the yield and fruit quality of olive, In: Anac D., and P. Martin- Prevel (eds), Improved crop quality by Nutrient Management, Springer, Netherlands, 77-80.
- 5- El-Khawaga A.S. 2007. Improving growth and productivity of manzanillo olive trees with foliar application of some nutrients and girdling under sandy soil. Journal Science Research, 3: 818-822.
- 6- Emami F. 1996. Methods of plant analysis .Agricultural extension, education and research organization. Soil and water Research Institute, 185. (In Persian)
- 7- Inglese P., Gullo G., and Pace L.S. 2002. Fruit growth and olive quality in relation to foliar nutrition and time of application. Acta Hort, 586: 507-509.
- 8- Ghaderi N., Vezvaei A., Talaei A.R., and Babalar M. 2002. Effect of boron and zinc foliar spraying as well as concentrations of these elements on some leaf and fruit characteristics of almond. Iranian, Journal Agricultural Science, 32(2): 374-384. (In Persian with English abstract)
- 9- Hartmann H.T., Uriu K., and Lille O. 1996. Olive nutrition. In Fruit nutrition, ed. N. F. Childers, 252-261. New York: Horticultural Publications, Rutgers University.
- 10- Hegazi E.S., Mohamed S.M., EL Sonbaty M.R., Abd El Naby S.K.M., and El Sharony T.F. 2011. Effect of potassium nitrate on vegetative growth, nutritional status, yield and fruit quality of olive cv. Picual. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 3(3): 252-258.
- 11- Jordao P.V., and Lieto F. 1990. The olive mineral composition and some parameter, of quality in fifty olive cultivars in Portegal. Acta Horticultural. 286: 461-464.
- 12- Khayyat M., Tafazoli E., Eshghi S., and Rajaee S. 2007. Effect of nitrogen, boron, potassium and zinc Sprays on yield and fruit quality of date palm. American-Eurasian Journal Agricultural and Environment Science, 2(3): 289-296.
- 13- Laila F.H., Abd E.L., Migeed M.M.M., Attia M.F., Shahin M.F.M., and Genaidy E.A.E. 2015. Influence of spraying zinc sulphate before and during blooming stage on fruit quality and quantity of manzanillo olives. Journal Agricultural Technology, 11(4): 875-888.
- 14- Malakouti M.J., and Tabatabaei S.J. 2001. Innovative approach to balanced nutrition of fruit trees. Tehran, Iran. Agricultural Education Publication, 34-35. (In Persian)
- 15- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd Ed. Academic Press Ltd, London, 45-53.
- 16- Ramezani S., Shekafandeh A., and Taslimpour M. R. 2009. Effect of GA₃ and zinc sulfate on yield and fruit quality of Shengeh olive trees. Scientia Horticulturae. (In Persian with English abstract)
- 17- Ramezani S., and Shekafandeh A. 2011. Influence Zn and K sprays on fruit and pulp growth in olive (*Olea europaea* L. cv. amygdalifolia). Iran Agricultural Research, 30(1-2): 1-10.

- 18- Restrepo Diaz H., Benlloch M., Navarro C., and Fernandez Escobar R. 2008. Potassium fertilization of rainfed olive orchards. *Scientia Horticulturae*, 116: 399-403.
- 19- Saadati Jebeli S., Moallemi N., Mortazavi M.H., and Seyed Nejad S. M. 2011. The effect of foliar application of zinc and boron on quantitative and qualitative characteristics of three olive cultivars. M.Sc. Thesis. Shahid Chmran University of Ahvaz. 83-105. (In Persian with English abstract)
- 20- Sarkar D., Mandal B., and Kundu M.C. 2007. Increasing use efficiency of boron fertilizers by rescheduling the time and methods of application for crops in India. *Plant Soil*, 301: 77-85.
- 21- Sarawy S.M.A., Mohamed E.A., and Hassan H.S.A. 2010. Effect of foliar sprays with potassium nitrate and mono-potassium phosphate on leaf mineral contents, fruit set, yield and fruit quality of picual olive trees grown under sandy soil conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 8(4): 420-430.
- 22- Sayyad Amin P., Shahsavari A.R., and Aslmoshtaghi E. 2015. Study on foliar application nitrogen, boron and zinc on olive tree. *Trakia Journal of Sciences*, 2: 131-136.
- 23- Wang M., Zheng Q., Shen Q., and Guo S. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, 14: 7370-7390.
- 24- Zivdar S., Arzani K., Kazem Souri M., Moallemi N., and Seyed Nejad S. M. 2015. Effect of foliar potassium application on physiological and biochemical characteristics of olive (*Olea europaea* L.) cultivars under Ahvaz environmental conditions. Ph.D. Thesis. Department of Horticultural Science. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, 66-106. (In Persian with English abstract)



The Effect of Potassium, Boron and Zinc Foliar Application on Fruit Characteristics of some Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars

R. Gholami¹- N. Moallemi^{2*}- E. Khaleghi³- S.M. Seyyednegad⁴

Received: 02-01-2018

Accepted: 15-07-2018

Introduction: Olive tree (*Olea europaea* L.) is one of the most important fruit crops that, has a huge economic price. The plant is significant in the Mediterranean countries and Iran for table olive and oil. The nutritional requirements of olive are much lower than those of other fruit trees, but shortfall in these needs costs tree important physiological disorder. Fertilization, especially Potassium and micronutrients is a cultivation technique that strongly affects the productivity of olive trees. The amount of oil and fruit quality is effected by the correct nutrition. Leaf spraying is an important tool for correcting food deficiencies and improving the quality of the fruit of the planted olive trees under unsuitable conditions, which provides nutrients directly and as soon as possible to the branches and leaves, or fruit. Studies have shown that leaf feeding with potassium, boron and zinc can be useful for increasing the qualitative and qualities characteristics of fruit in most products, especially in arid and semi-arid regions. Thus, the present study was aimed to assessing the effect of zinc sulphate, boric acid and potassium sulphate foliar application on oil content and the qualitative and quantitative characteristics of fruit of three olive, “Caillet”, “Koroneiki” and “Mission” cultivars in unfavorable temperature conditions in Ahwaz.

Materials and Methods: This study was carried out to investigate the effect of foliar spraying of Potassium, Boron and Zinc on the oil content and the qualitative characteristics of the fruit of three olive, “Caillet”, “Koroneiki” and “Mission” cultivars in the olive orchard of Shahid Chamran University in 2016. Spray treatments were included T₀ (Distilled water as control), T₁ (1000 mg/l boric acid + 1000 mg/l potassium sulfate + 1000 mg/l zinc sulfate) and T₂ (2000 mg/l boric acid+2000 mg/l potassium sulfate +2000 mg/l zinc sulfate) which applied on olive cultivars in four time including a week before the full bloom (the second half of March), two weeks after the full bloom (the first half of April), at pit hardening (the first half of June of the month) and at the stage of oil synthesis and accumulation (first half of July). The research was performed in a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications thirty fruits from each tree were harvested, then the qualitative characteristics of fruit such as fruit fresh weight, pit fresh weight, fresh weight of the pulp, pulp/pit ratio, length and diameter of fruit and pit and also, to determine the amount of nutrients in the fruit and ^adry weight of the pulp, the samples were placed an oven for 48 hours at 80°C. After drying, the dry weight of the pulp was calculated, then the samples were completely powdered with the milling machine and the Kjeldahl method was used Nitrogen, from a Flame Photo Meter to measure Potassium concentration and Atomic Absorption Spectrophotometry method was used for measuring Zinc and Boron of the available in fruit. Data analysis was performed using SAS software and mean of comparison was done by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Results and Discussion: The results indicated that the foliar spray had a significant effect on fruit fresh weight, fresh and dry weight of pulp, the ratio of Pulp/Pit weight, Oil content and amount of K, N, B and Zn of fruit, also fruit and pit dimension, but no significant difference in pit fresh weight were observed. Maximum oil content was 23.69% in Koroneiki cultivar sprayed with T₁ treatment. Minimum oil content was 19.62% in Mission cultivar treated with distilled water. The highest and lowest rates in most of the studied traits were related to ‘Mission’ cultivar sprayed with T₂ treatment and ‘Koroneiki’ cultivar treated with distilled water. The highest oil content was 23.69% in Koroneiki cultivar treated with T1 treatment. The highest amount of fresh weight of fruit (2.48 g) and pulp fresh weight (1.83 g) were obtained in ‘Mission’ cultivar treated with T2. It can be argued that food is responsible for activating cell division in addition to photosynthesis and organic matter transfer, Boron, Zinc and Potassium nutrients are treated trees, interfering with cell division and the synthesis of

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, Respectively

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

4- Professor, Department of Plant Physiology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

acid nucleic and increasing the formation and transfer of carbohydrates and by activating carbohydrate enzymes during fruit growth and development, improve the trait fruit.

Conclusions: The results of this study indicated that the spraying of the leaves of olive fruit trees, especially with T2 treatment (2000 mg / L of potassium sulfate, zinc sulfate and acid-boric), had the most positive effect on the increase of fruit properties compared to other treatments ,and increased the qualitative and quantitative traits of the fruit. Also, the results indicated that the cultivar had an influence on the characteristics of the fruit and by creating appropriate environmental conditions, especially the supply of nutrients during the growth stage of the fruit. Finally, the Mission cultivar has best response to T2 treatment by spraying of potassium, zinc and boron. There were significant differences between mission cultivar treated with T2 and other cultivars on fresh fruit weight, fresh and dry weight of pulp and fruit oil percentage, as well as the concentration of nutrients in fruit. The improvement in fruit characteristics should be due to the formation of more fruits, larger fruit and more fruit weight due to the role of Zinc and Boron in cell division and prolongation of the cell and increasing the volume of intercellular space in mesocarp cells. Conversely, Koroneiki cultivar showed the least reaction to spraying. Therefore, the characteristics of fruits are different in different cultivars, and the type of cultivars and soluble concentrations are effective on the quality of yield, which implies that leaf application can be used to increase the quality of olive fruit in hot areas.

Keywords: Fruit characteristics, Oil percentage, Olive, Spraying



بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پسته رقم احمدآقایی روی ژنوتیپ‌های پایه متحمل و حساس به سرما در شرایط تنش یخ‌زدگی

علی تاج آبادی پور^{۱*} - محمد رضا فتاحی مقدم^۲ - ذبیح الله زمانی^۳ - فاطمه نصیبی^۴ - حسین حکم آبادی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۰

چکیده

به منظور بررسی اثر ژنوتیپ پایه بر واکنش پسته رقم احمدآقایی نسبت به تنش یخ‌زدگی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها در دو سطح: ژنوتیپ پایه (چهار ژنوتیپ متحمل و چهار ژنوتیپ حساس به سرما) و دما (۲- و ۴- درجه سانتی‌گراد) اجرا شد. در مرحله تمام گل، از شاخه‌های انتهایی رقم احمد آقایی پیوند شده روی این ژنوتیپ‌ها نمونه‌گیری شد. شاخه‌ها در گلدان‌های حاوی آب مقطر در دمای ۲- و ۴- درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت قرار گرفتند. پس از اعمال تیمارها، شاخص سرمازدگی تعیین شد، از خوشه‌های گل تیمارها جهت اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی استفاده گردید. نتایج نشان داد شدت سرمازدگی در ژنوتیپ‌های پایه متحمل به سرما به‌طور معنی‌داری کمتر از ژنوتیپ‌های پایه حساس در دو دمای ۲- و ۴- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میزان نشت یونی، پراکسید هیدروژن، مالون دالدهید در ژنوتیپ‌های پایه متحمل به سرما به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از ژنوتیپ‌های حساس به سرما بود. میزان قندهای محلول، پروتئین کل، پرولین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز در ژنوتیپ‌های پایه متحمل به سرما به‌طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ‌های پایه حساس به سرما بوده است. نتایج مربوط به اثر متقابل دما و ژنوتیپ نشان داد که دمای ۴- درجه سانتی‌گراد باعث افزایش معنی‌دار نشت یونی، پرولین، پراکسید هیدروژن و مالون دالدهید و کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز نسبت به دمای ۲- درجه سانتی‌گراد مخصوصاً در پایه‌های حساس به سرما شد. با توجه به صفات مورد مطالعه، متحمل‌ترین ژنوتیپ پایه به سرما TR1 بود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پایه، پسته، ژنوتیپ، مقاومت به سرما

مقدمه

های ۸۳ و ۸۴، در برخی مناطق پسته‌کاری استان کرمان به‌ویژه در رفسنجان تا ۶۰ درصد محصول پسته در اثر سرمای بهاره از بین رفت (۴۶). در تحقیقی مقاومت به سرما در سه رقم تجاری پسته دامغان و سه پایه عمده پسته‌کاری از طریق پارامترهای نشت یونی بررسی شد و مشخص گردید که با کاهش دما از صفر تا ۶- درجه سانتی‌گراد میزان نشت یونی افزایش می‌یابد. بین پایه‌ها تا دمای ۲- درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. همچنین نتایج نشان داد با کاهش دما تا ۴- درجه سانتی‌گراد، اختلافات بین پایه‌ها مشخص می‌گردد به‌طوری‌که در دمای ۴- و ۶- درجه سانتی‌گراد خسارت سرمازدگی در پایه بادامی و سرخس نسبت به دو پایه قزوینی و آتلانتیکا بیشتر بود (۲۵). مقاومت به سرما در چهار پایه مهم پسته شامل بادامی زرنده، سرخس، بنه و آتلانتیکا در دماهای صفر، ۲-، ۴- و ۶- درجه سانتی‌گراد بررسی گردید و گزارش شد که پایه بنه مقاوم‌ترین و آتلانتیکا حساس‌ترین پایه می‌باشد (۵). مقایسه سه رقم پسته (عباسلی، خنجری و شاه‌پسند) نشان داد که رقم عباسلی با داشتن

سرمای بهاره در سال‌های اخیر تولید محصول پسته را با خطر جدی روبرو کرده است. در سال ۱۳۷۶، ۵۰ درصد محصول پسته استان کرمان در اثر سرمای بهاره از بین رفت که این میزان سرمازدگی بیش از ۲۵۰ میلیارد تومان خسارت در پی داشت و صادرات پسته را در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد کاهش داد (۲۵). در سال

۱- استادیار پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: tajabadi@pri.ir)

۲ و ۳- استادان گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۴- دانشیار گروه فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۵- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، ایستگاه تحقیقات پسته دامغان

القاء مقاومت به سرما در درختان پسته احمدآقایی از طریق اندازه‌گیری برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در سرمزدگی وسیع بهاره در سال ۱۳۸۷ (دمای ۶- درجه سانتی‌گراد در زمان تمام گل) تعدادی پایه متحمل به سرما در یکی از باغ-های سرما زده شهرستان سیرجان مورد شناسایی قرار گرفتند. بررسی‌های اولیه مشخص شد که با وجود یکنواختی نوع پیوندک در این باغ (رقم احمدآقایی)، تمامی پیوندک‌های موجود بر روی پایه‌های متحمل بدون هیچ‌گونه علائم سرمزدگی بودند. ژنوتیپ‌های پایه متحمل و حساس اتیکت‌گذاری شدند. باغ مورد تحقیق در ۱۰ کیلومتری جنوب سیرجان واقع شده که فواصل کاشت درختان روی ردیف بصورت نامنظم و حدود یک متر و فاصله بین ردیف‌ها ۶ متر بود. درختان در زمان آزمایش ۲۳ ساله بودند. بذر پسته بادامی ریز به عنوان پایه جهت احداث باغ بصورت کاشت مستقیم بذر در زمین اصلی استفاده شده بود. این آزمایش جهت بررسی القاء مقاومت به سرمای پایه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها در دو سطح: ژنوتیپ پایه (چهار ژنوتیپ متحمل و چهار ژنوتیپ حساس به سرما) و دما (۲- و ۴- درجه سانتی‌گراد) اجرا شد. هر تیمار شامل ۴ تکرار و هر تکرار شامل یک ظرف حاوی چهار شاخه بود. از شاخه‌های انتهایی رقم احمدآقایی پیوند شده روی ژنوتیپ‌های پایه متحمل (TR^۱) و حساس (SR^۲) باغ مذکور در سیرجان در مرحله تمام گل نمونه‌گیری انجام شد. شاخه‌ها در ظرف‌های حاوی آب مقطر به آزمایشگاه پژوهشگاه پسته رفسنجان منتقل و در انکوباتور یخچال‌دار قرار گرفتند. دمای انکوباتور در عرض ۵ ساعت از دمای محیط به صفر درجه سانتی‌گراد رسید و سپس تیمارهای سرمایی ۲- و ۴- درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت روی آن‌ها اعمال گردید. فاکتورهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در این آزمایش عبارتند از:

۱- شاخص سرمزدگی (CI^۳): از طریق فرمول

$$CI = \sum (ni * i) / N$$

محاسبه شد (۴۲). در این رابطه CI:

شاخص سرمزدگی، Ni: تعداد نمونه که علائم سرمزدگی i (۴-)

(۱) را نشان می‌دهند و N: تعداد کل نمونه‌ها می‌باشد.

۲- نشت یونی: درصد نشت یونی از طریق فرمول محاسبه شد

$$(17) \times 100 = \text{نشت نهایی} / \text{نشت ابتدایی} = \text{درصد نشت یونی}$$

۳- پرولین: اندازه‌گیری میزان پرولین با استفاده از معرف ناین

بیشترین مقدار قندهای محلول و پرولین بیشترین مقاومت را نسبت به سرمای بهاره نشان می‌دهد و رقم شاه‌پسند به دلیل پایین بودن مقدار قندهای محلول و پرولین حساس‌ترین رقم بود (۲). پایه‌های مختلف به‌طور گسترده‌ای برای افزایش مقاومت درختان نسبت به تنش‌های زنده و غیرزنده استفاده می‌شوند (۳۲). در بررسی اثر پایه پسته بر روی برخی خصوصیات دانه پسته مشخص شد که پایه *Pistacia atlantica* عملکرد محصول، وزن کل پسته، میزان مواد معدنی پسته را نسبت به پایه‌های *P. terebinthus* و *P. integerrima* افزایش می‌دهد (۱۳). در بین چهار پایه مورد استفاده در صنعت پسته آمریکا، پایه *P. atlantica* و *P. integerrima* به ترتیب با صفر و ۳ درصد سرخشکیدگی ناشی از سرما مقاوم‌ترین پایه‌ها نسبت به سرمای زمستانه (۲۴- درجه سانتی‌گراد) شناخته شده‌اند. در صورتی که پایه‌های هیبرید #1 UCB و PGI به ترتیب ۷۹ و ۹۵ درصد سرخشکیدگی ناشی از سرما را نشان دادند (۱۹). در چندین تحقیق اثر پایه پسته بر روی مقاومت به خشکی و سرما مطالعه شده است (۲۰ و ۲۱). پایه *P. terebinthus* به عنوان مقاوم‌ترین پایه به سرما و خشکی شناخته شده است. در صورتی که *P. integerrima* حساس به سرما اما مقاوم به ورتیسیلیوم است (۲۰). تحقیقات مختلف روی سبب (۱۵) و هلو (۵۱) نشان داده است که پایه تاثیر مهمی بر روی رشد رویشی درخت دارد. تایید شده است که نوع پایه بر میزان نشت یونی درخت تحت تنش تاثیر دارد (۴۷). چندین روش برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به سرما استفاده می‌شود که شامل بررسی تراکم روزنه‌ای، فعالیت فتوسنتزی، اندازه روزنه‌ها، آزادسازی ترکیبات فنولی، آنالیز تمایز دمایی و نشت یونی هستند (۶). ارزیابی مقاومت گیاهان به سرما شامل مشاهدات ظاهری بافت‌ها بعد وقوع سرماردگی بوده و اعمال سرمای مصنوعی برای محاسبه میزان مقاومت اندام گیاه در مقابل سرماهای کشنده است (۳۸). از صفات فیزیولوژیکی قندهای محلول، پرولین، پروتئین کل، مالون دآلدئید و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برای تعیین مقاومت به سرما درخت بادام استفاده شده است (۳۲). در سرمزدگی بهاره وسیع سال ۱۳۸۷ تعدادی درخت متحمل به سرما در باغات سرما زده شهرستان سیرجان مورد شناسایی قرار گرفتند. بررسی‌های اولیه مشخص شد که باوجود یکنواختی نوع پیوندک در این باغ (رقم احمدآقایی)، تمامی پیوندک‌های موجود بر روی این درخت‌های متحمل به سرما بدون هیچ‌گونه علائم سرما زدگی بودند. بنابراین به نظر می‌رسد که مقاومت از طریق پایه به پیوندک‌ها القاء شده باشد. با توجه به اهمیت دستیابی به پایه مقاوم به سرما در پسته و ارزش بسیار بالای این پایه‌ها برای صنعت پسته کشور، ضرورت دارد که مقاومت آن‌ها به سرما مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. در صورت اثبات مقاومت آنها به سرما می‌توان در یک برنامه اصلاحی نسبت به تکثیر انبوه و در اختیار قراردادن آن‌ها برای مناطق پسته کاری اقدام کرد. با توجه به موارد ذکر شده هدف از این تحقیق بررسی اثر پایه در

1- Tolerant Rootstock

2- Sensitive Rootstock

3- Chilling Index

با استفاده از پیش ماده گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر تعیین شد (۴۳).

در نهایت تجزیه واریانس داده‌ها (ANOVA) توسط نرم افزار کامپیوتری SAS 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام گردید. قبل از تجزیه آماری داده‌ها از طریق $\text{ArcSin } \sqrt{x/100}$ نرمال شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر متقابل ژنوتیپ و دما بر روی صفات شاخص سرمازدگی، نشت یونی، قندهای محلول، پروتئین کل، پرولین، مالون دآلدهید، پراکسید هیدروژن و کاتالاز، اسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز در سطح یک درصد معنی دار شد. اما در پروتئین کل، اسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز در سطح پنج درصد معنی دار شد.

هیدرین و روش توسعه یافته بیت در طول موج ۵۱۵ نانومتر صورت گرفت (۱۰).

۴- قندهای محلول: برای اندازه گیری قندهای محلول از معرف آنترون استفاده شد. میزان جذب با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت محاسبه گردید (۲۹).

۵- پروتئین کل: برای سنجش غلظت پروتئین از معرف برادفورد در طول موج ۵۹۵ نانومتر تعیین شد (۱۱).

۶- پراکسید هیدروژن: مقدار پراکسید هیدروژن براساس واکنش H_2O_2 با پتاسیم پدید (KI) تعیین شد (۴).

۷- مالون دآلدهید: اندازه گیری غلظت مالون دآلدهید به روش هیت و پاکر تعیین شد (۲۴).

۸- فعالیت آنزیم ها: سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) براساس کاهش جذب آب اکسیژنه در طول موج ۲۴۰ نانومتر تعیین گردید (۱۷). فعالیت آنزیم سکوربات پراکسیداز (APX) براساس اکسیداسیون آسکوربیک اسید و کاهش در جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر اندازه گیری شد (۳۸). فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX)

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر دما و ژنوتیپ های مختلف پایه پسته روی برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در رقم احمدآقایی

Table 1- ANOVA for the effect of temperature and different genotypes of pistachio rootstocks on some physiological and biochemical traits in Ahmad Ahaghi

منابع تغییرات Source of variation	df	میانگین مربعات Mean square									
		شاخص سرمازدگی CI	نشت یونی Ionic leakage	قندهای محلول Soluble sugars	پروتئین کل Total protein	پرولین Prolin	مالون دآلدهید MDA	پراکسید هیدروژن H_2O_2	کاتالاز CAT	اسکوربات پراکسیداز APX	گایاکول پراکسیداز GPX
تکرار Replication	3	0.049 ns	2.713ns	1.023ns	0.026 ns	0.011ns	7.729ns	166.94 ns	0.020ns	ns 83.68	4.807ns
پایه Rootstock	7	** 2.88	**198.46	**1.023	**8.840	**1.535	**366.348	**2626.64	**2.103	**25679.1	**87.64
دما Temperature	1	**6.027	**127.97	**2.745	*0.181	**5.348	**1024	**9825.7	**0.173	**4726.5	516.4 ns
پایه × دما $p \times T$	7	**0.463	**9.906	**0.032	*0.089	**0.076	**205.643	*242.62	**3.474	**11634.9	*13.23
خطا Error	45	0.038	1.379	0.004	0.040	0.025	5.862	94.977	0.010	131.988	5.341
ضریب تغییرات %CV		10	1.68	2.56	3.3	2.66	14.06	12.11	2.98	4.68	17.38

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
Significant F-test at $**p < 0.01$, at $*p < 0.05$ and non-significant (ns)

سانتی گراد در تمامی پایه های حساس به سرما معنی دار بود در حالی که این شاخص در خصوص پایه های متحمل به سرما معنی دار نیست (شکل ۱).

نشت یونی پیوندک

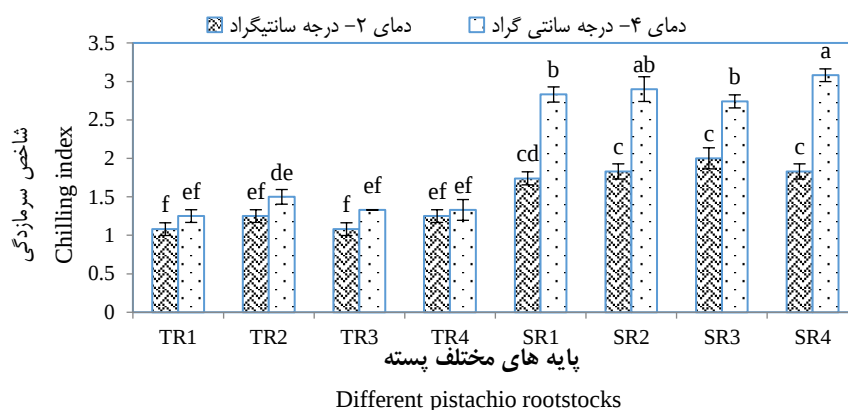
نتایج نشان داد که میزان نشت یونی در پایه های با ژنوتیپ متحمل به سرما به طور معنی داری پایین تر از پایه های حساس به سرما

شاخص سرمازدگی پیوندک

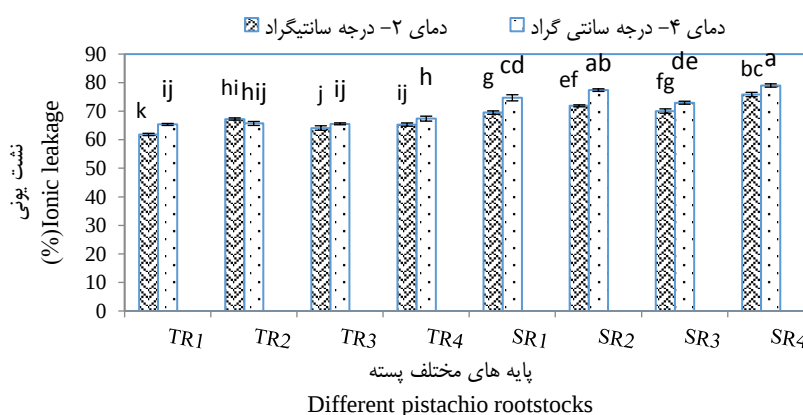
نتایج نشان داد که شدت سرمازدگی در پایه های با ژنوتیپ متحمل به سرما نسبت به پایه های حساس به سرما به طور معنی داری در دو دمای ۲- و ۴- درجه سانتی گراد کمتر است. تفاوت های بین پایه های متحمل به سرما معنی دار نبودند. بیشترین شاخص سرمازدگی مربوط به پایه SR4 مشاهده شد که با دو پایه SR1 و SR3 اختلاف معنی داری داشت. شاخص سرمازدگی بین دو دمای ۲- و ۴- درجه

در شرایط تنش یخ زدگی شدند (۳۴). همچنین گزارش شده که پایه‌های متحمل پسته نسبت به سرمای بهاره کمترین میزان نشت یونی را داشتند (۵). در این تحقیق با کاهش دما میزان نشت یونی افزایش یافت، به طوری که میزان نشت یونی به طور معنی داری در دمای ۴- درجه سانتی گراد بیش از ۲- درجه سانتی گراد بود (۵). مقدار نشت الکترولیت‌ها با شدت آسیب وارده بر سلول‌های گیاهی متناسب است (۷ و ۸).

بود. کمترین میزان نشت یونی مربوط به پایه‌های TR1 و TR3 بود که اختلاف معنی داری با سایر پایه‌ها داشتند. بیشترین میزان نشت یونی در پایه SR4 مشاهده شد که اختلاف آن با سایر پایه‌ها معنی دار بود (شکل ۲). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش مقدار نشت یونی حساسیت پایه به سرما بیشتر می‌شود. افزایش میزان نشت یونی برای اکثر گونه‌های حساس به یخ‌زدگی در نتایج سایر محققین نیز آمده است که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند (۸ و ۲۸). پایه‌های انگور مقاوم به سرما باعث میزان نشت یونی کمتری در پیوندک



شکل ۱- برهمکنش پایه‌های مختلف پسته × دما بر شاخص سرمازدگی پسته رقم احمدقایی (آزمون چند دامنه‌ای دانکن، $p < 0.05$)
Figure 1- Interaction effects of pistachio rootstocks × temperature on chilling index in pistachio cv. 'Ahmad-Aghai' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)



شکل ۲- برهمکنش پایه‌های مختلف پسته × دما بر میزان نشت یونی خوشه گل رقم احمدقایی (آزمون چند دامنه‌ای دانکن، $p < 0.05$)
Figure 2- Interaction effects of pistachio rootstocks × temperature on ionic leakage in flower cluster of pistachio cv. 'Ahmad-Aghai' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

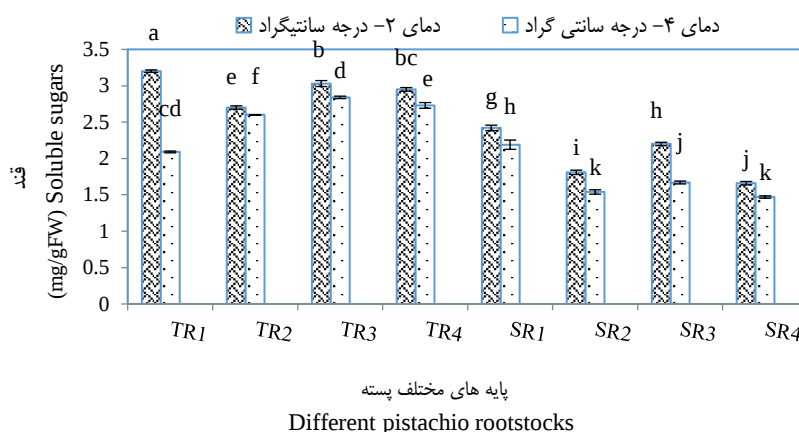
قندهای محلول پیوندک

نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌ها نشان داد که به طور کلی میزان قندهای محلول در پایه‌های با ژنوتیپ متحمل به سرما به طور معنی داری بیشتر از پایه‌های حساس به سرما بوده است. بیشترین قندهای محلول مربوط به پایه TR1 (۳/۲۰ میلی گرم بر گرم وزن

تازه) در دمای ۲- درجه سانتی گراد بود که اختلاف معنی داری با سایر پایه‌ها داشت. کمترین میزان قندهای محلول در پایه SR4 (۱/۴۸ میلی گرم بر گرم وزن تازه) در دمای ۴- درجه سانتی گراد مشاهده شد که اختلاف آن با سایر پایه‌ها معنی دار بود. میزان قندهای محلول در نمونه‌های تیمار شده در دمای ۲- درجه سانتی گراد به طور معنی داری

آن برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم استفاده نمود (۲۶، ۲۷، ۳۲، ۳۴ و ۴۱). قندها با افزایش غلظت محلول سیتوپلاسمی و به تأخیر انداختن تشکیل هسته یخ نقش مهمی را حفاظت سلول گیاهی ایفاء می‌کنند (۴۴).

بیش از ۴- درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۳). دلیل بالا بودن تحمل به سرما در پایه‌های با ژنوتیپ متحمل به سرما در تحقیق حاضر نیز می‌تواند افزایش میزان قندهای محلول و نقش آن‌ها در کاهش نقطه یخ‌زدگی سلول باشد. در بسیاری از گیاهان چوبی ارتباط بین غلظت قندهای محلول و مقاومت به سرما به اثبات رسیده است و می‌توان از



شکل ۳- برهمکنش پایه‌های مختلف پسته × دما بر میزان قندهای محلول خوشه گل رقم احمدآقایی (آزمون چند دامنه‌ای دانکن، $p < 0.05$)
Figure 3- Interaction effects of pistachio rootstocks × temperature on soluble sugars in flower cluster of pistachio cv. 'Ahmad-Aghaii' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

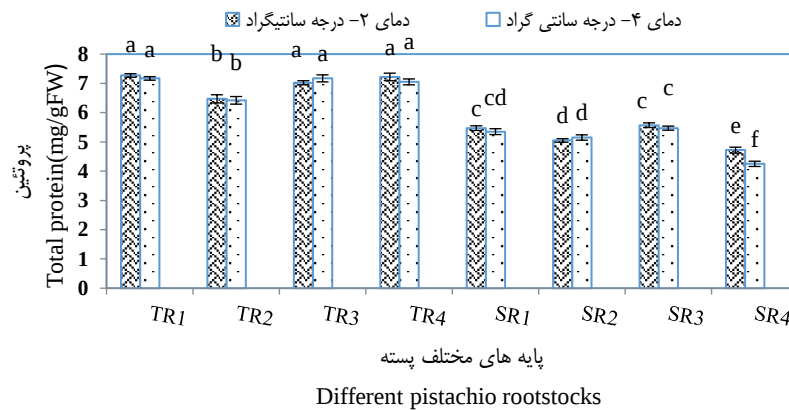
مقاوم به سرما نسبت به پایه‌های حساس در شرایط تنش سرمایی گزارش شده است (۴۵).

پرویلین پیوندک

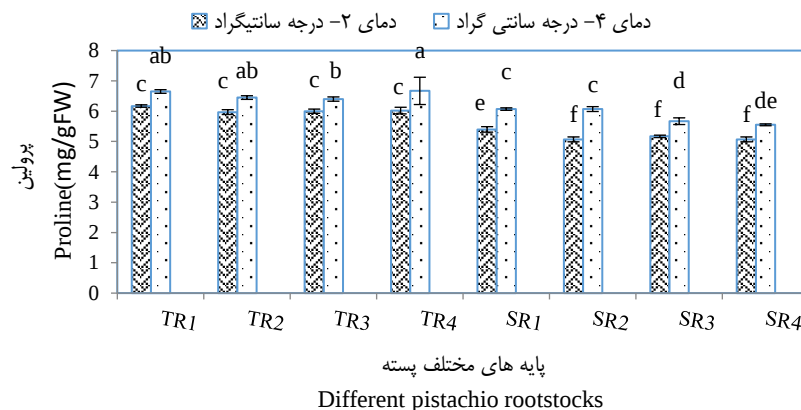
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین پایه‌های با ژنوتیپ متحمل به سرما و پایه‌های حساس به سرما از نظر میزان پرویلین وجود دارد. بیشترین میزان پرویلین در پایه TR3 (۶/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شد که البته اختلاف معنی‌داری با پایه‌های TR1 و TR2 نشان نداد. کمترین میزان پرویلین در پایه‌های SR4 (۵/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شد که اختلاف آن با پایه SR3 معنی‌دار نبود. میزان پرویلین در نمونه‌های تیمار شده در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری بیش از ۲- درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۵). پرویلین از مهمترین ترکیبات محلول سازگار است که سنتز آن تحت تنش سرما به میزان زیادی افزایش می‌یابد (۴۳). رابطه مستقیم بین مقاومت به سرما با پرویلین در در ارقام مختلف گیاهانی از جمله زردآلو (۱)، گردو (۲) و بادام (۳۲) نیز مشاهده شده است. در تحقیق حاضر نیز بالا بودن میزان پرویلین از طریق خنثی کردن گونه‌های اکسیژن فعال، تنظیم فشار اسمزی و کاهش پتانسیل آب و تثبیت ساختار پروتئین‌ها در پایه‌های با ژنوتیپ متحمل به سرما، باعث افزایش مقاومت به یخ‌زدگی شده است (۴۸).

پروتئین کل پیوندک

نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان پروتئین کل در پایه‌های با ژنوتیپ متحمل به سرما به‌طور معنی‌داری بیشتر از پایه‌های حساس به سرما بوده است. بیشترین پروتئین کل مربوط به پایه‌های TR1 (۷/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) و TR3 (۷/۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) و TR4 (۷/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) بود که اختلاف معنی‌داری با سایر پایه‌ها داشتند. کمترین میزان پروتئین کل در پایه SR4 (۴/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شد که اختلاف آن با سایر پایه‌ها معنی‌دار بود (شکل ۴). همان‌طوری که مشاهده می‌شود میزان پروتئین کل در ژنوتیپ پایه‌های متحمل نزدیک به دو برابر پایه حساس SR4 بوده است. افزایش میزان پروتئین‌ها نیز همانند محتوای قندهای محلول یکی از صفات سازگاری به تنش سرما محسوب می‌گردد (۴۹). در ژنوتیپ پایه‌های متحمل، افزایشی میزان پروتئین کل بعد از تنش مربوط به افزایش بیان ژن‌های دخیل در سنتز آنزیم‌های دفاعی است و میزان پروتئین کل افزایش می‌یابد (۳۳ و ۴۹). نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تجمع پروتئین‌ها می‌تواند یکی از دلایل مقاومت به سرما در رقم احمدآقایی پیوند شده بر روی پایه با ژنوتیپ متحمل باشد که با نتایج بدست آمده بر روی بادام (۳۲)، و پسته (۳۷) مطابقت دارد. افزایش میزان پروتئین‌ها در رقم پسته احمدآقایی پیوند شده روی پایه‌های



شکل ۴- برهمکنش پایه‌های مختلف پسته × دما بر میزان پروتئین گل خوشه رقم احمدقایی (آزمون چند دامنه‌ای دانکن، $p < 0.05$)
Figure 4- Interaction effects of pistachio rootstocks × temperature on total protein in flower cluster of pistachio cv. 'Ahmad-Aghaii' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$).



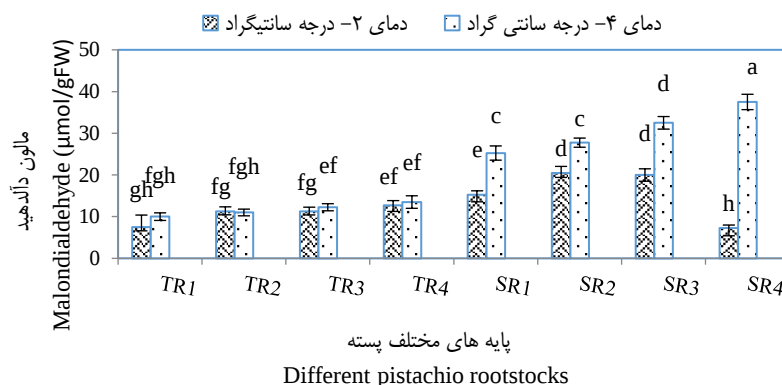
شکل ۵- برهمکنش پایه‌های مختلف پسته × دما بر میزان پرولین گل خوشه رقم احمدقایی (آزمون چند دامنه‌ای دانکن، $p < 0.05$)
Figure 5- Interaction effects of pistachio rootstocks × temperature on proline in flower cluster of pistachio cv. 'Ahmad-Aghaii' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

پایه‌های حساس به سرما با کاهش دما میزان مالون دآلدئید به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. میزان مالون دآلدئید در نمونه‌های تیمار شده در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری بیش از ۲- درجه سانتی‌گراد بود به‌طوری که پنج برابر ژنوتیپ پایه‌های متحمل به‌دست آمد (شکل ۶). مالون دآلدئید به‌عنوان یک نشانگر برای تشخیص مقدار صدمات اکسیداتیو به لیبیدها به‌کار می‌رود (۱۶) و همانند نشت یونی به‌عنوان شاخص آسیب غشایی برای اندازه‌گیری غیرمستقیم انسجام سلولی مورد توجه قرار گرفته است. بررسی منابع نشان داده است که در نهال‌های پسته تحت تنش یخ‌زدگی (۶- درجه سانتی-گراد) میزان مالون دآلدئید به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (۴) و در

مالون دآلدئید پیوندک

نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین پایه‌های با ژنوتیپ متحمل به سرما و پایه‌های حساس به سرما از نظر میزان مالون دآلدئید وجود دارد. کمترین میزان مالون دآلدئید در پایه TR1 (۷/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با پایه TR2 نداشته ولی با پایه‌های TR3 و TR4 و همچنین سایر پایه‌های حساس به سرما اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین میزان مالون دآلدئید در پایه SR4 (۳۷/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شد که اختلاف آن با سایر پایه‌ها معنی‌دار بود. در ژنوتیپ

پایه های متحمل به سرما میزان مالون دآلدهید کمتری دارند (۱۶، ۳۴ و ۴۲).

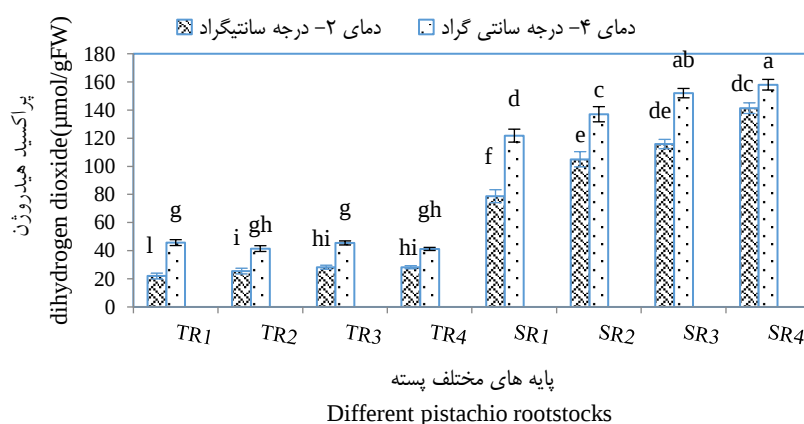


شکل ۶- برهمکنش پایه های مختلف پسته × دما بر میزان مالون دآلدهید خوشه گل رقم احمدآقایی (آزمون چند دامنه ای دانکن، $p < 0.05$)
Figure 6- Interaction effects of pistachio rootstocks × temperature on malon di-aldehyde (MDA) in flower cluster of pistachio cv. 'Ahmad-Aghaii' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

که با کاهش دما از ۲- درجه سانتی گراد به ۴- درجه سانتی گراد، میزان پراکسید هیدروژن به طور معنی داری افزایش می یابد. میزان پراکسید هیدروژن در پایه های با ژنوتیپ حساس چهار تا هفت برابر پایه های متحمل بود (شکل ۷). گزارش شده است که تنش سرما باعث افزایش میزان پراکسید هیدروژن در گیاهان تحت تنش می شود (۵۲) و میزان بیش از اندازه ای آن در سلول های گیاهی منجر به تنش اکسیداتیو می شود (۲۲). در این تحقیق، یکی از دلایل حساسیت رقم احمدآقایی پیوند شده روی پایه های حساس به سرما، افزایش میزان پراکسید هیدروژن و در نتیجه تغییر ساختار و نسبت لیپیدهای غشاء و در نتیجه افزایش نفوذپذیری غشاء آن ها می باشد (۱۴).

پراکسید هیدروژن پیوندک

نتایج مربوط به مقایسه میانگین ها نشان داد که تفاوت معنی داری بین پایه های با ژنوتیپ متحمل به سرما و پایه های حساس به سرما وجود دارد. کمترین میزان پراکسید هیدروژن در پایه های متحمل TR1، TR2، TR3 و TR4 در دمای ۲- درجه سانتی گراد مشاهده شد که اختلاف معنی داری با سایر پایه ها داشتند. بیشترین میزان پراکسید هیدروژن در پایه SR4 (۱۵۸ میکرومول بر گرم وزن تازه) در دمای ۴- درجه سانتی گراد مشاهده شد که اختلاف آن با سایر پایه ها (به جز SR3) معنی دار بود (شکل ۷). TR1 متحمل ترین پایه از نظر شاخص میزان پراکسید هیدروژن شناخته شد. همچنین نتایج نشان داد



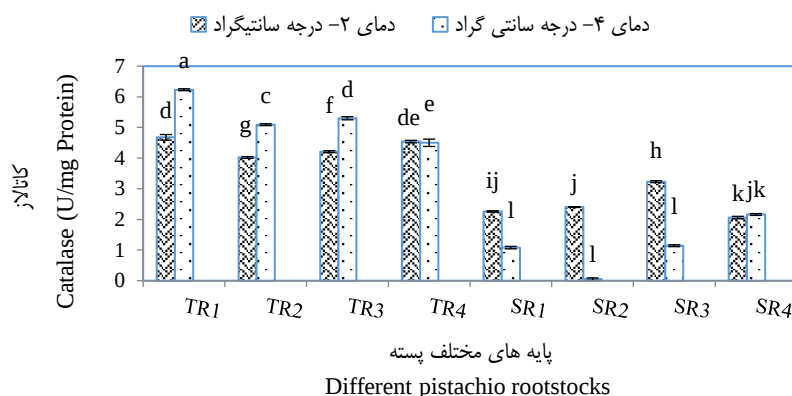
شکل ۷- برهمکنش پایه های مختلف پسته × دما بر میزان پراکسید هیدروژن خوشه گل رقم احمدآقایی (آزمون چند دامنه ای دانکن، $p < 0.05$)
Figure 7- Interaction effects of pistachio rootstocks × temperature on dihydrogen dioxide (H_2O_2) in flower cluster of pistachio cv. 'Ahmad-Aghaii' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

است. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به پایه TR1 (۶/۲۳) یونیت بر میلی گرم پروتئین) بود که اختلاف معنی داری با سایر پایه ها داشت. کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز در پایه های SR1 (۱/۰۸) یونیت بر میلی گرم پروتئین)، SR2 (۰/۰۵) یونیت بر میلی گرم پروتئین) و SR3 (۱/۱۴) یونیت بر میلی گرم پروتئین) مشاهده شد که اختلاف آن با سایر پایه ها معنی دار بود. در ژنوتیپ پایه های متحمل به سرما با کاهش دما، فعالیت آنزیم کاتالاز به طور معنی داری افزایش یافت. در صورتی که در ژنوتیپ پایه های حساس به سرما فعالیت آنزیم کاتالاز به جز در پایه SR4 با کاهش دما به طور معنی داری کاهش یافت (شکل ۸).

در درختان سیب پیوند شده روی پایه *Malus sieversii* مقدار رادیکال های سوپراکسید و پراکسید هیدروژن نسبت به درختانیکه که روی پایه *M. hupehensis* رشد کرده بودند تحت تنش خشکی کمتر بود (۳۳). همچنین در نهال های پسته تحت تنش یخ زدگی (۶- درجه سانتی گراد)، افزایش میزان پراکسید هیدروژن به طور معنی داری گزارش شده است (۱۲).

فعالیت آنزیم کاتالاز پیوندک

نتایج مربوط به مقایسه میانگین ها نشان داد که فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم احمدآقایی پیوند شده روی پایه های با ژنوتیپ متحمل به سرما به طور معنی داری بیشتر از پایه های حساس به سرما بوده



شکل ۸- برهمکنش پایه های مختلف پسته × دما بر میزان فعالیت کاتالاز خوشه گل رقم احمدآقایی (آزمون چند دامنه ای دانکن، $p < 0.05$)
Figure 8- Interaction effects of pistachio rootstocks and temperature on catalase (CAT) in flower cluster of pistachio cv. 'Ahmad-Aghaii' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

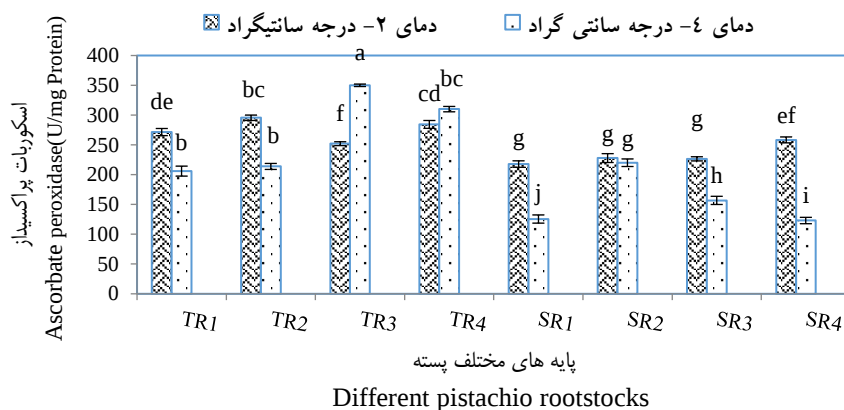
فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز پیوندک

نتایج مربوط به مقایسه میانگین ها نشان داد که فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در رقم احمدآقایی پیوند شده روی پایه های با ژنوتیپ متحمل به سرما به طور معنی داری بیشتر از پایه های حساس به سرما بوده است. بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز مربوط به پایه TR3 (۳۵۰) یونیت بر میلی گرم پروتئین) در دمای ۴- درجه سانتی گراد بود که اختلاف معنی داری با سایر پایه ها نشان داد. کمترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نیز در همین دما در پایه SR1 (۱۲۵/۵) یونیت بر میلی گرم پروتئین) مشاهده شد که اختلاف آن با سایر پایه ها معنی دار بود. در پایه TR3 با کاهش دما فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به طور معنی داری افزایش یافت (شکل ۹).

کاتالاز، اولین آنزیم آنتی اکسیدان کشف و شناسایی شده است. میزان پایه فعالیت آنزیم کاتالاز در گونه های گیاهی متفاوت می باشد. در طی دوره سرمادهی، فعالیت پایه نسبت به گونه گیاهی و مدت زمان طی شده از آغاز شرایط تنش سرما تغییر پیدا می کند (۳۶). برخی پژوهشگران بر نقش آنزیم کاتالاز در حذف پراکسید هیدروژن تحت تنش اکسایشی ناشی از سرما تاکید کرده اند (۳۰ و ۳۴). تاثیر نوع پایه زردآلو بر روی برخی صفات کمی و کیفی میوه نظیر وزن میوه، محتوای آنتی اکسیدانی و فنل کل که در مقاومت به تنشها نقش دارند، در پیوندک زردآلو ثابت شده است (۹). در تحقیق حاضر می توان احتمال داد که فعالیت بیشتر آنزیم کاتالاز در پایه های با ژنوتیپ متحمل باعث از بین رفتن و جلوگیری از آسیب های H_2O_2 می شود (۳۶).

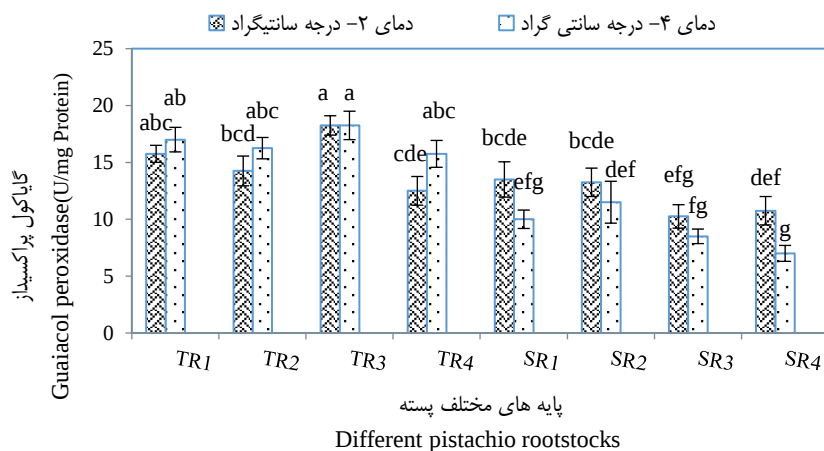
رابطه با آنزیم پراکسیداز نتایج آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که با کاهش دما، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به منظور جلوگیری از آسیب‌های وارده به گیاه ناشی از تنش سرما و تولید پراکسید هیدروژن افزایش می‌یابد (۳۱). همچنین در درختان سیب رشد کرده روی پایه

آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز ثبت گردید (۳۳). نتایج محققین دیگر بر روی سیب (۳۳)، توتون (۵۲) و بادام (۳۲) با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.



شکل ۹- برهمکنش پایه‌های مختلف پسته × دما بر میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز خوشه گل رقم احمدآقایی (آزمون چند دامنه‌ای دانکن، $p < 0.05$)

Figure 9- Interaction effects of pistachio rootstocks × temperature on Ascorbate peroxidase (APX) in flower cluster of pistachio cv. 'Ahmad-Aghaii' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)



شکل ۱۰- برهمکنش پایه‌های مختلف پسته × دما بر میزان فعالیت گایاکول پراکسیداز خوشه گل رقم احمدآقایی (آزمون چند دامنه‌ای دانکن، $p < 0.05$)

Figure 10- Interaction effects of pistachio rootstocks × temperature on guaiacol peroxidase (GPX) in flower cluster of pistachio cv. 'Ahmad-Aghaii' (Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)

فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز پیوندک نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌ها نشان داد که فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در ژنوتیپ پایه‌های متحمل به سرما به‌طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ پایه‌های حساس به سرما بوده است. بیشترین فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز مربوط به پایه TR3 (۱۸/۲۵) یونیت بر میلی گرم پروتئین (در هر دو دما بود. ژنوتیپ‌های متحمل به سرما اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نشان ندادند. کمترین فعالیت آنزیم

گایاکول پراکسیداز در پایه‌های SR4 (۷ یونیت بر میلی گرم پروتئین) و SR3 (۸/۵ یونیت بر میلی گرم پروتئین) مشاهده شد که اختلاف آن با سایر پایه‌ها معنی‌دار بود (شکل ۱۰). همچنین در ژنوتیپ پایه‌های متحمل به سرما فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز برعکس ژنوتیپ پایه‌های حساس در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای ۲- درجه سانتی‌گراد بود. گرچه در مورد هر دو گروه ژنوتیپ‌ها به جز SR4 تفاوت فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در دو دما معنی‌دار نبود (شکل

۱۰). تحقیقات دیگر، نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند (۳۵ و ۵۰). گزارش شده است که پایه پسته بر روی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی پیوندک تأثیر می‌گذارد. با اندازه‌گیری فنیل آلانین آمونیلایز به‌عنوان یک نشانگر بیوشیمیایی مشخص شد که در بین پایه‌های بنه، اهلی، سرخس و آتلانتیکا و سه رقم احمدآقایی، کله قوچی و اوحدی، بیشترین میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدان در گل و برگ‌های پیوندک احمدآقایی روی پایه بنه وجود دارد (۳۹).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با کاهش دما میزان خسارت به غشای سلول افزایش یافت. نتایج نشان داد که نوع پایه می‌تواند مقاومت به سرما را

منابع

- 1- Abedi B., Tafazol A., Rahimi M., Khaldabrin B., and Ganji A. 2010. Changes in sugars, starch, proline and inter-tissue water in cold weather in some cultivars of apricot (*Prunus armeniaca* L.). Journal of Horticultural Science, 4: 382-375. (In Persian with English abstract)
- 2- Afshar Mohammadian M., Rezaie S.h., and Ramezani Malekrudi M. 2012. Investigating the resistance of two olive cultivars to cold stress. Journal of Process and Plant Function, 2: 11-1. (In Persian with English abstract)
- 3- Afshari H., Hokmabadi H., Ebadi A., and Laee G. 2010. Measurement of chemical and non-chemical parameters of three native pistachio cultivars of damghan region (Iran) for studying spring frost. Asian Journal of Chemistry, 22(3): 2356.
- 4- Alexieva V., Sergiev I., Mapelli S., and Karanov E. 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. Plant, Cell and Environment, 24(12): 1337-1344.
- 5- Arab H., Hakamabadi H., and Tajbadipour A. 2014. Investigation of cold resistance in four pistachio rootstocks through ion leakage parameter and macroscopic observations. Graduate Student, Islamic Azad University, Jiroft Branch. (In Persian with English abstract)
- 6- Azzarello E., Mugnai S., Pandolfi C., Masi E., Marone E., and Mancuso S. 2009. Comparing image (fractal analysis) and electrochemical (impedance spectroscopy and electrolyte leakage) techniques for the assessment of the freezing tolerance in olive. Trees, 23: 159-167.
- 7- Bakht J., Bano A., Shafi M., and Dominy P. 2013. Effect of abscisic acid applications on cold tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy, 44: 10-21.
- 8- Barranco D., Ruiz N., and Gómez-del Campo M. 2005. Frost tolerance of eight olive cultivars. HortScience, 40(3): 558-560.
- 9- Bartolini S., Leccese A., Iacona C., Andreini L., and Viti R. 2014. Influence of rootstock on fruit entity, quality and antioxidant properties of fresh apricots (cv. 'Pisana'). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 42(4): 265-274.
- 10- Bates L.S. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil, 39: 205-207.
- 11- Bradford M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72(1-2): 248-254.
- 12- Brend A., Kalantari N., Nasibi F., and Rezandeh F. 2012. Physiological effects of arginine amino acid pre-treatment on induction of cold resistance in pistachio plant *Pistacia vera* under glassy conditions. Graduate Student of Shahid Bahonar University of Kerman. 99 pages. (In Persian with English abstract)
- 13- Carbonell-Barrachina Á.A., Memmi H., Noguera-Artiaga L., Gijón-López M.D.C., Ciapa R., and Pérez-López D. 2015. Quality attributes of pistachio nuts as affected by rootstock and deficit irrigation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(14): 2866-2873.
- 14- Chen B., Huang J., Wang J., and Huang L. 2008. Ultrasound effects on the antioxidative defense systems of *Porphyridium cruentum*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 61(1): 88-92.
- 15- 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.
- 16- Davey M.W., Stals E., Panis B., Keulemans J., and Swennen R.I. 2005. High throughput of malondialdehyde in plant. Analytical Biochemistry, 347: 201-207.

با افزایش میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین و افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدان در شاخه و برگ پیوندک بالا برد. باتوجه به بررسی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی انجام شده مشخص شد که رقم احمدآقایی پیوند شده روی پایه‌های متحمل به سرما دارای میزان قندهای محلول، پروتئین کل، پرولین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات‌پراکسیداز و گایاکول‌پراکسیداز بیشتر و دارای شاخص سرمازدگی، میزان نشت یونی، پراکسیدهایروژن و مالون‌دالدهید کمتر بودند که بیانگر خسارت وارده کمتر به غشای سلول و محتویات آن در مقایسه با رقم احمد آقایی پیوند شده روی پایه‌های حساس است. با در نظر گرفتن کلیه صفات مورد بررسی می‌توان پایه TR1 را متحمل ترین پایه به سرما معرفی نمود.

- 17- Dhindsa R.S., Dhindsa P., and Thorpe A.T. 1981. Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decrease levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, 32: 93-101.
- 18- Emmert F.H., and Howlett F.S. 1953. Electrolytic determinations of the resistance of fifty-five apple varieties to low temperatures. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 62: 311-318.
- 19- Ferguson L., and Buchner R. 1990. Relative cold tolerance of four unbudded pistachio seedling rootstocks. *HortScience*, 25(9): 1089-1089.
- 20- Ferguson L., Reyes H., Sanden B., Grattan S., Epstein L., and Krueger .2005. Pistachio rootstocks, in *Pistachio Production Manual*, ed. by Ferguson L Center for Fruit and Nut Research and Information, Davis, CA, pp. 67-73.
- 21- Gijon M.D., Gimenez C., Perez-Lopez D., Guerrero J., Couceiro J.F., and Moriana A. 2010. Rootstock influences the response of pistachio (*Pistacia vera* L. cv. Kerman) to water stress and rehydration. *Scientia Horticulturae* (Amsterdam), 125: 666-671.
- 22- Gill S.S., and Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48: 909-930.
- 23- Guy C.L. 1990. Cold acclimation and freezing stress tolerance: Role of protein metabolism. *Annual Reviews in Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41: 187-223.
- 24- Heath R.L., and Packer L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplast, kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125 (1): 189-198.
- 25- Hokmabadi H. 2016. Investigation of cold resistance in three commercial cultivars of pistachio Damghan and three major pistachio cultivars through ion leakage parameters. The final report of the research project of the Pistachio Research Institute of IRAN. 68 pages. (In Persian with English abstract)
- 26- Holt B.C. 2003. Substances which inhibit ice nucleation cryletters. *Horticultural Reviews*, 13: 215-237.
- 27- Honty K., Sárdi É., Stefanovits-Bányai É., and Tóth M. 2008. Frost induced changes in enzyme activities and carbohydrate content in the spurs of some pear cultivars during the dormancy. *International Journal Horticultural Science*, 14: 41-44.
- 28- Imani A., Barzegar K., and Piripireivatlou S. 2011. Relationship between frost injury and ion leakage as an indicator of cold hardiness in 60 almond selections. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 2(1): 22-26.
- 29- Irigoyen J.J., Einerich D.W., and Sánchez-Díaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84(1): 55-60.
- 30- Khorshidi M., Nojavan A.M. 2006. The effects of abscisic Acid and CaCl₂ on the activities of anti-oxidant enzymes under cold stress in maize seedlings in the dark. *Journal of Biological Sciences*, 9: 54-59.
- 31- Kim S.Y., Lim J.H., Park M.R., Kim Y.J., Park T.I., Seo Y. W., and Yun S.J. 2005. Enhanced antioxidant enzymes are associated with reduced hydrogen peroxide in barley roots under saline stress. *BMB Reports*, 38(2): 218-224.
- 32- Li B., Liu L.Q., Luo S.P., Li N., Li J., Cheng M.L., and Li L. 2012. Effects of low temperature stree on flower bud cold resistance of almonds. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 1: 002.
- 33- Liu B., Li M., Cheng L., Liang D., Zou Y., and Ma F. 2012. Influence of rootstock on antioxidant system in leaves and roots of young apple trees in response to drought stress. *Plant Growth Regulation*, 67(3): 247.
- 34- Lu J.X., Jiang H.Y., and Li W. 2012. Effects of low temperature stress on the cold resistance of rootstock and branch of wine grapes. *Journal of Fruit Science*, 29(6): 1040-1046.
- 35- Lučić B., Jovanović Ž., Radović S., and Maksimović V. 2009. Cold-induced response of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seedlings. *Archives of Biological Sciences*, 61(3): 3-4.
- 36- Lukatkin A.S. 2002. Contribution of oxidative stress to the development of cold-induced damage to leaves of chilling-sensitive plants: 2. the activity of antioxidant enzymes during plant chilling. *Russian Journal of Plant Physiology*, 49(6): 782-788.
- 37- Mansouri Dehsheebi R., Davari Nejad G.h., Hokmabadi H., and Tehranifar Z. 2011. Evaluation of changes in proline, total protein and soluble sugars during phonological stages of flower buds of Pistachio cultivars. *Journal of Horticulture (Agricultural Science and Technology)*, 25(2): 121-116. (In Persian with English abstract)
- 38- Mohácsy M., Maliga P., and Mohácsy M. 1959. The peach. Agriculture Publisher, Budapest. 397 p.
- 39- Nadernejad N., Ahmadi Moghadam A., Hossyinfard J., and Poorseyedi S. 2013. Effect of different rootstocks on PAL activity and phenolic compounds in flowers, leaves, hulls and kernels of three pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. *Trees*, 27(6): 1681-1689.
- 40- Nakano Y., and Asada K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast. *Plant and Cell Physiology*, 22: 867-880.
- 41- Palonen P., Buszard D., and Donnelly D. 2000. Changes in carbohydrates and freezing tolerance during cold acclimation of red raspberry cultivars grown *in vitro* and *in vivo*. *Physiologia Plantarum*, 110: 393-401.
- 42- Perveen S., Anis M., and Aref I.M. 2013. Lipid peroxidation, H₂O₂ content, and antioxidants during

- acclimatization of *Abrus precatorius* to ex vitro conditions. *Biologia Plantarum*, 57(3): 417-424.
- 43- Plewa M.J., Smith S.R., and Wagner E.D. 1991. Diethyldithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. *Mutation Res*, 247: 57-64.
- 44- Rodrigo J. 2000. Spring frost in deciduous fruit trees morphological damage and flower hardiness. *Scintia Horticulture*, 85: 155-173.
- 45- Salary Sorkhan R., Enteshari S., Hokmabadi H., and Tajabadipour A. 2011. Physiological evaluation of pistachio frost damage resistant rootstocks. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 2 (4): 55-66.
- 46- Sohrabi N., Hakam Abadi H., and Tajabadipour A. 2009. Freezing physiology in pistachio prees, Extension issue, Pistachio Research Institute of Iran. 35 p. (In Persian with English abstract)
- 47- Solari L., Johnson S., and Dejong T.M. 2006. Hydraulic conductance characteristics of peach (*Prunus persica*) trees on different rootstocks are related to biomass production and distribution. *Tree Physiology*, 26: 1343-1350.
- 48- Szabados L., and Savoure A. 2009. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science*, 15 (2): 89-97.
- 49- Vítámvás P., and Prášil I.T. 2008. WCS120 protein family and frost tolerance during cold acclimation, deacclimation and reacclimation of winter wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46(11): 970-976.
- 50- Wang W.B., Kim Y.H., Lee H.S., Yong Kim K., Deng X., and Wak S.K. 2009. Analysis of antioxidant enzymes activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 47(7): 570-577.
- 51- 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
- 52- Xu S-C., Yong-Ping L., Hu J., Ya-Jing G., Yun-ye Z., and Shui-jin Z. 2010. Responses of antioxidant enzymes to chilling stress in tobacco seedlings. *Agricultural Sciences in China*, 9(11): 1594-1601.



Evaluation of Physiological and Biochemical Changes of Pistachio (*Pistacia vera* L. cv. Ahmad-Aghaii) on Cold Tolerant and Sensitive Rootstocks under Freezing Stress Conditions

A. Tajabadipour¹- M.R. Fattahi Moghadam² - Z. Zamani³- F. Nasibi⁴- H. Hokmabadi⁵

Received: 09-01-2018

Accepted: 01-09-2018

Introduction: Spring cold injury is one of the main limiting factors to production and distribution of pistachio. Pistachio is one of the most valuable and exported agricultural crops of Iran. Since, spring frosts results to considerable damage to this plant, hence, it is important to investigate methods for reducing freezing damage. For this reason, selection of rootstocks and cultivars are an important objective in breeding programs. Freezing temperatures (below 0°C) cause the movement of water from the protoplast to the extracellular space, resulting in the growth of extracellular ice crystals and ultimately, cell dehydration. Plants have developed complex processes to survive and recover from unfavorable conditions. To tolerate cold stresses, plants develop multiple mechanisms, including the accumulation of cryoprotective molecules and proteins, alterations in membrane lipid composition, and primary and secondary metabolite composition, as well as changes in global gene and protein expression. Frost affects cell membranes, which become less permeable, and even break, giving rise to the leakage of solute from damaged cells. There is often a good correlation between ion leakage and freezing tolerance (22). Sugars may depress the freezing point of the tissue and act as a nutrient and energy reserve, alter phase properties of membranes in the dry state and act as cryoprotectants to preserve protein structure and function. Other compounds acting similarly are lipids, soluble proteins and free proline (44). Proline seems to have diverse roles under osmotic stress conditions, such as stabilization of proteins, membranes and subcellular structures and protecting cellular functions by scavenging reactive oxygen species (23). The aim of the present study was to evaluate different degrees of sensitivity to low temperatures in different genotypes and 'Ahmad-Aghaii' cultivar in relation to physiological and biochemical changes in field conditions.

Materials and Methods: In order to determine the effects of rootstock on pistachio cultivar 'Ahmad-Aghaii' under freezing stress conditions, an experiment was carried out as factorial based on a randomized completely design (RCD) with four replications. Treatments consisted of two levels: 1- rootstock genotype (four cold sensitive and tolerant rootstocks) and 2- temperatures (-2 and -4 °C). The sampling was performed in full bloom stage from apical branches of pistachio cultivar 'Ahmad-Aghaii' budded on these rootstock genotypes. The branches in pots contain distilled water treated under -2 and -4 °C for 2 h. After treatment, the chilling index was determined. Flower clusters were used for measuring physiological and biochemical parameters. All determinations were carried out in four triplicates and data were subjected to analysis of variance. Analysis of variance was performed using the ANOVA procedure. Statistical analyses were performed according to the SAS software. Significant differences between means were determined by Duncan's multiple range tests. P values less than 0.05 were considered statistically significant.

Results and Discussion: The results showed that chilling index was significantly lower in the cold-tolerant rootstocks than cold-sensitive rootstocks at -2 and -4 °C. Also, Results indicated that electrolyte leakage, hydrogen peroxide (H₂O₂) and malondialdehyde (MDA) were significantly lower in tolerant rootstocks than sensitive ones. The content of soluble carbohydrate, total protein and proline were significantly higher in tolerant rootstocks than sensitive ones. The activity of anti-oxidant enzymes ascorbate peroxidase (APX), guaiacol peroxidase (GPX) and catalase (CAT) in tolerant rootstocks was greater than sensitive rootstocks. The reaction

1- Assistant Professor, Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran

(*- Corresponding Author Email: tajabadi@pri.ir)

2 and 3- Professors, Horticultural Science and Landscape Department, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Associate Professor, Biology Department, Faculty of Science, University of Shahid Bahonar, Kerman, Iran

5- Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Damghan Pistachio Research Station Shahrood-Iran

of temperature and rootstock indicated that electronic leakage, proline, H_2O_2 , and MDA significantly increased in $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. The activity of anti-oxidant enzymes APX, GPX and CAT decreased in $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ as compared to $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ especially in cold-sensitive rootstocks. Some researchers believe that the accumulation of proline is as an index to select the drought-resistance varieties (26, 48). Stated that there was no comprehensive information about the relationship between the accumulation of proline and tension resistance. Research on apricot and peach confirmed the results of the present study because this pattern is also seen in their proline level (26 and 41). While the starch concentration decreases during the dormancy, the amount of proline increases which is in accordance with their results (36).

Conclusions: In this study, the damage of the membrane increased with decreasing temperature. The results showed that the rootstocks could increase the resistance to cold by increasing the amount of soluble sugars, protein, proline and the activity of the antioxidant system in the shoots and leaves of the scion. Regarding physiological and biochemical studies, it was determined that 'Ahmad-Aghaii' cultivar budded on cold tolerant rootstocks had higher soluble sugars, total protein, proline and CAT, APX and GPX enzymes activity and had less chilling index, ion leakage, H_2O_2 and MDA, which indicates less damage to the membrane of the cell and its contents compared with the cultivar 'Ahmad-Aghaii' budding to sensitive rootstocks. Consequently, the findings of this study selected TR1 as the most tolerant rootstock compared to other ones.

Keywords: Antioxidant enzymes, Cold tolerance, Pistachio, Rootstock



اثر برخی اکسین‌های مصنوعی روی عملکرد و بازارپسندی چهار رقم آلو

نیازقلی فیروزبخت^۱ - مهدی رضائی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶

چکیده

اندازه میوه نقش مهمی در بازارپسندی و قیمت میوه آلو ژاپنی دارد. به منظور بهبود اندازه میوه آلوهای ژاپنی، اثرات محلول‌پاشی دو اکسین مصنوعی NAA (۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و 2,4-D (۱۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) در یک آزمایش اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در چهار رقم آلو ژاپنی (قطره‌طلا، شابلون‌های زودرس، میان‌رس و دیررس) در باغ تجاری شرکت کشاورزی ران در استان گلستان طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت. صفات طول، قطر، نسبت طول به قطر و وزن میوه، عملکرد، کارایی عملکرد و درصد میوه درجه یک و دو ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که اکسین‌های مصنوعی باعث افزایش معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در اندازه میوه آلو ژاپنی شدند. ارقام آلو پاسخ‌های متفاوتی در مقابل تیمارهای محلول‌پاشی نشان دادند. محلول‌پاشی 2,4-D و NAA به صورت میانگین عملکرد در هر درخت را در ارقام شابلون زودرس، میان‌رس، دیررس و قطره طلا به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۲۸ و ۳۴ درصد افزایش داد. تنظیم‌کننده‌های رشدی اکسینی باعث افزایش اندازه میوه و عملکرد میوه آلو ژاپنی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آلو ژاپنی، تنظیم‌کننده رشد، کارایی عملکرد، NAA، 2,4-D

مقدمه

بیش از ۵۰ سال است که اکسین‌های مصنوعی دارای کاربردهای تجاری هستند (۱۱). محلول‌پاشی با اکسین مصنوعی^۳ (3, 5, 6-TPA) در غلظت‌های بین ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر در مرکبات، هلو و لیچی به طور قابل توجهی اندازه میوه را افزایش می‌دهد (۱، ۴ و ۲۲). سان (۱۸) تنک دستی و شیمیایی را روی اندازه میوه زردآلو بررسی نمود و در نهایت گزارش کرد تنک دستی ۷۰ درصدی، محلول‌پاشی^۴ NAA و کاربایل مؤثرترین تیمارها در افزایش اندازه و کیفیت میوه زردآلو هستند. این محقق علت چنین اثری را در قدرت اکسین مصنوعی در جهت افزایش تقسیم سلولی، قدرت رشد میوه و تبدیل نمودن میوه به مخزن قوی جذب مواد غذایی معرفی کرد. استفاده از اکسین مصنوعی 3,5,6-TPA^۵ اندازه میوه و عملکرد در زردآلو رو به طور قابل توجهی افزایش داد (۶). محلول‌پاشی^۶ 2,4-DP با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر روی نارنگی سبب افزایش اندازه میوه های آن گردید (۲). ارزانی و اخلاقی امیری (۵) در پژوهشی نشان دادند که محلول‌پاشی با NAA و 2,4-D^۷ باعث افزایش اندازه و

اندازه بزرگ در میوه‌های آلو ژاپنی یک ویژگی‌های مهم در کیفیت و بازارپسندی این میوه محسوب می‌شود (۲۱). میوه‌های ریز، معمولاً از قیمت بالایی برخوردار نبوده و سود چندان را برای کشاورز به دنبال نخواهد داشت. روش‌های زیادی در دنیا جهت افزایش اندازه میوه برای میوه‌های هسته‌دار به کار برده شده است. از این میان می‌توان به تنک کردن گل و میوه و باقی گذاشتن تعداد کمتری میوه روی درخت اشاره کرد تا آنکه میوه‌های بزرگ‌تری حاصل گردد (۷). چنین روش‌هایی در مساحت‌های کوچک شاید قابل اجرا باشند ولی در مساحت‌های و باغات تجاری بزرگ به دلیل افزایش هزینه‌ها و مسایل کارگری قابل اجرا نیستند. تحت این شرایط روش‌های دیگر که سرعت عمل دارند و همچنین باعث کاهش هزینه‌ها می‌شوند از اهمیت زیادی برخوردار خواهند شد. کاربرد اکسین‌های مصنوعی یکی از این روش‌هاست (۱۳). امروزه اکسین‌های مصنوعی کاربردهای زیادی در باغات تجاری دنیا دارند و افزایش اندازه میوه و بهبود رشد میوه از جمله مهم‌ترین این کاربردها است (۳ و ۱۹).

3- 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid (TPA)
4- 1-Naphthaleneacetic acid
5- 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid
6- 2,4-dichlorophenoxypropionic acid
7- 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid

۱ و ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(Email: Mhrezaei@shahroodut.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i3.70390

پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در باغ تجاری ۶۰ هکتاری واحد اسکویی شرکت کشاورزی ران واقع در کیلومتر ۳ جاده کلو پلیس راه آزادشهر در استان گلستان با مشخصات جغرافیایی ($37^{\circ}00'00''N$ $54^{\circ}53'29''E$) انجام شد. درختان شش ساله با سیستم جامی روی پایه میروبالان C ۲۹ تربیت شده بودند. آبیاری درختان هر شش روز و با سیستم آبیاری قطره‌ای انجام گردید. کوددهی و سم‌پاشی معمول بروی آن‌ها انجام می‌شد. هر کرت آزمایشی شامل دو درخت با قطر تنه نسبتاً یکسان بود. فاکتور اصلی شامل چهار رقم آلودگی ژاپنی و فاکتورهای فرعی شامل تیمارهای اکسین مصنوعی شامل NAA در سه سطح (۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر) و 2,4-D در سه سطح (۰، ۱۰ و ۳۰ میلی گرم بر لیتر) بودند. هر دو اکسین مصنوعی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. ارقام آلو از چهار رقم مهم منطقه با نام‌های قطره‌طلا، شابلون زودرس، میان‌رس و دیررس انتخاب گردید.

زمان و نحوه محلول‌پاشی

محلول‌پاشی‌ها در زمان اوایل مرحله سخت شدن هسته از حدود بین ۳۰ تا ۴۰ روز پس از تمام گل (قطر میوه حدود ۲ سانتی‌متر) انجام شد (۱۹). زمان دقیق برای محلول‌پاشی در هر رقم با برش میوه های تصادفی در هر رقم و مشخص شدن مرحله سخت شدن هسته تعیین گردید. جهت محلول‌پاشی از سم‌پاش ۲۰ لیتری پشتی استفاده شد. برای هر درخت تقریباً ۲/۵ الی ۳ لیتر محلول هورمونی استفاده گردید. جهت حل نمودن هورمون‌ها ابتدا میزان هورمون مورد نظر را در مقداری هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال حل کرده و سپس به حجم رسانیده شد.

صفات مورد اندازه‌گیری

برای اندازه‌گیری عملکرد هر درخت، به دلیل اینکه میوه‌ها به تدریج در سه مرحله و در مرحله رسیدگی کامل برداشت می‌شدند؛ میوه‌های رسیده درخت در هر مرحله برداشت شد، به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم توزین و برای آن درخت یادداشت می‌شد. در نهایت پس از اتمام برداشت میوه، مقادیر یادداشت شده برای هر درخت با یکدیگر جمع شد و به عنوان عملکرد هر درخت در نظر گرفته شد. کارایی عملکرد از تقسیم عملکرد هر درخت بر سطح مقطع عرضی تنه به دست آمد (۱۳). جهت اندازه‌گیری سطح مقطع تنه، ابتدا محیط تنه با یک متر پارچه‌ای به دست آمد و با به دست آوردن شعاع سطح مقطع بر اساس مساحت دایره محاسبه گردید.

طول و قطر میوه‌ها به وسیله کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری این دو صفت، برای هر درخت ۱۰ میوه اندازه‌گیری و سپس میانگین‌گیری شد. نسبت طول به قطر میوه نیز از تقسیم طول میوه به قطر آن به دست آمد.

کیفیت میوه نارنگی انشو می‌شود و اثر NAA بر اندازه و کیفیت میوه مشهودتر از 2,4-D است. استرن و همکاران (۲۱)، اثر محلول‌پاشی اکسین‌های مصنوعی 2,4,5 TPA، 6,5,3 TP و ترکیب 2,4-D با NAA روی اندازه میوه پنج رقم آلودگی ژاپنی بررسی و نشان دادند که همه منابع اکسینی باعث افزایش اندازه و کیفیت میوه آلو ژاپنی نسبت به درختان شاهد شدند و بهترین نتیجه از ترکیب 2,4-D به علاوه NAA به دست آمد. راسو و همکاران (۱۶) با بررسی میوه و آب‌میوه مرکباتی که با 2,4-DP محلول‌پاشی کردند نشان دادند که در بافت میوه‌ها در زمان برداشت هیچ غلظتی از هورمون مصرفی مشاهده نشد و غلظت هورمون در پوست میوه بسیار کمتر از حد مجاز آن است. نفتالین اسید استیک به عنوان یک عامل تنک کننده میوه شناخته شده است (۱۳). کاربرد NAA پس از شکوفایی سرعت فعالیت‌های متابولیکی را در طی نمو جنین تحت تأثیر قرار می‌دهد که از رشد میوه جلوگیری می‌کند و همچنین باعث تحریک تولید اتیلن می‌شود و باعث تحریک ریزش میوه ضعیف می‌شود (۶ و ۸). نفتالین استیک اسید برای بهبود کیفیت و اندازه میوه زیتون به صورت تجاری در صنعت تولید زیتون در کالیفرنیا استفاده می‌شود (۸). در یک کار پژوهشی برای اثر تنظیم‌کننده‌های رشدی روی اندازه و کیفیت میوه انار مشخص شد که 2,4-D در غلظت ۳۰ تا ۴۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش معنی‌دار اندازه میوه و عملکرد میوه انار می‌شود (۱۲). پژوهش‌های اخیر نشان داده است که اکسین‌ها علاوه بر اتیلن در فرآیند رسیدن میوه آلو نقش دارند. اکسین‌ها دوره رسیدگی میوه را در آلو افزایش می‌دهند ولی از طرف دیگر طول عمر انبارمانی آن را کاهش می‌دهند (۱۰).

استان گلستان با برخورداری از سطح زیر کشتی معادل ۱۹۹۵ هکتار آلودگی قطره‌طلا و ۱۳۲۸ هکتار سایر آلوها، چهارمین تولیدکننده اصلی آلو از لحاظ سطح زیر کشت پس از استان‌های فارس، خراسان رضوی و اذربایجان غربی می‌باشد (۱۹). با این حال به دلیل دمای بالا در تابستان در استان گلستان برای میوه آلو، شرایط نامناسبی را برای رسیدن میوه‌ها به ابعاد تجاری فراهم نموده و از این منظر زیان مالی فراوانی به باغداران تحمیل می‌گردد. از این رو ضرورت انجام پژوهشی در جهت افزایش اندازه و کیفیت میوه آلو در استان گلستان احساس می‌شد؛ از طرف دیگر کار چندانی روی اثر اکسین‌های مصنوعی برای افزایش اندازه و کیفیت میوه آلو در ایران انجام نشده است. لذا در این پژوهش سعی شده است تا اثرات دو اکسین مصنوعی روی خصوصیات کمی و کیفی میوه آلو ژاپنی بررسی شود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایشی

این پژوهش به صورت آزمایش اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح

جهت اندازه‌گیری درصد میوه‌های درجه‌یک خصوصیات چگون میوه‌های درشت با وزن بالا، داشتن رنگ درخشان و بدون آسیب‌دیدگی و بیماری در نظر گرفته شد. اندازه میوه درجه یک بسته به نوع رقم و عرف بازار متفاوت بود، برای رقم قطره‌طلا ۶۰ گرم به بالا و برای سایر ارقام ۹۵ گرم به بالا در نظر گرفته شد. میوه‌های درجه دو دارای اندازه متوسط و آسیب‌دیدگی ظاهری کمتر از ۱۰ درصد بودند. وزن میوه‌های درجه‌دو برای رقم قطره‌طلا ۴۰ تا ۶۰ گرم و برای سایر ارقام ۸۰ تا ۹۵ گرم در نظر گرفته شد.

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS 9.1 و محاسبه مقایسه میانگین‌ها به‌وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. رسم نمودارها در نرم‌افزار صفحه گسترده Excel صورت گرفت.

نتایج

اندازه و شکل میوه

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با تنظیم‌کننده‌های رشدی باعث افزایش معنی‌دار طول و قطر میوه گردید (جدول ۱). ارقام به لحاظ طول میوه اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. رقم قطره‌طلا کمترین طول میوه به میزان ۴/۶۷ سانتی‌متر در تیمار شاهد نشان داد که

اختلاف آماری معنی‌داری با سایر ارقام داشت (جدول ۲). رقم شابلون دیررس بیشترین میزان طول و عرض میوه را داشت (جدول ۲). در میوه‌ها مناطق معتدله معمولاً ارقام دیررس میوه‌های بزرگتری نسبت به ارقام زودرس تر دارند (۱۳). در رقم شابلون زودرس طول و عرض میوه در محلول‌پاشی ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA افزایش داشت ولی به لحاظ آماری با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱). در رقم شابلون دیررس برخلاف روند مشاهده شده در سایر ارقام بیشترین طول و عرض میوه به ترتیب به میزان ۶/۳۵ و ۶/۰۲ سانتی‌متر در محلول‌پاشی ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به تنهایی به دست آمد (جدول ۲). در رقم شابلون میان‌رس بیشترین طول میوه در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به تنهایی به میزان ۶/۳۲ سانتی‌متر و همچنین در ترکیب با تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA به میزان ۶/۳۰ سانتی‌متر به دست آمد. در این رقم بیشترین میزان عرض میوه نیز در ترکیب محلول‌پاشی ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA مشاهده شد هر چند به لحاظ آماری عرض میوه اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA به تنهایی نشان نداد (جدول ۲). در رقم قطره‌طلا بیشترین میزان طول و عرض میوه در محلول‌پاشی ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA به دست آمد که فقط اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار بدون محلول‌پاشی (شاهد) در این رقم داشت (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اکسین‌های مصنوعی NAA و 2, 4-D بر عملکرد و بازارپسندی میوه چهار رقم آلو ژاپنی
Table 1- ANOVA of synthetic auxins (NAA and 2, 4-D) effects on yield and fruit marketability in four Japanese plum cultivars

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	نسبت طول به عرض میوه L/D	وزن میوه Fruit weight	عملکرد Yield	میانگین مربعات Mean square		
							کارایی عملکرد Yield efficiency	درصد میوه‌های درجه یک Percentage of first class fruits	درصد میوه‌های درجه دو Percentage of second class fruits
Block بلوک	3	0.12	0.07	0.01	29.64	0.004	15.63	8.39	11.98
NAA	2	0.09 ^{ns}	0.20**	0.01 ^{ns}	1533.7**	0.02**	62.86**	62.96**	72.27**
2,4-D	2	0.48**	0.43**	0.02 ^{ns}	440.3**	0.07**	110.26**	1.21 ^{ns}	0.86 ^{ns}
Cultivar (C) رقم	3	7.63**	7.40**	0.17**	1172.8**	0.5**	853.31**	88**	87.04**
2,4-D × NAA	4	0.63**	0.37**	0.01 ^{ns}	95*	0.03**	27.61**	29.77**	26.60**
C × NAA	6	0.28**	0.21**	0.04**	417.7**	0.06**	67.72**	33.45**	30.50**
C × 2,4-D	6	0.15 ^{ns}	0.09*	0.02 ^{ns}	303.7**	0.04**	55.84**	31.46**	34.38**
C × 2,4-D × NAA	12	0.15*	0.07*	0.03 ^{ns}	296.5**	0.06**	32.57**	14.73**	18.96**
Error خطا	105	0.07	0.03	0.02	30.48	0.044	4.90	4.76	5.76
CV ضریب تغییرات	-	4.78	3.65	3.96	6.16	11.03	8.16	3.13	12.95

** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد، ^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار

** Significant at $p < 0.01$, * Significant at $p < 0.05$, ns: not significant

جدول ۲- اثر محلول پاشی اکسین های مصنوعی NAA و 2, 4-D بر عملکرد و بازاریابی میوه چهار رقم آلوی ژاپنی

Table 2- Effect of foliar spray of synthetic auxins (NAA and 2, 4-D), yield and fruit marketability in four Japanese plum cultivars

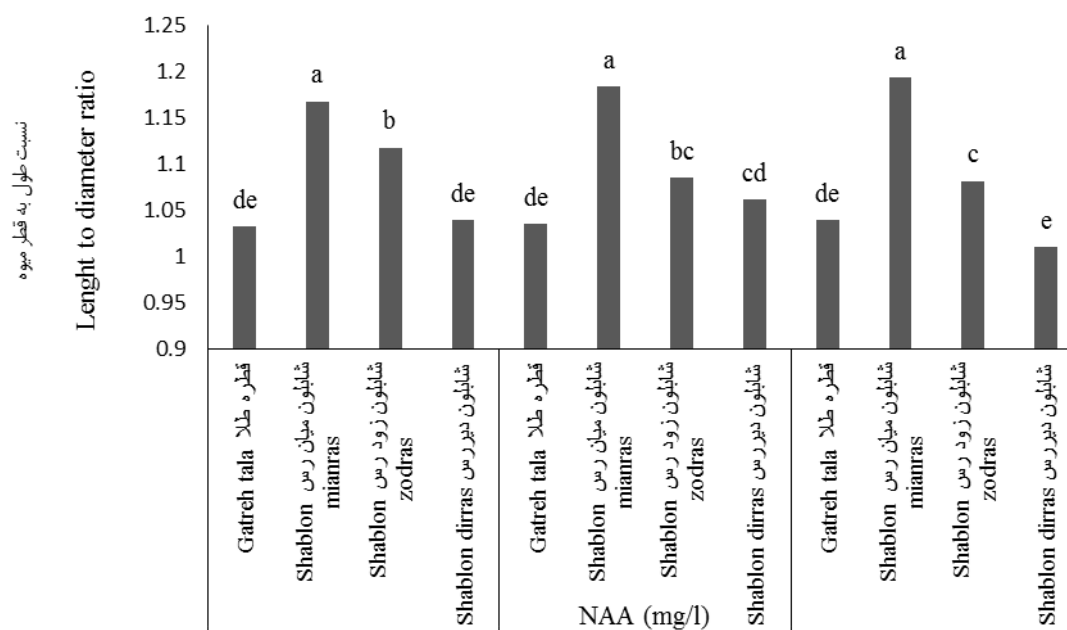
رقم Cultivar	2, 4 D (mg/l)	NAA (mg/l)	طول میوه Fruit length (cm)	عرض میوه Fruit width (cm)	وزن میوه Fruit weight (g)	عملکرد Yield (kg/ tree)	کارایی عملکرد Yield efficiency (kg/cm ²)	درصد میوه های درجه یک Percentage of first class fruits	درصد میوه های درجه دو Percentage of second class fruits
شابلون زودرس Shablon Zodras	0	0	5.5 ^{efg}	4.62 ^{jk}	93.75 ^{f-i}	17.25 ⁿ	0.13 ^{kl}	67.26 ^{j-m}	20.67 ^{a-e}
		300	5.62 ^{de}	4.82 ^{ijk}	105.8 ^{bcd}	22.25 ^{klm}	0.12 ^l	68.46 ^{h-l}	19.65 ^{c-g}
		400	5.7 ^{cde}	4.72 ^{ijk}	109.1 ^{bc}	22.25 ^{lm}	0.12 ^l	67.93 ^{i-m}	19.92 ^{c-g}
	10	0	5.67 ^{de}	4.82 ^{ijk}	93.8 ^{f-i}	17.5 ⁿ	0.14 ^{jkl}	70.83 ^{b-j}	17.94 ^{d-j}
		300	5.52 ^{efg}	4.75 ^{ijk}	108.6 ^{bc}	25 ^{i-l}	0.17 ^{g-j}	68.94 ^{e-l}	19.36 ^{c-i}
		400	5.65 ^{de}	4.72 ^{ijk}	103.32 ^{b-e}	20 ^{mn}	0.13 ^{kl}	69.6 ^{d-k}	18.02 ^{d-j}
	30	0	5.45 ^{efg}	4.8 ^{ijk}	92.1 ^{g-j}	17.25 ⁿ	0.16 ^{g-k}	68.03 ^{i-m}	19.97 ^{c-f}
		300	5.6 ^{def}	4.6 ^{jk}	100.8 ^{c-g}	19.25 ^{mn}	0.13 ^{kl}	68.95 ^{e-l}	19.47 ^{c-h}
		400	5.8 ^{b-e}	4.92 ^{hij}	100.9 ^{b-g}	22.5 ^{lm}	0.19 ^{f-i}	65.6 ^{lm}	21.85 ^{a-d}
شابلون میانرس Shablon Mianras	0	0	5.17 ^{fgh}	4.67 ^{ijk}	89.17 ^{hij}	25 ^{i-l}	0.17 ^{g-j}	68.41 ^{h-l}	19.63 ^{c-g}
		300	5.8 ^{b-e}	5.17 ^{fgh}	97.05 ^{d-h}	27.25 ^{f-j}	0.18 ^{g-j}	71.96 ^{b-h}	16.25 ^{f-j}
		400	6.05 ^{a-d}	5.52 ^{cde}	103 ^{b-e}	31.75 ^{de}	0.23 ^{cd}	68.71 ^{f-l}	19.52 ^{c-h}
	10	0	5.82 ^{b-e}	5.27 ^{def}	89.02 ^{hij}	29 ^{d-h}	0.19 ^{e-h}	68.62 ^{g-l}	19.51 ^{c-h}
		300	5.55 ^{efg}	5.22 ^{efg}	101.97 ^{b-f}	30.25 ^{d-g}	0.22 ^{de}	67.7 ^{j-m}	20.14 ^{b-f}
		400	5.77 ^{b-e}	5.47 ^{c-f}	105.07 ^{b-e}	32.37 ^{cd}	0.19 ^{f-i}	68.71 ^{g-l}	19.49 ^{c-h}
	30	0	6.32 ^a	5.55 ^{cd}	110.05 ^b	32.25 ^{cd}	0.24 ^{cd}	69.15 ^{e-l}	18.68 ^{d-i}
		300	5.75 ^{cde}	5.37 ^{def}	84.5 ^j	32 ^{cd}	0.23 ^{cd}	72.4 ^{b-f}	15.74 ^{g-j}
		400	6.3 ^a	5.75 ^{abc}	134.77 ^a	40.75 ^a	0.38 ^a	64.73 ^m	23.15 ^{abc}
شابلون دیررس Shablon Dirras	0	0	5.57 ^{efg}	5.37 ^{def}	85.12 ^{ij}	27.87 ^{f-i}	0.16 ^{g-k}	73.14 ^{a-d}	15.41 ^{hij}
		300	5.6 ^{de}	5.55 ^{cd}	94 ^{f-i}	31.87 ^{de}	0.19 ^{efg}	68.35 ^{h-l}	19.78 ^{c-g}
		400	5.77 ^{b-e}	5.72 ^{bc}	96.3 ^{e-h}	30.25 ^{d-g}	0.22 ^{def}	72.06 ^{b-h}	16.35 ^{f-j}
	10	0	6.12 ^{abc}	5.97 ^{ab}	84.55 ^j	27.5 ^{f-i}	0.18 ^{g-j}	73.95 ^{ab}	14.31 ^j
		300	5.72 ^{cde}	5.45 ^{c-f}	83.45 ^j	26.62 ^{g-j}	0.18 ^{ghi}	69.32 ^{e-l}	19.03 ^{d-i}
		400	5.47 ^{efg}	5.52 ^{cde}	84.6 ^j	27 ^{f-j}	0.23 ^{cd}	70.49 ^{b-k}	18.29 ^{d-j}
	30	0	6.35 ^a	6.02 ^a	108.9 ^{bc}	35.75 ^b	0.29 ^b	64.47 ^m	23.92 ^{ab}
		300	5.62 ^{de}	5.55 ^{cd}	90.15 ^{hij}	35.5 ^{bc}	0.26 ^c	64.61 ^m	24.2 ^a
		400	5.67 ^{de}	5.52 ^{cde}	98.15 ^{d-h}	31.87 ^{de}	0.24 ^{cd}	67.03 ^{klm}	20.66 ^{a-e}
قطره طلا Tala Ghatreh	0	0	4.67 ⁱ	4.57 ^k	49.87 ^m	22.62 ^{k-m}	0.17 ^{g-j}	67.85 ^{i-m}	20.23 ^{b-f}
		300	4.8 ^{hi}	4.7 ^{ijk}	67.77 ^{kl}	28 ^{f-i}	0.16 ^{g-k}	73.19 ^{a-d}	15.38 ^{hij}
		400	4.82 ^{hi}	4.72 ^{ijk}	61.37 ^l	26 ^{h-k}	0.15 ^{i-l}	76.36 ^a	9.55 ^k
	10	0	4.9 ^{hi}	4.72 ^{ijk}	64.87 ^{kl}	28.25 ^{e-i}	0.18 ^{ghi}	70.27 ^{b-k}	17.62 ^{f-j}
		300	4.82 ^{hi}	4.67 ^{ijk}	60.72 ^l	25.75 ^{h-l}	0.16 ^{h-k}	71.52 ^{b-j}	16.41 ^{f-j}
		400	4.8 ^{hi}	4.55 ^k	70.25 ^k	29.75 ^{d-g}	0.18 ^{g-j}	73.31 ^{abc}	15.27 ^{ij}
	30	0	4.9 ^{hi}	4.72 ^{ijk}	64.87 ^{kl}	30.25 ^{d-g}	0.15 ^{i-l}	72.66 ^{b-e}	16.11 ^{f-j}
		300	4.92 ^{hi}	4.7 ^{ijk}	71.4 ^k	30.5 ^{def}	0.18 ^{g-j}	72.33 ^{b-g}	16.75 ^{e-j}
		400	5.15 ^{gh}	4.95 ^{ghi}	65.05 ^{kl}	23.75 ^{jkl}	0.16 ^{h-k}	69.71 ^{c-k}	18.72 ^{d-i}

اعداد دارای حروف مشترک تفاوت آماری معنی داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

The numbers with same letters have not a significant difference ($p < 0.05$)

محلول پاشی باعث افزایش اندازه میوه گردید که با نتایج پژوهش استرن و همکاران (۲۱) همخوانی داشت. نتایج نشان داد که واکنش ارقام مختلف آلو به تنظیم کننده های رشدی اکسینی متفاوت است. استرن و همکاران (۲۱) نیز نشان دادند که غلظت مناسب اکسین ها برای افزایش میوه در ارقام مختلف آلو متفاوت است. نتایج پژوهش آنها نشان داد که در رقم 'Royal Diamond' غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر و در رقم 'Kesselman' غلظت ۲۵ میلی گرم بر لیتر 2, 4, DP باعث که سبب افزایش اندازه میوه گردید (۲۱).

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که در شاخص نسبت طول به قطر میوه، تنها اثر ساده رقم و اثر متقابل NAA در رقم در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). رقم شابلون زودرس با بیشترین میزان نسبت طول به قطر، میوه های کشیده تری دارد و ارقام قطره طلا و شابلون دیررس با کمترین نسبت طول به قطر و نسبت نزدیک به یک، میوه های گردتری دارند. روند تغییرات نسبت طول به قطر میوه نشان می دهد که نفتالین استیک اسید فقط در غلظت ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر باعث گردتر شدن میوه در ارقام شابلون دیررس شده است و روی سایر ارقام تأثیر معنی داری نداشته است (شکل ۱). در هر چهار رقم



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف NAA بر نسبت طول به قطر میوه چهار رقم آلو ژاپنی

Figure 1- Effects of different concentration of NAA on fruit length / diameter ratio in four japonica plum cultivars

وزن میوه

نتایج نشان داد که تنظیم‌کننده‌های رشدی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن میوه شدند و بین ارقام مختلف آلو نیز از نظر وزن میوه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱ و ۲). کمترین میزان وزن میوه در رقم قطره طلا در تیمار شاهد به میزان ۴/۵۷ گرم و بیشترین میزان وزن میوه به میزان ۱۳۴/۷۷ گرم در رقم شابلون میان رس مشاهده شد (جدول ۲). در رقم شابلون زودرس وزن میوه فقط در محلول‌پاشی‌هایی که از NAA به‌تنهایی و یا در ترکیب با 2,4-D استفاده شده بود؛ افزایش معنی‌داری نسبت تیمار بدون محلول‌پاشی نشان داد (جدول ۲). تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA با میانگین وزن میوه ۱۰۸/۶ گرم بیشترین میزان وزن میوه را در رقم شابلون زودرس داشت که اختلاف معنی‌داری با وزن میوه در تیمارهای ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA، ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA نداشت. بیشترین میزان وزن میوه برای رقم شابلون میان‌رس در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA به دست آمد (جدول ۲). در رقم شابلون دیررس بیشترین وزن میوه همانند اندازه میوه در محلول‌پاشی ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول ۲). در رقم قطره‌طلا تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۳۰۰ میلی-

گرم بر لیتر NAA بیشترین میانگین وزن میوه (۷۱/۴ گرم) را داشت که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA، ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA، ۱۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA نداشت (جدول ۲).

با نگاهی به نتایج به‌دست آمده از تیمارهای اعمال شده گاهی نتایج قابل‌تأملی برای صفات طول، قطر و نسبت طول به قطر میوه در چهار رقم مورد مطالعه مشاهده می‌گردد ولی شاخص وزن میوه نتیجه قاطعی را نشان داد. به نظر می‌رسد واکنش ارقام مختلف آلو نسبت به منبع و غلظت اکسین مصرفی می‌تواند متفاوت باشد. در پژوهشی که روی اثر منابع مختلف اکسین روی خصوصیات میوه ارقام مختلف آلو ژاپنی انجام گردید مشخص شد که ترکیب NAA ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به همراه 2,4-D ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین میزان طول میوه و قطر میوه را در بعضی ارقام حاصل می‌کند (۱۴ و ۲۱). استرن و همکاران (۲۱) چنین نتیجه‌ای را وابسته به ژنتیک ارقام و واکنش آن‌ها به تیمار اعمال شده دانستند. دنیس (۹) بیان داشت که با استفاده از تیمارهای اکسینی می‌توان خصوصیات کمی میوه چون اندازه و وزن میوه را افزایش دهد. این محقق اثر اکسین بر تکثیر و افزایش اندازه سلول‌ها را دلیل اصلی افزایش طول و وزن میوه دانست. سهپیر و همکاران (۱۷) نشان دادند که علاوه بر آنکه اکسین عامل تقسیم و طول شدن سلولی است، بلکه در هر بخشی از گیاه که این هورمون فعال باشد می‌تواند به‌عنوان یک مخزن قوی عمل

کند و جذب آسمیلاتها را در آن قسمت افزایش می‌یابد.

عملکرد و کارایی عملکرد

بررسی نتایج نشان داد که تنظیم‌کننده‌های رشد توانستند نسبت به شاهد عملکرد در هر درخت و کارایی عملکرد را در ارقام آلو افزایش دهند به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد و کارایی عملکرد برای آلو شابلون میان رس به ترتیب به میزان ۴۰/۷۵ کیلوگرم در هر درخت و ۰/۳۸ کیلوگرم در سانتی‌متر مربع در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA به دست آمد که نسبت به شاهد به ترتیب افزایش ۶۰٪ و ۱۲۰٪ در عملکرد و کارایی را نشان می‌دهد (جدول ۲). در رقم شابلون زودرس محلول‌پاشی با NAA باعث افزایش معنی‌دار عملکرد تک درخت گردید. بیشترین عملکرد تک درخت در رقم شابلون زودرس در محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA با افزایش ۳۰ درصدی به دست آمد که اختلاف آماری معنی‌داری با سایر تیمارهای محلول‌پاشی شده با NAA نشان نداد و با سایر تیمارها در این رقم اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی میزان کارایی عملکرد در رقم شابلون زودرس روند مشابه میزان عملکرد نداشت و بیشترین کارایی عملکرد در این رقم در درختان محلول‌پاشی شده با ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمارهای ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D و تیمار محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA نداشت (جدول ۲). در رقم شابلون دیررس عملکرد و کارایی عملکرد در محلول‌پاشی‌هایی که با غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها نشان داد هر چند اختلاف در صفت عملکرد در محلول‌پاشی با تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). در رقم قطره‌طلا تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA با عملکرد ۳۰/۵ کیلوگرم بیشترین میزان عملکرد با افزایش ۳۴٪ نسبت به شاهد را نشان داد که با تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D (با عملکرد ۳۰/۲۵ کیلوگرم) اختلاف معنی‌دار نداشت. رقم قطره‌طلا بیشترین مقدار کارایی عملکرد به میزان ۰/۱۸ کیلوگرم در سانتی‌متر مربع در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA به دست آمد که اختلاف آماری معنی‌داری با سایر تیمارها نشان نداد (جدول ۲). نتایج حاکی از آن است که ترکیب NAA به همراه 2,4-D و با بیشترین میزان غلظت خود (به ترتیب با غلظت ۴۰۰ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین عملکرد را در رقم شابلون میان‌رس حاصل کرد. همچنین تیمار مذکور بیشترین میزان کارایی عملکرد را نیز نشان دادند. رقم شابلون میان‌رس در تیمار NAA ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و 2,4-D ۳۰ میلی‌گرم بر

لیتر، بیشترین میزان وزن میوه را نیز داشت. چنین به نظر می‌آید که رقم شابلون میان رس به تیمار فوق نسبت به دیگر ارقام پاسخ مناسب‌تری نشان می‌دهد و به احتمال زیاد پاسخ ارقام مختلف به نوع و غلظت تیمار اکسینی بسیار وابسته به خصوصیات ژنتیکی آنها است (۱۷ و ۲۰). محلول‌پاشی 2,4-D توانست سبب افزایش اندازه میوه و عملکرد در مرکبات شود (۵). استرن و همکاران (۲۱)، نیز نتایج مشابهی از تیمار NAA در 2,4-D در آلو به دست آوردند که با پژوهش حاضر همخوانی داشت.

درصد میوه درجه یک و دو

برخی از تیمارهای تنظیم‌کننده رشد توانستند سبب افزایش معنی‌دار درصد میوه درجه یک شوند (جدول ۲) ولی این افزایش در چهار رقم متفاوت بود به‌طوری‌که تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA، ۷۲/۴ درصد میوه درجه یک را در رقم شابلون میان رس حاصل کرد و با تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA (به میزان ۷۱/۹۶ درصد) اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۲). تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D در دو رقم شابلون زودرس و شابلون دیررس بیشترین میزان میوه درجه یک را به ترتیب به میزان ۷۰/۸۳ و ۷۳/۹۵ درصد داشت که در رقم شابلون دیررس شاهد با میانگین ۷۳/۱۴ درصد اختلاف معنی‌داری با تیمار مذکور نداشت. در رقم قطره‌طلا تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA با میانگین میوه درجه یک ۷۶/۳۶ درصد بیشترین میزان شاخص مورد بررسی را داشت و با تیمارهای ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA (به ترتیب با میانگین ۷۳/۱۹ و ۷۳/۳۱ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). از نظر شاخص درصد میوه درجه دو، بین تیمارهای تنظیم‌کننده رشد و ارقام اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). در رقم شابلون میان‌رس و شابلون زودرس تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA به ترتیب به میزان ۲۳/۱۵ و ۲۱/۸۵ درصد بیشترین میزان میوه درجه دو را داشتند که در رقم شابلون زودرس تیمار شاهد با میانگین ۲۰/۶۷ درصد اختلاف معنی‌داری با تیمار مذکور نداشت. شابلون دیررس نیز در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D به همراه ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA با میانگین ۲۴/۲ درصد بیشترین میزان میوه درجه دو را داشت که با تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D اختلاف معنی‌دار نداشت. تیمار شاهد در آلو رقم قطره‌طلا بیشترین میزان میوه درجه دو را با میانگین ۲۰/۲۳ درصد داشت (جدول ۲).

از جمله خصوصیات کیفی میوه‌های برداشت شده، محاسبه درصد میوه‌های درجه یک و دو است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تنظیم‌کننده‌های رشد 2,4-D و NAA توانستند باعث افزایش درصد میوه درجه یک نسبت به شاهد در ارقام شابلون میان‌رس، شابلون

باعث افزایش اندازه میوه و بازارپسندی میوه شوند (۶ و ۱۴).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد ارقام دارای اختلاف معنی‌داری به لحاظ اندازه میوه بودند و آلو قطره‌طلا میوه کوچک‌تری نسبت به سایر ارقام دارد. ارقام آلو واکنش‌های متفاوتی در مقابل تیمارهای محلول‌پاشی نشان دادند. تیمار 2,4-D با غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر به همراه NAA با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در آلو رقم شابلون میان‌رس، شابلون زودرس و قطره‌طلا و تیمار 2,4-D با غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر به همراه NAA با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای آلو رقم شابلون دیررس و قطره‌طلا باعث تولید میوه درشت، عملکرد بالا و کارایی عملکرد خوب گردید. بیشترین میزان میوه درجه یک در ارقام شابلون زودرس و شابلون دیررس در تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر 2,4-D و در ارقام شابلون میان‌رس و قطره‌طلا در تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر NAA به دست آمد. همچنین تنظیم‌کننده‌های رشدی اکسینی باعث افزایش اندازه و عملکرد میوه آلو شدند.

زودرس و قطره‌طلا شوند ولی غلظت‌های و ترکیب تنظیم‌کننده‌هایی که باعث افزایش درصد میوه‌های درجه یک شدند کاملاً مشابه تیمارهایی که باعث افزایش اندازه، وزن و یا عملکرد شدند؛ نبودند. دلیل این امر را می‌توان به چگونگی انتخاب میوه‌های درجه یک ارتباط داد که علاوه بر اندازه میوه ویژگی‌هایی چون شکل ظاهری، رنگ، آسیب فیزیکی و عاری بودن از علائم بیماری‌ها نیز مدنظر قرار می‌گیرد. شرایط دمایی، آبی، تغذیه‌ای و ژنتیکی می‌تواند اثر تیمارهای هورمونی را تحت تأثیر قرار دهد (۱۸). در مطالعات زیادی استفاده از هورمون‌های اکسینی و حتی ترکیب آن‌ها با یکدیگر را بر کیفیت میوه جنس پرونوس مؤثر دانستند (۶، ۱۷، ۲۰، ۲۱ و ۲۲). استرن و همکاران (۲۱) نشان دادند که ترکیب NAA به همراه 2, 4-D علاوه بر بهبود خصوصیات کمی میوه، تعداد میوه‌های مطلوب در آلو را نیز افزایش می‌دهد. اثرات مثبت اکسین‌ها تنها به میوه آلو محدود نمی‌شود و اثبات شده است که NAA سبب بهبود کیفیت پسته‌ها و خندان شدن آن‌ها می‌شود (۱۵). اکسین می‌تواند با ایجاد یک مخزن قوی سبب جذب بیشتر مواد غذایی در میوه شوند (۱۴) و یا با تغییر خاصیت ارتجاعی دیواره سلولی باعث بزرگتر شدن سلول و در نتیجه

منابع

- 1- Agusti M., Almela V., Andreu I., Juan M., and Zacarias L. 1999. Synthetic auxin 3, 5, 6-TPA promotes fruit development and climacteric in *Prunus persica* L. Batsch. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(5): 556-560.
- 2- Agusti M., Almela V., Aznar M., El-Otmani M., and Pons J. 1994. Satsuma mandarin fruit size increased by 2, 4-DP. *HortScience*, 29(4): 279-281.
- 3- Agustí M., Gariglio N., Castillo A., Juan M., Almela V., Martínez-Fuentes A., and Mesejo C. 2003. Effect of the synthetic auxin 2,4-DP on fruit development of loquat. *Plant Growth Regulation*, 41(2): 129-132.
- 4- Agustí M., Zaragoza S., Iglesias D. J., Almela V., Primo-Millo E., and Talón M. 2002. The synthetic auxin 3, 5, 6-TPA stimulates carbohydrate accumulation and growth in citrus fruit. *Plant Growth Regulation*, 36(2): 141-147.
- 5- Arzani K., and Akhlaghi-Amiri N. 2000. Size and quality of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* L.) As affected by 2-4, D and Naphtalene Acetic Acid (NAA). *Seed and Plant Improvement Journal*, 16(4): 450-459.
- 6- Bregoli A.M. C., Fabbroni Raimondi V., and Costa G. 2010. Improving colour and size of apricot fruit by means of exogenous auxin application. *Acta Horticulture*, 862: 365-372.
- 7- Costa G., and Vizzotto G. 2010. Flower and fruit thinning of peach and other *Prunus*. *Horticultural Reviews*, 28: 351.
- 8- Da A., Busta A., Avn A., Lav S., and Rio J. 2009. Fruit thinning using NAA shows potential for reducing biennial bearing of 'Barnea' and 'Picual' oil olive trees. *Crop and Pasture Science*, 60: 1124-1130.
- 9- Dennis F. J. 2000. The history of fruit thinning. *Plant Growth Regulation*, 31(1-2): 1-16.
- 10- El-Sharkawy I., Qubbaj S. T., Sullivan A. J., and Jayasankar S. 2016. Stimulated auxin levels enhance plum fruit ripening, but limit shelf-life characteristics. *Postharvest Biology and Technology*, 112: 215-223.
- 11- Hartmann H.T., Kester D.E., Davies F.T., and Geneve R.L. 1997. *Plant propagation: principles and practices*: Prentice-Hall Inc.
- 12- Manasa P. 2017. Effect of plant growth regulators on yield and quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) cv. bhagwa (Doctoral dissertation, Vasant Rao Naik Marathwada Krishi Vidyapeeth, Parbhani).
- 13- Melvin N. W. 2009. *Temperate-zone pomology: Physiology and Culture*: Timber Press.
- 14- Rajput V., and Bhatia S. K. 2017. Changes in fruit quality parameters in Japanese plum CV. Kala Amritsari with chemical flower thinning. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6): 2220-2223.
- 15- Rahemi M., and Ramezani A. 2007. Potential of ethephon, NAA, NAD and urea for thinning pistachio fruitlets. *Scientia Horticulturae*, 111(2): 160-163.
- 16- Russo C., Lanza C., Tomaselli F., Lanza G., and Di Martino Aleppo E. 1991. HPLC determination of 2-(2, 4-dichlorophenoxy) propionic acid used for fruit drop control of citrus. *Italian Journal of Food Science (Italy)*.

- 17- Seehuber C., Damerow L., and Blanke M. 2011. Regulation of source: sink relationship, fruit set, fruit growth and fruit quality in European plum (*Prunus domestica* L.) using thinning for crop load management. *Plant Growth Regulation*, 65(2): 335-341.
- 18- Son L. 2004. Effects of hand and chemical thinning on fruit size and quality of 'Priana' and 'Beliana' apricot (*Prunus armeniaca*) cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 32(3): 331-335.
- 19- Statistics A.A. 2011. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran.
- 20- Stern R.A., Flaishman M., Applebaum S., and Ben-Arie R. 2007. Effect of synthetic auxins on fruit development of 'Bing' cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*, 114(4): 275-280.
- 21- Stern R.A., Flaishman M., and Ben-Arie R. 2007. Effect of synthetic auxins on fruit size of five cultivars of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). *Scientia Horticulturae*, 3(112): 304-309.
- 22- Stern R.A., Stern D., Harpaz M., and Gazit S. 2000. Applications of 2, 4, 5-TP, 3, 5, 6-TPA, and combinations thereof increase lychee fruit size and yield. *HortScience*, 35(4): 661-664.
- 23- Vinita R., Bhatia S. K., Kumatkar R.B., and Suneel S. 2017. Study of chemical blossom thinning on fruiting and fruit quality in Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) cv Kala Amritsari. *Environment and Ecology*, 35(4A): 2831-2835.



Effects of some Synthetic Auxins on Yield and Marketability of Four Plum Cultivars

N.G. Firozbakht.¹- M. Rezaei^{2*}

Received: 28-01-2018

Accepted: 28-07-2018

Introduction: Size of fruit in Japanese plum has an important role in marketability and fruit quality. In Golestan province, one of the most important areas of plum production in Iran, due to high temperatures in summer that led to unfavorable conditions in fruit ripening stage, final fruit size are reduced in commercial scale. In this respect, the large financial loss is imposed to plum growers. Today, synthetic auxins are widely applied in the commercial gardens of the world in order to increasing fruit size and improving fruit growth. Auxins can promotes cell division, cell enlargement in fruit growth stages and it also acts as sink for nutrients absorption. In this study, the effects of the foliar application of two synthetic auxins were investigated on fruit qualitative and quantitative of Japanese plums in Golestan province climatic conditions.

Material and Methods: A split-plot factorial experiment based on randomized complete block design with four replications was conducted in a commercial orchard from Run Agri Company in Golestan province, Iran for two years (2015 and 2016). The main factor was considered four plum cultivars including 'Ghatreh Tala', 'Shablon Zodras', 'Shablon Mianras' and 'Shablon Dirras' which were spraying by two synthetic auxins: NAA (0, 300 and 400 mg/l) and 2, 4-D (0, 10 and 30 mg/l) along and in combination. Fruit length, diameter, length to diameter ratio and fruit weight, yield, yield efficiency and percentage of first and second fruit grade production characteristics were evaluated. Data analysis was performed by SAS 9.1 software and the comparison of mean values was done by Duncan's multiple range tests at 0.05 of probability level.

Results and Discussion: The results showed that foliar application of auxin significantly increased fruit size and weight. The results showed that the response of plum cultivars to synthetic auxins was different. Fruit length and width of 'Shablon Dirras' cultivar were increased with the 2,4-D application at 10 and 30 mg/l, but in the 'Shablon Mianras' cultivar, the combination of 2,4-D with NAA improved fruit size. NAA at its highest concentration (400 mg/l) plus 2, 4-D at its highest concentration (30 mg/l) produced the largest fruits and the highest yield in 'Shablon Mianras' cultivar. Stern et al. (16) also obtained similar results from NAA and 2, 4-D treatments in plum, which is confirmed our results. The yield (kg/tree) and yield efficiency in plum cultivars increased significantly by synthetic auxin treatments. The average of yield (kg/tree) by 2, 4-D and NAA foliar application increased 30, 60, 28 and 34 percent in 'Shablon Zodras', 'Shablon Mianras', 'Shablon Dirras' and 'GhatrehTala' cultivars, respectively. The highest yield efficiency was obtained in 'Shablon Mianras' cultivar (0.38 kg/cm²) in 30 mg/L of 2, 4-D plus 400mg/L of NAA, which showed a 120 % increasing in comparison to control trees. Denis (7) reported increases the quantitative characteristics of stone fruits such as fruit size and weight by using synthetic auxin spray. The effect of auxin on increase cell proliferation and cell size are main reason for increasing the length and weight of the fruits (7). The results showed that 2, 4-D and NAA auxins were able to increase the percentage of first grade fruit relative in all plum cultivars in comparison to the control trees, but the concentrations and composition of plant growth regulators that increased the percentage of first grad fruits were not completely same to best treatments on fruit size, weight or yield. It referred to the first-grade fruits selection criteria. In selecting of best marketable fruits, in addition to the size of the fruit, others feature such as fruit appearance, color, physical damage and the absence of symptoms of diseases are also taken into grading. Temperature, water, nutritional and genetic conditions can affect the effect of plant growth regulator treatments (13).

Conclusions: Plum cultivars showed different reactions to synthetic auxin treatments. The largest fruit, highest yield and yield efficiency obtained in 2,4-D (30 mg/l) with NAA (400 mg/l) in 'Shablon Mianras', 'Shablon Dirras' and 'Ghatreh Tala' cultivars and 2,4-D at 30 mg/l with NAA at 300 mg/l concentration in 'Shablon Dirras' and 'Ghatreh Tala' Cultivars. The highest degree of first grad-fruit was observed at 10 mg/l 2,4-D in 'Shablon Zodras' and 'Dirras' cultivars and 300 mg/l of NAA in 'Shablon Mianras' and 'Ghatreh Tala' cultivars.

Keywords: Growth regulators, Japanese plums, NAA, Yield efficiency, 2,4-D

1 and 2- M.Sc. Graduated and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Agriculture Faculty, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

(* - Corresponding Author Email: Mhrezae@shahroodut.ac.ir)

Contents

The Effect of Cow Manure, Nitrogen, Phosphorus and Corm Weight on the Yield Characters of <i>Colchicum</i> (<i>Colchicum kotschy</i> Boiss.)	370
H. Azizi- P. Rezvani Moghaddam- M. Parsa- R. Khorasani- M. Shoor	
The Effect of Irrigation Intervals and Anti- transpiration Compounds on Morphological Traits, Physiological Traits, and Irrigation Water Efficiency Index in the <i>Nigella sativa</i> L.	382
Z. Safae- M. Azizi- H. Aroiee- Gh. Davarynejad	
Growth and Developmental Parameters, Quality and Productivity of Cucumber as Affected by K: Ca Ratios of Nutrient Solution in Soilless System	391
Y. Javan- M.J. Nazarideljou	
Optimization of Hairy Root Induction and Biomass Production of Chicory (<i>Cichorium intybus</i> L.)	405
R. Fathi- M. Mohebodini- E. Chamani	
Morphological Traits Diversity in some Olive (<i>Olea europaea</i> L.) Genotypes over Kermanshah Province	417
R. Gholami- A.A. Zeinaloo- F. Ghanbari	
Effects of Titanium Dioxide (TiO₂) and EDTA on Growth and Biochemical Properties of Spinach (<i>Spinacia oleracea</i>)	427
S. Nejatizadeh- S. Malekzadeh Shafarodi- A. Astaraei- N. Moshtaghi	
Effect of Salinity Stress on Yield and Yield Components of Three Iranian Cantaloupe Masses	438
K. Arabsalmani-A. H. Jalali- P. Jafari	
Effect of Spermidine on Cold Tolerance of Cucumber Plants in Seedling Stage	450
M. Solaimani-M. Mobli -A.A. Ramin-B. Baninasab-L. Aslani	
Crossing Commercial Hybrid Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>) cv. Ailar with Elite Lines and their Progenies	458
M. Dianati- Y. Hamidoghli- J.A. Olfati	
The Effect of Potassium, Boron and Zinc Foliar Application on Fruit Characteristics of some Olive (<i>Olea europaea</i> L.) Cultivars	470
R. Gholami- N. Moallemi- E. Khaleghi- S.M. Seyyednegad	
Evaluation of Physiological and Biochemical Changes of Pistachio (<i>Pistacia vera</i> L. cv. Ahmad-Aghaii) on Cold Tolerant and Sensitive Rootstocks under Freezing Stress Conditions	484
A. Tajabadipour- M.R. Fattahi Moghadam- Z. Zamani- F. Nasibi- H. Hokmabadi	
Effects of some Synthetic Auxins on Yield and Marketability of Four Plum Cultivars	493
N.G. Firozbakht- M. Rezaei	

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 32

No. 3

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:

Tehranifar,A.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Khanizadeh,SH.	Research Scientist	Bioproducts and Bioprocesses, Agriculture and Agri-Food Canada.
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.
Fallahi,E.	Horticultural Sciences	Department of Plant Sciences, University of Idaho.
Farsi, M.	Plant Breeding and Genetics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Kafi, M.	Floriculture and landscaping	Prof .Tehran University.
Lahouti, M.	Plant Physiology	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>