

عنوان مقالات

- برآورد حجم حفره بذر میوه خربزه با استفاده از روش مقطع نگاری رایانه‌ای پرتو ایکس ۵۳۵
مهدی آرین- مهدی خجسته پور- محمودرضا گلزاریان
- ارزیابی تأثیر محلول پاشی پلی آمین‌ها بر رشد، ویژگی‌های میوه و عملکرد درختان پسته (*Pistacia vera* L.) رقم 'اکبری' ۵۳۵
غلامحسین داوری نژاد- مینا نورزاده نامقی- علی مومن
- اثر نیتروژن و گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد و محتوای نیترات سیر و فراهمی برخی عناصر غذایی در خاک ۵۶۳
محسن سیل‌سپور
- پاسخ‌های رشدی و فیزیولوژیکی خیار پیوندی به تنش خشکی ۵۷۷
مریم حقیقی- آتنا شیبانی راد
- بررسی اثر تنش رطوبتی و منابع کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد دانه و ترکیبات فنلی ریشه سرخارگل *Echinacea purpurea* L. ۵۹۳
بیژن سلطانیان- پرویز رضوانی مقدم- جواد اصیلی
- ارزیابی اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی سه جمعیت بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana* Benth.) ۶۰۵
حشمت امیدی- فاطمه بیرجیلی- خدیجه احمدی
- تأثیر اسید اسکوریک بر رشد رویشی نهال‌های زیتون رقم 'باغملک' در شرایط کم آبی ۶۲۱
نوراله علملی- اسماعیل خالقی- زینب جعفری زاده
- تأثیر کاربرد کود زیستی حل‌کننده پتاسیم در مقایسه با سولفات پتاسیم بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی تربچه قرمز (*Raphanus sativus* L.) تحت تنش خشکی ۶۳۳
ایسان صمدی- اکبر حسنی- مجید غلامحسینی
- نشانگرهای مورفولوژیکی ابزاری برای بررسی تنوع ژنتیکی برخی ژنوتیپ‌های لایم (*Citrus aurantifolia*) ۶۴۵
شاهین جهانگیرزاده خیابی- بهروز گل‌عین
- اثر غلظت و زمان کاربرد اسید هیومیک بر صفات مورفو-فیزیولوژیک اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) ۶۶۳
محبوبه ناصری- حسین آروئی- مریم محمدی
- بررسی اثر میدان مغناطیسی، اسانس رازیانه و ژل الونه‌ورا بر قهوه‌ای شدن سیب تازه برش‌خورده رقم 'گلدن دیشلر' ۶۷۹
مریم محمدیان- حامد کاوه
- بررسی اثر ژنین ذرت و گلوتن گندم، بر شاخص‌های کیفی و انبارمانی انگور رسمی مشکین ۶۹۳
علی اکبر شکوهیان- فرزاد لطافتی- بهرام فتحی آجاولویی- علی اصغری- رباب الفتی
- اثر تیمارهای پس از برداشت فینل‌آل‌این و سولفید هیدروژن بر حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی میوه بادنجان (*Solanum melongena* L.) ۷۰۵
رضا نجفی- طاهر برزگر- فرهنگ رضوی- زهرا قهرمانی

Contents

- Estimation of Melon Seed Cavity Volume Using X-Ray Computed Tomography 545
M. Aryan - M. Khojastehpour- M.R. Golzarian
- Evaluation of the Effect of Exogenous Application of Polyamines on Growth, Nut Traits and Yield of 'Akbari' Pistachio Trees (*Pistacia vera* L.) 561
G.H. Davarynejad- M. Nurzadeh Namaghi - A. Momen
- Nitrogen and Sulfur with Thiobacillus Bacteria Effects on Garlic Yield and Garlic Nitrate Content and some Nutrients Availability in Soil 576
M. Seilsepour
- Improving Physiological Characteristics of Grafted Cucumber under Drought Stress 591
M. Haghighi - A. Sheibanirad
- The Effect of Water Stress, Chemical and Organic Fertilizers on Biomass, Seed Yield and Root Phenolic Compounds of Purple Coneflower (*Echinacea purpurea* L.) 603
B. Soltanian - P. Rezvani Moghaddam- J. Asili
- Evaluation of the Effect of Drought Stress on Morphophysiological Characteristics of Three Populations of Balangu (*Lallemantia royleana* Benth.) 620
H. Omid - F. Pirjalili- Kh. Ahmadi
- The Effect of Ascorbic Acid on Vegetative Growth of Olive Plants cv. 'Baghmalek' under Water Deficit Conditions 632
N. Moallemi - E. Khaleghi- Z. Jafari zadeh
- Effect of Potassium Solubilizing Biofertilizers Application Compared to Potassium Sulfate on Growth and Some Physiological Traits of Radish (*Raphanus sativus* L.) under Drought Stress 643
A. Samadi - A. Hassani - M. Gholamhoseini
- Morphological Markers as a Tool for Investigating Genetic Diversity of Some Lime Genotypes 662
Sh. Jahangirzadeh Khiavi - B. Golein
- The Effect of Concentration and Time of Application of Humic Acid on Morpho-physiological Characteristics of *Spinacia oleracea* 678
M. Naseri - H. Arouiee - M. Mohammadi
- Investigating the Effect of Magnetic Field, Fennel (*Foeniculum vulgare*) Essential Oil and Aloe vera Gel on the Browning of Fresh-cut Apples 691
M. Mohammadian - H. Kaveh
- Investigation the Effect of Corn Zein and Wheat Gluten on Quality Characteristics and Storage Life of Grape cv. *rasmī Meshkin* 703
A.A. Shokouhian - F. Letafatt - B. Fathi-Achachlouei- A. Asghari- R. Olfatti
- Effect of Postharvest Treatments of Phenylalanine and Hydrogen Sulfide on Maintaining Quality and Enhancing Shelf life of Eggplant (*Solanum melongena* L.) 717
R. Najafi - T. Barzegar- F. Razavi- Z. Ghahremani

نشریه علوم باغبانی

(علوم و صنایع کشاورزی)

26524

21/2015

با شماره پروانه _____ و درجه علمی - پژوهشی شماره _____ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
73/10/19 68/4/11

جلد 34 شماره 4 زمستان 1399

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال 1398، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

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

استاد - تغذیه نشخوارکنندگان (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
دانشیار - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - فیزیولوژی بذر (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
دانشیار - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
دانشیار - علوم باغبانی (دانشگاه صنعتی اصفهان)
پژوهشگر - موسسه کشاورزی و غذا اوتاوا کانادا
استاد - علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه شیراز)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه تهران)
دانشیار - علوم باغبانی (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)
استاد - گیاهان دارویی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - علوم باغبانی (دانشگاه تهران)
استاد - گروه علوم باغبانی دانشگاه آیداهو آمریکا
استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - گلکاری و مهندسی فضای سبز (دانشگاه تهران)
استاد - فیزیولوژی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)

آرویی، حسین
توکل افشاری، رضا
تهرانی فر، علی
شور، محمود
حقیقی، مریم
خانی زاده، شاهرخ
داوری نژاد، غلامحسین
راحمی، مجید
زمانی، ذبیح اله
شریفانی، محمد مهدی
عزیزی، مجید
عبادی، علی
فلاحی، اسماعیل
فارسی، محمد
کافی، محسن
لاهوئی، مهرداد

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد - کد پستی 91775 صندوق پستی 1163 دانشکده کشاورزی - دبیرخانه نشریات علمی - نشریه علوم باغبانی نمابر: 8787430

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 (4 شماره در سال) چاپ و منتشر می شود.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- 535 برآورد حجم حفره بذر میوه خربزه با استفاده از روش مقطع نگاری رایانه‌ای پرتو ایکس
مهدی آرین - مهدی خجسته پور - محمودرضا گلزاریان
- 547 ارزیابی تأثیر محلول پاشی پلی آمین‌ها بر رشد، ویژگی‌های میوه و عملکرد درختان پسته (*Pistacia vera* L.) رقم 'اکبری'
غلامحسین داوری نژاد - مینا نورزاده نامقی - علی مومن
- 563 اثر نیتروژن و گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد و محتوای نیترات سیر و فراهمی برخی عناصر غذایی در خاک
محسن سیل‌سپور
- 577 پاسخ‌های رشدی و فیزیولوژیکی خیار پیوندی به تنش خشکی
مریم حقیقی - آتنا شیبانی راد
- 593 بررسی اثر تنش رطوبتی و منابع کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد دانه و ترکیبات فنلی ریشه سرخار گل *Echinacea purpurea* L.
بیژن سلطانیان - پرویز رضوانی مقدم - جواد اصیلی
- 605 ارزیابی اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی سه جمعیت بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana* Benth.)
حشمت امیدی - فاطمه پیرجلیلی - خدیجه احمدی
- 621 تأثیر اسید اسکوربیک بر رشد رویشی نهال‌های زیتون رقم 'باغملک' در شرایط کم آبی
نوراله معلمی - اسماعیل خالقی - زینب جعفری زاده
- 633 تأثیر کاربرد کود زیستی حل‌کننده پتاسیم در مقایسه با سولفات پتاسیم بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی تربچه قرمز (*Raphanus sativus* L.) تحت تنش خشکی
آیسان صمدی - اکبر حسنی - مجید غلامحسینی
- 645 نشانگرهای مورفولوژیکی ابزاری برای بررسی تنوع ژنتیکی برخی ژنوتیپ‌های لایم (*Citrus aurantifolia*)
شاهین جهانگیرزاده خیای - بهروز گل‌عین
- 663 اثر غلظت و زمان کاربرد اسید هیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیک اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)
محبوبه ناصری - حسین آروئی - مریم محمدی
- 679 بررسی اثر میدان مغناطیسی، اسانس رازیانه و ژل آلون‌ورا بر قهوه‌ای شدن سیب تازه برش‌خورده رقم 'گلدن دیشلز'
مریم محمدیان - حامد کاوه
- 693 بررسی اثر زئین ذرت و گلوتن گندم، بر شاخص‌های کیفی و انبارمانی انگور رسمی مشکین
علی اکبر شکوهیان - فرزاد لطافتی - بهرام فتحی آچاچلوئی - علی اصغری - رباب الفتی
- 705 اثر تیمارهای پس از برداشت فنیل‌آلانین و سولفید هیدروژن بر حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی میوه بادنجان (*Solanum melongena* L.)
رضا نجفی - طاهر برزگر - فرهنگ رضوی - زهرا قهرمانی



مقاله علمی-پژوهشی

برآورد حجم حفره بذر میوه خربزه با استفاده از روش مقطع‌نگاری رایانه‌ای پرتو ایکس

مهدی آرین^۱ - مهدی خجسته پور^{۲*} - محمودرضا گلزاریان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۳۰

چکیده

آگاهی نسبت به روند تغییرات حجم حفره بذر میوه خربزه می‌تواند کمک شایانی به برنامه‌ریزی مناسب جهت انجام اموری چون کوددهی، آبیاری و غیره در طی فصل رشد میوه نماید. به منظور برآورد حجم حفره بذر میوه خربزه، *Cucumis melo* L.، دو توده محلی ارزشمند قصری و خاتونی انتخاب شد و تغییرات حفره بذر آن‌ها در طی فصل رشد، مورد مطالعه قرار گرفت. از روش مقطع‌نگاری رایانه‌ای پرتو ایکس به عنوان ابزاری دقیق و غیر مخرب در تعیین اندازه حجم حفره بذر در هر مرحله از آزمایش استفاده شد. اندازه‌گیری حجم حفره بذر در کنار عوامل درصد مواد جامد محلول، وزن مخصوص، درصد رطوبت گوشت میوه و همچنین مقدار pH در طی سه بازه زمانی ۱۵ روز و ۳۰ روز پس از گلدهی و مرحله رسیدگی کامل میوه انجام شد. نتایج پژوهش همبستگی بین عامل درصد حجم حفره بذر توده قصری با سایر عوامل را نشان داد. از طرفی کلیه عوامل یاد شده تغییرات معنی‌داری در طی سه بازه زمانی برداشت داشتند، ضمن اینکه این تغییرات تحت تاثیر نوع توده نیز قرار گرفتند، اما رابطه معنی‌داری بین برهم‌کنش دو عامل توده و مرحله برداشت مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: سی‌تی اسکن، غیر مخرب، گوشت میوه

مقدمه

شایانی به برنامه‌ریزی مناسب جهت انجام اموری چون کوددهی، آبیاری و غیره باشد. در پژوهشی پروین و همکاران (۲۸) تاثیر مراحل مختلف رسیدگی بر کیفیت رقم Ravi خربزه تخم قند^۴ را در سه مرحله نابالغ، نیمه بالغ و بالغ مورد مطالعه قرار دادند. آنان دریافتند همبستگی بالایی میان رنگ میوه، سفتی و غلظت کل مواد جامد محلول (TSS) با مراحل مختلف رشد میوه وجود داشته که این امر بر کیفیت میوه انبار شده پس از برداشت تاثیر مستقیمی دارد. تحقیقات مشابهی توسط محققین بر روی میوه خرما^۵ (۲۶)، ازگیل (۱)، میوه هوس^۶ (۱۲) انجام شده است. آنان دریافتند که با افزایش مقدار وزن مخصوص ظاهری، ویژگی‌هایی چون قطر هندسی متوسط میوه، کرویت، مساحت جانبی، اسیدیته کل و درصد غلظت مواد جامد محلول کاهش می‌یابد. ضمن اینکه عوامل گوناگونی چون زمان رسیدگی، نوع رقم، آبیاری و کوددهی، کیفیت طعم میوه را تحت تاثیر مستقیم خود قرار می‌دهند (۳۰). پژوهش‌هایی که در مورد میوه طالبی انجام شده نیز نشان داده است که تغییر در محتوای قند بافت میوه بر اساس میزان کربوهیدرات‌ها و همچنین سوخت و ساز متابولیکی میوه در طی فصل رشد تغییر می‌کند، ضمن اینکه آبدار شدن این محصول

خربزه (*Cucumis melo* L.) گیاهی از خانواده کدویان (Cucurbitaceae) است. بسیاری از پژوهشگران زیستگاه اولیه این گیاه را آفریقا می‌دانند که بتدریج در ایران و مصر اهلی شده است (۲۱). مطابق با آمار فائو کشور ایران بعد از دو کشور چین و ترکیه در رتبه سوم کشت این محصول قرار دارد (۱۱). سطح زیرکشت این محصول در کشور بالغ بر ۷۴۰۳۸ هکتار معادل با ۰/۶۳ درصد از اراضی زیر کشت است که با تولیدی حدود ۱۴۹۰۰۰۰ تن معادل با ۱/۸ درصد کل محصول تولیدی کشاورزی، رتبه دوم تولید محصولات جالیزی بعد از هندوانه در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ را به خود اختصاص داده است.

میوه خربزه در طی فصل رشد از زمان ظهور گل تا رسیدگی کامل دستخوش تغییرات فیزیکی و شیمیایی زیادی می‌شود. از آنجا که این دگرگونی‌ها تاثیر مستقیم بر رسیدگی کامل و مطلوب گوشت میوه دارند (۱۵)، آگاهی نسبت به روند این تغییرات می‌تواند کمک

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم،

دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: mkhpour@um.ac.ir)

(*) - نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.78294

4- Muskmelon

5- Total Soluble Solids

6- Gulupa Fruits

با افزایش حجم میوه افزایش داشته و در نتیجه میزان قند همبستگی مثبتی با اندازه میوه دارد (۱۳).

امروزه پژوهشگران از روش‌های متنوعی برای ارزیابی ویژگی‌های داخلی میوه و سبزیجات استفاده می‌کنند. تشدید مغناطیسی هسته (MRI)^۱، نوری، صوتی، مافوق صوت، ارتعاشی، تابش مادون قرمز و پرتو ایکس روش‌هایی از این دست می‌باشند (۶، ۲۲ و ۲۴). استفاده از پرتونگاری اشعه ایکس در بررسی کیفیت میوه‌ها و سایر محصولات کشاورزی همواره مورد توجه محققین قرار داشته است. توماس و همکاران (۳۲) توانستند با استفاده از تصویربرداری پرتو ایکس انبه‌هایی را که توسط حشرات از داخل آسیب دیده بودند از انبه‌های سالم جدا کنند. هاف و همکاران (۱۵) نیز الگوریتمی طراحی نمودند که با استفاده از تصاویر حاصل از پرتونگاری ایکس قادر به شناسایی زیتون‌های آفت زده بود. الس و همکاران (۱۰) با استفاده از این روش، سبب‌های دارای لکه‌های قهوه‌ای داخلی را شناسایی کردند. بارسلون و همکاران (۳) در تحقیقی که در مورد میوه هلو انجام دادند با استفاده از تصاویر سی‌تی‌اسکن تغییرات کیفی میوه هلو را در زمان‌های مختلف رسیدگی اندازه‌گیری کردند. آنها توانستند رابطه‌ای خطی بین ضریب جذب با چگالی، رطوبت، مواد جامد محلول و مقدار pH به دست آورند. میرهوفر و همکاران (۲۳) با استفاده از این روش، روند گسترش سیستم ریشه بذر چغندر قند در خاک را مورد مطالعه قرار دادند. استفاده از تصاویر سی‌تی‌اسکن به منظور تشخیص سبب‌های صدمه دیده در اثر ضربه که بافت داخلی آنها دچار لهیدگی شده بود و همچنین تعیین حجم بافت‌های صدمه دیده نیز گزارش شده است (۷ و ۳۳). کارنکارن و همکاران (۱۶) در پژوهشی روی دانه گندم توانستند با استفاده از پرتونگاری ایکس جرم دانه را تعیین کنند. کومار و بال (۱۹) برای پیدا کردن ترک در دانه برنج از تصویربرداری پرتو ایکس استفاده کردند. الگوریتم بکار گرفته شده در این مطالعه قادر بود تعداد ترک‌های افقی، عمودی، وکل ترک‌ها را به ترتیب با دقت ۹۷، ۹۸ و ۹۷ درصد محاسبه و نمایش دهد. کوتوالیویل و همکاران (۱۷) نیز از تصویر برداری پرتو x به منظور بررسی کیفی مغز گردو استفاده کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که متوسط شدت پیکسل، یک پارامتر مناسب برای تعیین کیفیت مغز گردو می‌باشد. ارینا و همکاران (۲۷) با استفاده از این روش آلودگی قارچی دانه‌های ذرت را مورد مطالعه قرار دادند. تاناکا و همکاران (۳۱) نیز از این روش به منظور مطالعه تغییرات بافت داخلی خیار در طی یک دوره ۷ روزه نگهداری، استفاده نمودند.

تاکنون پژوهشگران به منظور تعیین حجم حفره بذر از روش تعیین دستی ابعاد حفره با متر دستی و یا کولیس و تقریب بوسیله فرمول‌های ریاضی استفاده کرده‌اند (۲۰). این روش علاوه بر اینکه به

صورت تقریبی حجم حفره بذر را تعیین می‌کند، مستلزم برش میوه بوده و از این لحاظ یک روش مخرب محسوب می‌شود. در این پژوهش از روش مقطع‌نگاری رایانه‌ای پرتو ایکس^۲ که بر مبنای فناوری تصویربرداری پرتو ایکس بنیان نهاده شده و روشی دقیق به منظور تعیین حجم اهداف و یا آسیب‌های بافتی است، استفاده شده است. در این فناوری برخلاف تصویر نگاری معمول پرتو ایکس، قابلیت سه بعدی سازی اهداف و مطالعه دقیق بر روی آن وجود دارد. پرتو x موج الکترو مغناطیس با طول موجی بین ۰/۰۱ تا ۱۰ نانومتر است که با انرژی پرتو دهی (10^{-17} تا 10^{-14} J) ژول قادر به نفوذ در مواد مختلف است (۸). هنگامی که پرتو x به یک ماده تابانده می‌شود، مقداری از آن جذب ماده شده، مقدار کمی به اطراف انتشار یافته و باقی از ماده مربوط عبور می‌کند (۹). طبق قانون بیر - لامبرت^۳ (۱) ضریب جذب خطی (μ) تحت تاثیر شدت پرتو ایکس می‌باشد (۲۹).

$$I = I_0 e^{-(\mu z)} \quad (1)$$

که در این رابطه:

I_0 = شدت اولیه پرتو ایکس (R/S) که R واحد رونتگن است،

I = شدت پرتو ایکس پس از عبور از جسم (R/S)،

μ = ضریب جذب خطی جسم (m^{-1}) و

z = ضخامت جسم (m) می‌باشد.

به هر میزان که جسم چگالتر باشد مقدار شدت عبوری I کاهش بیشتری خواهد داشت. این مهم تاثیر مستقیمی بر تصاویر ایجاد شده از دستگاه سی‌تی‌اسکن خواهد داشت به طوری که نقاط رنگی روشنتر مربوط به قسمت‌های چگالتر میوه و نقاط تیره‌تر مربوط به قسمت‌های با چگالی کمتر است.

با توجه به بررسی به عمل آمده در میان منابع تحقیقاتی یاد شده، هدف از اجرای این تحقیق ارائه روشی است که قادر به بازرسی غیر مخرب و دقیق درون میوه خربزه باشد. در همین راستا از روش تصویربرداری رایانه‌ای پرتو ایکس در محاسبه دقیق حجم حفره بذر میوه^۴ در هر مرحله رشد میوه استفاده شده است. اندازه و حجم حفره بذر از لحاظ بازارپسندی میوه اهمیت پیدا می‌کند. میوه‌هایی با حجم حفره کمتر، مطلوبیت بیشتری از نظر مصرف‌کنندگان دارند. با تعیین درصد حجم حفره بذر میوه خربزه که مستلزم تعیین حجم کل میوه و محاسبه حجم حفره بذر میوه است، ارتباط این متغیر با دوره‌های مختلف رشد میوه خربزه بررسی شد. همچنین تغییرات وزن حجمی، محتوای رطوبتی، درصد غلظت مواد جامد محلول و pH بافت خوراکی میوه خربزه خاتونی و قصری در هر مرحله از فصل رشد نیز مورد

2- X-ray tomography

3- Beer-Lambert law

4- Cavity

1- Magnetic resonance imaging

مطالعه قرار گرفت.

هر رقم در طرح کاملاً تصادفی برداشت و مورد آزمایش قرار گرفتند. در این تحقیق دو عامل زمان برداشت و نوع توده به عنوان عوامل اصلی و عوامل درصد حجم حفره بذر میوه، درصد مواد جامد محلول، pH، محتوای رطوبتی و وزن حجمی گوشت میوه به عنوان عوامل فرعی مورد مطالعه قرار گرفتند.

در انجام این پژوهش از دستگاه سی‌تی‌اسکن مدل-Optima CT540 ساخت شرکت GE Healthcare آمریکا (شکل ۱) مستقر در بیمارستان مهر مشهد استفاده شد. این دستگاه قابلیت تصویرنگاری تا ۱۶ برش در هر دور را داراست.

در این دستگاه یک لامپ تولید کننده اشعه ایکس در مقابل چندین ردیف آشکار ساز اشعه قرار داده شده و با کمک یک حلقه و به طور یک مجموعه واحد به شکل چرخشی در اطراف هدف حرکت می‌کند. تمامی نمونه‌های انتخاب شده خربزه در جهت قطر طولی که بزرگترین قطر میوه است و از طرف سر به صورتی که در شکل ۱ نشان داده شده است وارد دستگاه شد. دستگاه سی‌تی‌اسکن در بدو آزمایش مطابق با داده‌های جدول ۱ تنظیم و آماده به کار شد.

مواد و روش‌ها

در انجام این تحقیق از دو توده محلی قصری و خاتونی خربزه استفاده شد. نمونه‌ها در تابستان سال ۱۳۹۶ از دو مزرعه مجاور هم از روستای آبروان با موقعیت جغرافیایی $40^{\circ} 58' 59''$ شمالی و $34^{\circ} 36'$ شرقی و به ارتفاع تقریبی ۹۳۰ متر از سطح دریا واقع در ۳۲ کیلومتری مشهد، تهیه شد. با ظهور گل‌ها تعدادی از آنها پلاک‌گذاری گردید و طی سه بازه ۱۵ روزه نارس، ۳۰ روزه نابالغ و ۴۵ روزه بالغ برداشت شد (سه سطح). در نوع خاتونی چون میوه این توده نسبت به قصری زودتر به بلوغ کامل می‌رسد، زمان برداشت ۴۰ روز بعد از گلدهی درنظر گرفته شد. بافت خاک مزارع لومی شنی بوده و کشت توده‌ها به شکل جوی و پشته و به فاصله تقریبی ۳ متر از هر ردیف، عرض جوی حدود ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بوته حدود ۷۰ سانتی‌متر روی پشته انجام شده است که با دور آبیاری ۷ روزه آبیاری می‌گردید. در هر مرحله از بازه‌های زمانی یاد شده، تعداد ۱۵ عدد نمونه میوه از



شکل ۱- سی‌تی‌اسکن اپتیما مستقر در بیمارستان مهر
Figure 1- Optima CT Scan located in Mehr Hospital

حجم کل میوه خربزه به این صورت است که در ابتدا حجم کل میوه به چندین بخش حجمی کوچکتر تقسیم می‌شود. سپس حجم هر بخش محاسبه شده و در نهایت حجم کل برآورد می‌شود. سطوح مقطع مربوط به دو وجه بالایی و پایینی هر جز حجمی که در شکل ۲ نیز نشان داده شده، بوسیله کاربر بر روی تصاویر مورد نظر انتخاب می‌شود. به عنوان مثال انتخاب سطح مقطع حفره بذر در شکل ۳ الف ملاحظه می‌شود.

تعداد کل تصویر مقطعی که بوسیله دستگاه سی‌تی‌اسکن از هر نمونه خربزه تهیه می‌شود رابطه مستقیمی با ضخامت هر برش از مقطع داشته و در نتیجه بستگی کامل به اندازه قطر بزرگ هر نمونه میوه دارد. بنابراین نمونه‌های با طول بیشتر تعداد بیشتری از تصاویر گرفته شده را به خود اختصاص داده‌اند. بسته به اندازه طول میوه تا ۴۰۰ تصویر مقطعی از هر نمونه بر روی دیسک سخت رایانه ضبط گردید. سپس تصاویر تهیه شده در نرم‌افزار پزشکی Microview نسخه ۲۱، بارگذاری شد. روند محاسبه حجم حفره بذر و همچنین

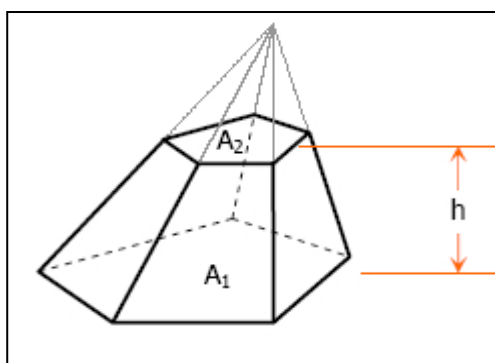
جدول ۱- مقادیر ورودی به دستگاه سی تی اسکن مدل سی تی ۵۴۰ اپتیما

Table 1- Input values to the Optima-CT540 Scan machine

ولتاژ لامپ اشعه ایکس Tube voltage (kV)	120
شدت جریان لامپ اشعه ایکس Tube current (mA)	120
ضخامت هر برش (mm) Slice thickness (mm)	2.5
حجم وکسل Voxel volume (mm ²)	0.298
عمق رنگ Color depth (bit)	16
مقدار دوز اشعه Radiation dose (mGy)	15.22
مدت زمان تصویربرداری از هر مقطع Time exposure (mS)	1060

سپس رایانه بوسیله خطوطی مستقیم، سطوح مقاطع انتخاب شده را به یکدیگر متصل نموده و یک بخش حجمی به شکل هرم ناقص شبیه سازی می شود که نمونه ای از آن در شکل ۲ نشان داده شده است. حجم این بخش با توجه به رابطه ۲ محاسبه شده است:

انتخاب در هر ۱۰ تصویر بعدی تکرار می شود. به عبارتی دیگر اگر انتخاب سطح مقطع در تصویر شماره n صورت گرفته این انتخاب در تصویر شماره $n + 10$ نیز تکرار می شود. مقدار ۱۰ یک مقدار دلخواه و به منظور نیل به دقت بالای اندازه گیری است. این مقدار را می توان به منظور صرفه جویی در وقت افزایش نیز داد.



شکل ۲- بخش حجمی شبیه سازی شده بین دو مقطع انتخاب شده متوالی

Figure 2 - Simulated volume section between two selected intervals

در این مورد حفره بذر میوه خربزه و همچنین حجم کل میوه است، محاسبه می شود.

به منظور اندازه گیری محتوای رطوبتی (M.C) نمونه هایی با وزن حدود ۵۰ گرم از گوشت میوه تهیه و به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۰ درجه قرار داده شد (۲). درصد محتوای رطوبتی گوشت میوه با محاسبه اختلاف وزن نمونه قبل و بعد از حرارت دهی محاسبه گردید (۲۵). در تعیین درصد کل مواد جامد محلول (TSS) نیز در هر نمونه مقداری از عصاره گوشت میوه تهیه و درجه بریکس آن بوسیله رفرکتومتر دیجیتالی مدل DR301-95 ساخت شرکت Kruss

$$V = \frac{H}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \quad (2)$$

که در این رابطه:

V = مقدار حجم بخش شبیه سازی شده بوسیله رایانه،

H = ارتفاع بخش حجمی،

A_1 = سطح مقطع بخش واقع در تصویر شماره n و

A_2 = سطح مقطع بخش واقع در تصویر شماره $n+10$ می باشد.

حجم تک تک بخش ها بوسیله رایانه با کمک رابطه (۲) محاسبه شده و سپس با یکدیگر جمع جبری شده و در نهایت حجم هدف که

کلی میوه کمتر است. این امر باعث می‌شود که درصد حجم حفره بذر در طی فصل رشد، روندی نزولی داشته باشد. در این بین خربزه توده قصری که در مقایسه با توده خاتونی قطره‌های جانبی بزرگتری دارد کاهش بیشتری را به خود اختصاص داده است. نمودار شکل ۴ نیز این مطلب را تایید می‌کند. با کاهش حجم حفره بذر در طی دوره رشد، مقدار درصد رطوبت و وزن مخصوص گوشت میوه کاهش می‌یابد. کاهش درصد رطوبت از مقدار ۹۴/۰۴ تا ۹۰/۶۱ درصد در توده قصری و از مقدار ۹۳/۵۲ تا مقدار ۸۹/۱۲ درصد در توده خاتونی به ثبت رسید که در هر مرحله رشد اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد نشان می‌دهد. با توجه به این مهم می‌توان دریافت مرحله اول رشدی میوه خربزه، مرحله مهمی در جذب آب میوه است و لذا برنامه‌ریزی مناسب در آبیاری محصول در این مرحله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. ویل نیوا و همکاران (۳۴) در پژوهشی شامل پنج مرحله مجزا از فصل رشد گونه muskmelon دریافتند که علی‌رغم افزایش وزن میوه در هر مرحله رشد، مقدار درصد رطوبت کاهش می‌یابد. کاهش وزن مخصوص گوشت میوه نیز در هر مرحله اختلاف معنی‌داری را با مرحله قبل نشان می‌داد. گزارش‌ها حاکی از آن است که کاهش این مقدار از وزن مخصوص گوشت میوه از کاهش وزن مخصوص پوست میوه در طی دوره مشابه رشد نیز بیشتر بوده است (۱۸). این امر می‌تواند ناشی از بروز پدیده اسفنجی شدن بافت میوه و افزایش تخلخل در آن باشد. درصد مواد جامد محلول از مقدار کمینه ۴/۹۷ درصد در نوع خاتونی تا مقدار بیشینه ۱۲/۷۴ درصد در نوع قصری در طی فصل رشد افزایش یافت. این افزایش در هر دو توده محلی مشابه و یکسان است. در مطالعات دیگر، پژوهشگران نتایجی با بیشینه مقدار بریکس ۱۵/۵ درصد در گونه muskmelon نیز گزارش شده است (۴۰). علاوه بر این، آزمایش‌ها برتری توده قصری را از لحاظ افزایش میزان قند نسبت به نوع خاتونی نشان می‌دهد. مقدار pH نیز در این آزمایش از کمینه مقدار ۴/۵۳ در نوع خاتونی تا مقدار بیشینه ۵/۹۸ در نوع قصری تغییر نموده است. پروین و همکاران (۲۸) تغییر مقدار pH را در محدوده ۵/۵۸ - ۵/۳۸ در طی فصل رشد رقم Ravi ثبت کرده‌اند. با این وجود گزارش‌هایی مبنی بر کاهش تدریجی این مقدار در طی فصل رشد طالبی وجود دارد (۴). بر اساس تحقیقات بیانچی مقدار pH در محدوده‌ای بین ۵/۲ - ۶/۵ در ارقام مختلف ملون تغییر می‌کند (۵). تغییرات مقدار pH در هر توده می‌تواند ناشی از کاهش و یا افزایش تولید اسیدهای آلی در میوه باشد (۱۸). با توجه به این که بیشینه مقدار درجه بریکس و pH در مرحله سوم رشد میوه صورت می‌گیرد، مدیریت مناسب در کوددهی به مزرعه می‌تواند در تغییر این ارقام تاثیرگذار باشد.

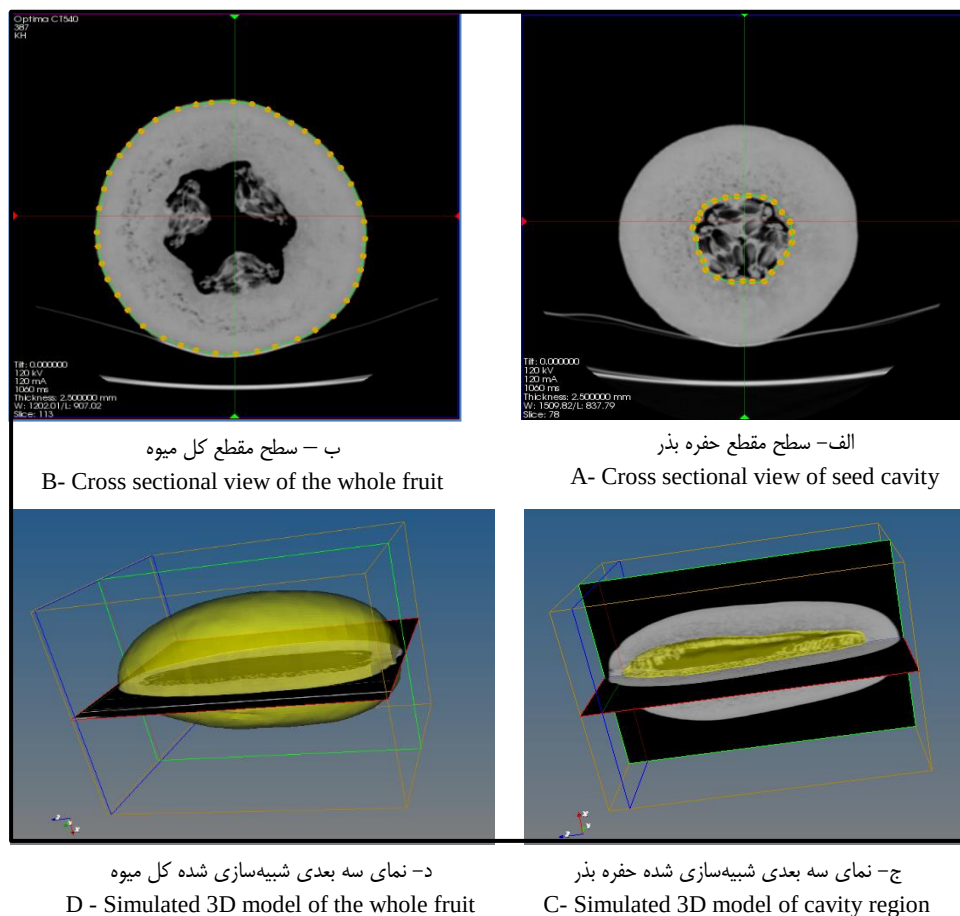
آلمان، در دمای ۱۸ درجه سلسیوس تعیین گردید. این رفراکتومتر مجهز به سامانه تصحیح خطای ناشی از دما می‌باشد. TSS معیاری از میزان شیرین بودن میوه است. مقدار pH عصاره هر نمونه بوسیله pH متر دیجیتالی مدل 1381-k ساخت شرکت TES در دمای ۱۸ درجه سلسیوس تعیین گردید. این دستگاه نیز مجهز به سیستم تصحیح خودکار خطای ناشی از دما می‌باشد. برای تعیین وزن مخصوص (ρ) قسمت خوراکی میوه، در ابتدا نمونه‌هایی از گوشت میوه توسط ترازوی دیجیتالی توزین شد. سپس به منظور تعیین حجم نمونه‌ها، وارد یک استوانه مدرج که دقت آن یک سانتیمتر مکعب و حاوی مایع تولوئن بود شدند. تولوئن (C7H8) بر خلاف آب جذب نمونه‌های آزمایش نشده (۱۴) و همچنین وزن مخصوص آن نیز از آب کمتر است، لذا نمونه‌ها بر روی سطح مایع شناور نمی‌شوند. این ویژگی موجب تعیین دقیق‌تر و سهولت خواندن حجم مایع جابه‌جا شده می‌شود.

در این پژوهش، درصد حجم حفره بذر از حاصل ضرب عدد ۱۰۰ در حاصل تقسیم حجم حفره بذر به حجم کل هر نمونه محاسبه گردید. تغییر فاکتور کمی درصد حجم حفره بذر در کنار عواملی مانند درصد رطوبت، درصد مواد جامد محلول، وزن حجمی، و pH با تغییر همزمان دو متغیر کیفی "توده خربزه" (با دو سطح قصری و خاتونی) و متغیر اسمی "مرحله برداشت" (با سه سطح ۱۵ و ۳۰ روزه و رسیدگی کامل) با استفاده از آزمون فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. نرمال بودن داده‌ها بوسیله برنامه SPSS مورد بررسی قرار گرفت. در تجزیه و تحلیل داده‌ها سطح معنی‌داری آماری ۱ درصد انتخاب شد. با استفاده از روش تحلیل چند متغیری MANOVA^۱ نیز تاثیر کلی کمیات مورد بررسی در بین دو فاکتور مستقل توده و مرحله برداشت مورد مطالعه قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال یک درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

بخش‌های انتخاب شده از هر مقطع تصویر و همچنین نتایج حاصل از شبیه‌سازی حجم حفره بذر و حجم میوه که بوسیله نرم‌افزار پزشکی Microview ترسیم شده در شکل ۳ الف تا د قابل مشاهده است. نتایج تحلیل در جداول ۲ و ۳ آمده است.

مطابق با داده‌های جدول ۳ با بالغ شدن میوه و تغییر روند سنی محصول از مرحله اول به مرحله سوم با وجود این که حجم حفره بذر افزایش می‌یابد اما نرخ این میزان افزایش نسبت به افزایش حجم



شکل ۳- نمایی از سطوح مقطع انتخاب شده و تصاویر شبیه‌سازی شده نمونه‌های میوه دو توده محلی خربزه
Figure 3- Cross sectional views and simulated 3D models of a typical samples in two native melon landraces

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تاثیر فاکتور توده و مرحله برداشت بر برخی صفات فیزیولوژیکی میوه خربزه
Table 2- ANOVA (mean of squares) for the effect of landrace and harvest stage on some physiological traits of melon

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد حجم حفره بذر Seed cavity percentage	درصد رطوبت Humidity percentage	درصد مواد جامد محلول TSS	وزن حجمی Density	pH
توده Landrace (A)	1	357.245**	24.283**	7.951**	0.001**	1.083**
مرحله برداشت Harvest stage (B)	2	117.774**	114.736**	390.874**	0.02**	12.526**
توده × مرحله برداشت A×B	2	3.189 ns	1.803 ns	0.107 ns	0.000096 ns	0.013 ns
خطا Error	84	1.954	0.533	0.208	0.000058	0.017
ضریب تغییرات CV (%)	-	11.6	2	33.1	2.2	10.9

** و ns به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.
** and ns: Significant at 1% probability level and no significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های عوامل مختلف در سطوح مختلف مقادیر توده و مرحله برداشت
Table 3- Comparison of means factors at different levels of cultivar and harvest stage

توده Landrace	مرحله برداشت Harvest stage	درصد حجم حفره بذر Seed cavity (%)	درصد مواد جامد محلول TSS	pH	وزن حجمی Density (g/cm3)	درصد رطوبت Humidity percent
قصری Ghasri	1	29.71 ^a	5.68 ^c	4.70 ^c	94.04 ^a	1.08 ^a
	2	27.13 ^b	9.81 ^b	5.05 ^b	92.42 ^b	1.05 ^b
	3	25.20 ^c	12.74 ^a	5.98 ^a	90.61 ^c	1.02 ^c
خاتونی Khatooni	1	24.97 ^a	4.97 ^c	4.53 ^c	93.52 ^a	1.07 ^a
	2	23.55 ^b	9.21 ^b	4.81 ^b	91.31 ^b	1.04 ^b
	3	21.55 ^c	12.27 ^a	5.73 ^a	89.12 ^c	1.02 ^c

میانگین‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

اعداد یک، ۲ و ۳ به ترتیب بیانگر مراحل برداشت ۱۵ و ۳۰ روزه و رسیدگی کامل می‌باشند.

Means with the same letters in each column have no significant difference based on Duncan's multiple range test ($\alpha = 0.01$).

The numbers 1, 2 and 3 indicate the 15 day and 30 day harvesting stages and complete ripening stage, respectively.

جدول ۴- نتایج آزمون رگرسیون
Table 4- Results of regression Testing

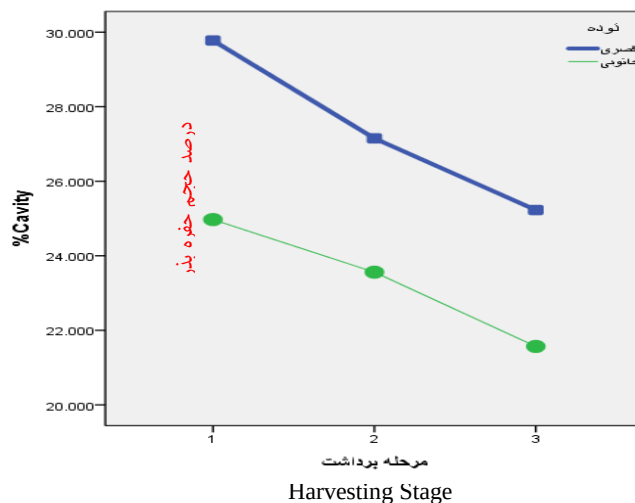
توده Landrace		قصری Ghasri			خاتونی Khatooni			
متغیر وابسته Dependent variable	درصد رطوبت Humidity percentage	درصد مواد جامد محلول TSS	وزن حجمی Density	pH	درصد رطوبت Humidity percentage	درصد مواد جامد محلول TSS	وزن حجمی Humidity percent	pH
B	0.636	-1.164	0.01	-0.219	0.875	-1.163	0.009	-0.211
K	74.954	41.226	0.777	11.231	70.877	35.974	0.824	9.949
R ²	0.881	0.792	0.871	0.770	0.790	0.588	0.771	0.644
F	319.428	164.037	290.248	143.852	161.568	61.380	145.075	77.770
sig	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

B نمایانگر ضریب متغیر مستقل "درصد حجم حفره بذر" و K بیانگر مقدار ثابت در رگرسیون خطی است.

B represents the independent variable coefficient for "Seed Cavity" and K indicates the constant value in linear regression.

جدول ۵- نتایج آزمون چند متغیره ارتباط کیفیت میوه با عوامل توده و زمان برداشت
Table 5- The results of multivariate testing on the relationships of fruit quality with landrace and harvest time

تیمار Treatment	توده Landrace	مرحله برداشت Harvesting stage		
آزمون Test	اثر پیلائی Pillai's trace	لامبدای ویلکس Wilks' lambda	اثر پیلائی Pillai's trace	لامبدای ویلکس Wilks' lambda
F	482.449	482.449	299.427	593.965
Sig	0.00	0.00	0.00	0.00



شکل ۴- تغییرات درصد حجم حفره بذر در میوه دوتوده بومی خربزه
Figure 4- Variation in seed cavity (%) in two native melon fruits

عواملی تاثیر گذار بر کیفیت و بازار پسندی میوه خربزه هستند، بررسی و روند تغییرات آنها در طی فصل رشد در دو توده شناخته شده قصری و خاتونی مورد مطالعه قرار گرفت. با مطالعه روند این تغییرات کشاورز می تواند کلیه مراحل رشد میوه را مدیریت کرده و با آبیاری مناسب و به موقع و کوددهی کافی در زمان مناسب بر کیفیت میوه تولید شده تاثیر گذار باشد و این خود می تواند گامی موثر در تولید محصولاتی با کیفیت بالاتر باشد. نتایج این پژوهش همبستگی متغیرهای وابسته درصد رطوبت، درصد مواد جامد محلول، وزن حجمی و pH را با متغیر مستقل درصد حجم حفره بذر در دو توده مورد مطالعه نشان داد. علاوه بر آن تاثیر آشکار دو عامل مرحله برداشت و نوع توده بر دیگر عوامل مورد آزمایش مشهود بود. در این بین استفاده از تکنیک مقطع نگاری یارانه‌ای پرتو ایکس به عنوان روشی غیر مخرب که توانایی رصد تغییرات درونی میوه را داراست، کمک شایانی به مطالعه خصوصیات درونی میوه خربزه نمود که از این روش به عنوان روشی دقیق می توان در بررسی دیگر محصولات کشاورزی نیز استفاده نمود.

سپاسگزاری

در پایان از جناب آقای دکتر بهرام عابدی استادیار محترم گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشگاه فردوسی به خاطر راهنمایی‌های ارزنده در خصوص موارد علمی مرتبط و همچنین از پرسنل بخش سی تی اسکن بیمارستان مهر مشهد به خصوص آقایان روشن و حسینی که همکاری لازم را در اجرای این پژوهش داشته‌اند، قدردانی می شود. از معاونت محترم پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی نیز بدلیل حمایت مالی این تحقیق که در غالب طرح پژوهشی شماره ۴۳۱۷۷ صورت گرفته تشکر می گردد.

نتایج آزمون رگرسیون که در جدول ۴ آمده است، همبستگی متغیرهای وابسته درصد رطوبت، درصد مواد جامد محلول، وزن حجمی و pH را با متغیر مستقل درصد حجم حفره بذر در دو توده مورد مطالعه نشان می دهد، اما با توجه به مقدار R^2 در توده قصری، این همبستگی قویتر می باشد.

مقادیر مثبت B در درصد رطوبت و وزن حجمی بیانگر همبستگی مثبت این مقادیر با درصد حجم حفره بذر و مقادیر منفی B در درصد مواد جامد محلول و pH بیانگر همبستگی منفی آنها با درصد حجم حفره بذر میوه خربزه می باشد. چنانچه مقادیر کمی درصد حجم حفره بذر، درصد رطوبت، مقدار pH، درصد رطوبت، وزن مخصوص و درصد مواد جامد محلول را از اجزای سازه "ویژگی کیفی میوه" در نظر بگیریم، مطابق با نتایج آزمون چند متغیره که در جدول ۵ آمده است، مشاهده می شود که میانگین سازه کلی ویژگی کیفی میوه در بین گروه‌های مختلف زمان‌های برداشت و همچنین در بین دو گروه مختلف توده، تفاوت معنی داری را دارا است. این امر با توجه به مقدار به دست آمده ضریب معنی داری (sig) از دو آزمون اثر پیلای^۱ و لامبدای ویلکس^۲ مشهود است. ستون آخر جدول ۲ نیز نشان می دهد برهمکنش معنی داری بین دو فاکتور توده و مرحله برداشت وجود ندارد.

نتیجه گیری

در این تحقیق درصد حجم حفره بذر در کنار ویژگی هایی چون درصد مواد جامد محلول، درصد رطوبت، وزن مخصوص، و pH که

1- Pillai's trace
2- Wilks' lambda

منابع

- 1- Altuntas E., and Bayram M. 2013. The physical, chemical and mechanical properties of medlar (*Mespilus germanica* L.) during physiological maturity and ripening period 2. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 30: 33-40.
- 2- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists Press. Washington. DC.
- 3- Barcelon, E.G., Tojo, S., and Watanabe, K. 1999. X-ray CT imaging and quality detection of peach at physiological maturity. Transactions of the ASAE, 42, p. 435-441.
- 4- Beaulieu J.C., and Lea J.M. 2007. Quality changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cut cubes prepared from fruit harvested at various maturities. Journal of American Society for Horticultural Science 132(5): 720-728.
- 5- Bianchi T., Guerrero L., Gratacós-Cubarsí M., Claret A., Argyris J., Gracia-Mas J., and Hortós M. 2016. Textural properties of different melon (*Cucumis melo* L.) fruit types: Sensory and physical-chemical evaluation. Scientia Horticulture 201: 46-56.
- 6- Cubero S., Aleixos N., Moltó E., Gómez-Sanchis J., and Blasco J. 2010. Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables. Food Bioprocess Technology 4: 487-504.
- 7- Diels E., van Dael M., Keresztes J., Vanmaercke S., Verboven P., Nicolai B., Saey W., Ramon H., and Smeets B. 2017. Assessment of bruise volumes in apples using X-ray computed tomography. Postharvest Biology and Technology 128: 24-32.
- 8- Donis-Gonzalez I.R., Guyera D.E., Peaseb A., and Fulbright D.W. 2012. Relation of computerized tomography *Hounsfield unit* measurements and internal components of fresh chestnuts (*Castanea* spp.). Postharvest Biology and Technology 64: 74-82.
- 9- Donis-Gonzalez I.R., Guyera D.E., Peaseb A., and Barthel F. 2014. Internal characterization of fresh agricultural products using traditional and ultrafast electron beam X-ray computed tomography imaging. Biosystem Engineering 117: 104-113.
- 10- Els H., Verboven P., Bongaers E., Estrade P., Bert E., Verlinden M., and Bart M.N. 2013. Characterization of 'Braeburn' browning disorder by means of X-ray micro-CT. Postharvest Biology and Technology 75: 114-124.
- 11- FAOSTAT. 2016. FAO Statistical Databases. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- 12- Franco G., Cartagena V., Correa L., and Lobo A. 2013. Physical characterization of *Gulupa* fruits (*Passiflora edulis* Sims) during ripening and postharvest. Agronomía 21: 48-62.
- 13- Genard M., and Souty M. 1996. Modeling the peach sugar contents in relation to fruit growth. Journal of the American Society for Horticultural Science 121: 1122-1131.
- 14- Ghanbarian D., Shojaei Z.A., Ebrahimi A., and Yuneji S. 2007. Physical Properties and Compositional Changes of two Cultivars of *Cantaloupe* Fruit during Various Maturity Stages. Iran Agricultural Research 25(2) and 26(1-2).
- 15- Haff R.P., Jackson E.S., Moscetti R., and Massantini R. 2015. Detection of Fruit-fly Infestation in Olives using X-Ray Imaging: Algorithm Development and Prospects. American Journal of Agricultural Science and Technology 4(1): 33-40.
- 16- Karunakaran C., Jayas D.S., and White N.D.G. 2004. Mass determination of wheat kernels from X-ray images. ASAE annual international meeting, Paper number: 043120.
- 17- Kotwaliwale N., Weckler P.R., Brusewitz G.H., Kranzler G.A., and Maness N.O. 2007. Non-destructive quality determination of pecans using soft X-rays. Postharvest Biology and Technology 45: 372-380.
- 18- Koubala B.B., Bassang G., Yapo B.M., and Raihanatou R. 2016. Morphological and Biochemical Changes during Muskmelon (*Cucumis melo* var. *Tibish*) Fruit Maturation. Journal of Food and Nutrition Sciences 4(1): 18-28.
- 19- Kumar P.A., and Bal S. 2007. Automatic unhulled rice grain crack detection by X-ray imaging. Transactions of the ASABE 50(5): 1907-1911.
- 20- Liu L., Kakihara F., and Kato M. 2004. Characterization of six varieties of *Cucumis melo* L. based on morphological and physiological characters, including shelf-life of fruit. Euphytica 135: 305-313.
- 21- Long R.L. 2005. Improving Fruit Soluble Solids Content in Melon (*Cucumis melo* L.) in the Australian Production System. Queensland University, 25- Rock Hampton, Australia.
- 22- Lorente D., Aleixos N., Gómez-Sanchis J., Cubero S., García-Navarrete O.L., and Blasco J. 2011. Recent advances and applications of hyperspectral imaging for fruit and vegetable quality assessment. Food Bioprocess Technology 5: 1121-1142.
- 23- Mairhofer S., Pridmore T., Johnson S., Johnson J., Wells D.M., Bennett M.J., Mooney S.J., and Sturrock C.J. 2017. X-Ray Computed Tomography of Crop Plant Root Systems Grown in Soil. Current Protocols in Plant Biology 2: 270-286.
- 24- Milczarek R.R., Saltveit M.E., Garvey T.C., and McCarthy M.J. 2009. Assessment of tomato pericarp mechanical damage using multivariate analysis of magnetic resonance images. Postharvest Biology Technology 52: 189-195.
- 25- Mirzaee E., Rafiee S., and Keyhani A. 2010. Evaluation and selection of thin-layer models for drying kinetics of

- apricot (cv. *NASIRY*). CIGR Journal 12(2): 111-116.
- 26- Nascimento L.M., Garcia L.G.C., Ogata T., Brandao D.C., Silva-Neto C.M., and Seleguini A. 2017. Physical and chemical characteristics and productivity of persimmons (*Diospyros kaki* L.) cultivated in the Brazilian savannah. Australian Journal of Crop Science AJCS 11(02): 234-240.
- 27- Orina I., Manley M., Kucheryavskiy S., and Williams P.J. 2018. Application of Image Texture Analysis for Evaluation of X-Ray Images of Fungal-Infected Maize Kernels. Food Analytical Methods 11(10): 2799-2815.
- 28- Parveen S., Ali MA., Asghar M., Khan AR., and Salam A. 2012. Physico-chemical changes in muskmelon (*Cucumis melo* L.) as affected by harvest maturity stage. Journal of Agricultural Research 50: 249-260.
- 29- Renu R., and Chidanand D.V. 2013. Internal Quality Classification of agricultural produce using Non-destructive Image Processing Technologies. International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology 2(4): 535-543.
- 30- Robertson R.W., and Decker-Walters D.S. 1999. Cucurbits. CAB International, New York.
- 31- Tanaka F., Nashirob K., Obatakeb W., Tanaka F., and Uchino F. 2018. Observation and analysis of internal structure of cucumber fruit during storage using X-ray computed tomography. Engineering in Agriculture, Environment and Food 11(2): 51-56
- 32- Thomas P., Kannan A., Degwekar V.H., and Ramamurthy M.S. 1995. Non-destructive detection of seed weevil infested mango fruits by X-ray imaging. Postharvest Biology and Technology 5: 161-165.
- 33- Van Dael M., Verboven P., Zanella A., Sijbers J., and Nicolai B. 2018. Combination of shape and X-ray inspection for apple internal quality control: in silico analysis of the methodology based on X-ray computed tomography. Postharvest Biology and Technology.
- 34- Villanueva M., Tenorio M., Esteban M., and Mendoza M. 2004. Compositional changes during ripening of two cultivars of Muskmelon fruits. Food Chemistry 87: 179-185.



Estimation of Melon Seed Cavity Volume Using X-Ray Computed Tomography

M. Aryan¹- M. Khojastehpour^{2*}- M.R. Golzarian³

Received: 09-01-2019

Accepted: 20-09-2020

Introduction: *Cucumis melo* L. is a plant from the Cucurbitaceae family. Many researchers consider the early habitat of this plant to be African, which has gradually become domesticated in Iran and Egypt. Melon fruit has undergone many physical and chemical changes during the growing season from the flowering to the maturity. Since these changes have a direct impact on the fruitfulness of fruit juices, the knowledge of process of these changes can be helpful in farm management include fertilizers, irrigation, and so on. The use of X-ray radiation in study of fruits quality and other agricultural products has always been of interest to researchers. The purpose of this study is to provide a method that is able to inspect melon fruits in non-destructive and accurate.

Materials and Methods: In this research, two local populations of melon, 'Ghasri' and 'Khatooni', were used. In summer of 2017, the specimens were collected from two adjacent farms from Abrvan village with a geographical position of 59° 58' 40" and 36° 4' 34" and an approximate height of 930 m above sea level. With the advent of flowers, a number of them were plated and harvested in 15, 30 and 45 days after flowering. In the 'Khatooni' population, as the fruit reaches its full maturity earlier than the 'Ghasri', the harvesting time was considered 40 days after flowering. In this research, the Optima-CT540, CT-Scan made by GE Healthcare was used. This device can display up to 16 cuts per round. All selected melons are in the direction of longitudinal diameter, which is the largest diameter of the fruit and entered into the device on the head. The images were loaded in the Microview medical software (v. 21), and the volume of seed cavity and the total volume of melon fruit were calculated. In this research, the quantitative change factor was a percentage of cavity volume percentage (Cavity) along with factors such as moisture content percentage, soluble solids, volumetric weight, and pH, with simultaneously changing two qualitative variables of "Melon variety " (with two levels of 'Ghasri' and 'Khatooni'). The nominal variable "harvesting stage" (with three levels) was performed using multivariate analysis of variance (MANOVA) and combined with Duncan's multiple range test using SPSS (v. 24) software. Normality of data was also evaluated by the SPSS software. Data was analyzed at 1% of probability level.

Results and Discussion: The results of this study showed that as the fruit grows, the volume of seed cavity increases, but the rate of this increase is lower than the increase in total fruit volume. This causes the percentage of seed cavity to decline during the growing season. Meanwhile, there is a decrease in the amount of 'Ghasri', which has a larger lateral mass compared to the 'Khatooni'. By decreasing the volume of seed cavity during the growth period, the percentage of moisture content and specific gravity of fruit is reduced. The moisture content decreased from 94.04 to 90.61% in 'Ghasri' and from 93.52 to 89.12% in 'Khatooni', which showed a significant difference ($p \leq 0.01$) at each stage. The percentage of soluble solids increased from a minimum of 4.97% in the type of 'Khatooni' to a maximum of 12.74% in the 'Ghasri' type during the growing season, and the pH value in this experiment was from a minimum of 4.53 in the type of 'Khatooni' to the maximum value of 5.98 has changed in 'Ghasri'.

Conclusion: The results of this study showed correlation between the dependent variables of moisture content, the percentage of soluble solids, volumetric weight and pH with independent variable of seed cavity volume in 'Ghasri' population. In addition, the apparent impact of two harvesting stages and the variety on other factors was evident. In the meantime, the use of X-Ray Computed Tomography Techniques as a non-destructive method to observe the internal variation of the fruit has helped to study the intrinsic properties of melon fruit.

Keywords: CT scan, Fruit flesh, Nondestructive

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Professor and Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.

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

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.78294



مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی تأثیر محلول پاشی پلی آمین ها بر رشد، ویژگی های میوه و عملکرد درختان پسته (*Pistacia vera* L.) رقم 'اکبری'

غلامحسین داوری نژاد^۱ - مینا نورزاده نامقی^{۲*} - علی مومن^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۲

چکیده

کاهش عملکرد پسته ارتباط نزدیکی با اختلالات میوه و تنش های مختلف محیطی دارد. پلی آمین ها گروهی از تنظیم کننده های رشد گیاهی هستند که تأثیر مثبتی بر رشد و توسعه گل و میوه در برابر تنش ها دارند. بنابراین، هدف این مطالعه ارزیابی تأثیر پلی آمین ها در شرایط کم آبی محل آزمایش بر صفات رویشی، ویژگی های میوه و عملکرد درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم 'اکبری' بود. برای این منظور، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و هفت تیمار شامل محلول پاشی پلی آمین های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین در غلظت های صفر (شاهد)، ۰/۱ و ۱ میلی مولار در دو مرحله زمانی تمام گل و دو هفته بعد از تمام گل در منطقه فیض آباد مولات استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۵ انجام شد. نتایج نشان داد که محلول پاشی پلی آمین ها در درختان کم محصول با وجود کاهش درصد پوکی تأثیر معنی داری بر عملکرد پسته نداشت. با این وجود در درختان پرمحصول، کاربرد این تنظیم کننده ها به ویژه پوترسین سبب کاهش ریزش میوه و افزایش شاخص سبزیگی، تعداد دانه در خوشه و عملکرد در مقایسه با شاهد شد. با توجه به نتایج همبستگی، تأثیر مثبت پلی آمین ها بر بهبود عملکرد در درختان پرمحصول عمدتاً به دلیل جلوگیری از ریزش میوه و افزایش تعداد دانه در خوشه بود. به طوری که میزان تولید در شاخه در تیمارهای پوترسین، اسپرمین و اسپرمیدین در غلظت ۰/۱ میلی مولار به ترتیب ۴۶/۲، ۱۴/۶ و ۱۵/۲ درصد و در غلظت ۱ میلی مولار به ترتیب ۳۸/۷، ۲۴/۷ و ۱۹/۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داشت. همچنین محلول پاشی پلی آمین پوترسین دو هفته بعد از تمام گل نتایج بهتری در افزایش طول شاخه در درختان پرمحصول نشان داد. به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان می دهد که محلول پاشی پوترسین در مقایسه با اسپرمین و اسپرمیدین در شرایط کم آبی می تواند بر بهبود صفات رویشی و زایشی و در نتیجه عملکرد درختان پسته رقم 'اکبری' مؤثرتر باشد.

واژه های کلیدی: اسپرمین، اسپرمیدین، پوترسین، ریزش جوانه گل، ریزش میوه

مقدمه

است به علت مشکلات فیزیولوژیکی متعدد از جمله ریزش جوانه های گل، ریزش میوه ها، پوکی، ناخندانی، بدشکلی میوه ها و زودخندانی در پسته باشد (۳۷) که این مشکلات می تواند ناشی از گرده افشانی، کوددهی نامناسب، و شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی و شوری آب و خاک باشد (۱۱). از این رو استفاده از راهکارهایی جهت کاهش اثرات تنش های محیطی و اختلالات فیزیولوژیکی درختان پسته به منظور افزایش کمیت و کیفیت این محصول ضروری به نظر می رسد. کاربرد خارجی تنظیم کننده های رشد گیاهی یکی از روش های موثر باغبانی است که سبب بهبود کیفیت و عملکرد برخی از درختان میوه می شود (۴۲). پلی آمین ها گروهی از تنظیم کننده های رشد گیاهی با وزن مولکولی کم و گروه های هیدروکربنی متفاوت هستند (۳۰) که عمده آن ها به صورت پوترسین (دی آمین)، اسپرمیدین (تری آمین) و اسپرمین (تترا آمین) در گیاهان یافت می شوند. این تنظیم کننده های گیاهی به علت بار الکتریکی مثبتی که دارند به مولکول های آنیونی از

پسته یکی از مهمترین محصولات باغی است که تولید آن در کشور تاریخچه ای طولانی دارد، به طوری که ایران بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده این محصول به شمار می آید (۱۱). ایران با وجود دارا بودن بیشترین سطح زیرکشت جهانی پسته (۶۰ درصد) در مقایسه با کشورهای ایالات متحده آمریکا و ترکیه از متوسط عملکرد پایینی در هکتار برخوردار است (۱۲). کاهش عملکرد پسته ممکن

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دکتری علوم باغبانی (گرایش میوه کاری)، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*- نویسنده مسئول: Email: nurzadehnamaghi.mina@mail.um.ac.ir)

۳- دکتری کشاورزی (گرایش اگر واکولوژی)، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

داد. بعلاوه این محققین گزارش کردند که پلی آمین اسپرمین به علت جذب مستقیم به وسیله گل ها و جوانه های گل در مقایسه با پوترسین و اسپرمیدین نقش مهمی در کاهش ریزش درصد جوانه های گل در سال پرمحصول، کاهش درصد پوکی و میوه های بدشکل و بنابراین رشد و توسعه پسته ایفا نمود.

از آنجایی که خصوصیات فیزیولوژیکی هر گیاه و شرایط محیطی منطقه کاشت می تواند در حصول نتیجه نهایی تاثیرگذار باشد. این مطالعه با هدف بررسی تاثیر محلول پاشی پلی آمین های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین بر صفات رویشی، ویژگی های میوه و عملکرد درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم اکبری در شرایط کم آبی در منطقه فیض آباد مهولات استان خراسان رضوی انجام شد.

مواد و روش ها

این مطالعه در یک باغ تجاری بر روی درختان پسته ۲۰ ساله، رقم اکبری^۱ (*Pistacia vera* L. cv. 'Akbari') واقع در قسمت غربی منطقه فیض آباد مهولات استان خراسان رضوی (۳۴ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۵۸ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی، ارتفاع ۱۲۵۳ متر بالای سطح دریا) در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. آبیاری درختان باغ به صورت نواری سطحی و در فواصل ۳۶ روز انجام می گرفت. درختان پسته با فواصل ۳×۶ متر و بر روی پایه بادامی (بومی منطقه) پیوند شده بودند. اقلیم منطقه آزمایشی خشک و نیمه خشک و میزان بارندگی سالانه ۱۷۱ میلی متر بود. نتایج آنالیز خاک باغ مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به صورت کرت های خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و هفت تیمار شامل محلول پاشی با پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین در غلظت های صفر (شاهد) و ۰/۱ و ۱ میلی مولار بر روی درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم اکبری^۲ در دو زمان تمام گل (۲۳ فروردین ماه) و دو هفته بعد از تمام گل (۶ اردیبهشت ماه) انجام گردید. به طوری که برای هر حالت پرمحصول و کم محصول، سه درخت (تکرار یا بلوک) در نظر گرفته شد و کلیه تیمارها بر روی هر درخت در هفت شاخه اعمال شد. این شاخه ها یکساله، بدون انشعاب، تقریباً از نظر طول یکسان و دارای چهار خوشه در درختان پرمحصول و یک خوشه در درختان کم محصول بودند. پلی آمین های بکار برده شده پودری، خالص و ساخت شرکت سیگما بودند که از شرکت زیست آژما واقع در دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شدند.

اندازه گیری صفات

اندازه گیری شاخص سبزیبگی یا محتوی نسبی کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج (SPAD-502, Konica Minolta)

جمله اسیدهای نوکلئیک، پروتئین ها، فسفولیپیدها و پلی ساکاریدهای پکتینی و همچنین به انواع مختلفی از آنزیم ها متصل می شوند (۳۹) و از طریق تحریک تکثیر، نسخه برداری و ترجمه DNA در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف از جمله تشکیل ریشه، تشکیل دانه گرده، گل انگیزی، جنین زایی، نمو میوه، پیری برگ، واکنش در برابر تنش های زیستی و غیرزیستی و آلودگی به وسیله قارچ ها و ویروس ها نقش دارند (۱۷، ۲۱، ۲۲، ۲۴ و ۲۸). مطالعات متعددی نشان داده است که توسعه رویشی و زایشی گیاهان با غلظت کل پلی آمین ها یا یکی از این سه پلی آمین عمده در ارتباط است (۲۳، ۲۷ و ۴۳). به طوری که نقش پلی آمین های آزاد پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین به عنوان تنظیم کننده رشد در مراحل مختلف رشد و نمو جوانه ها، گل ها و میوه ها در درختان مرکبات، انگور و آلو گزارش شده است (۳، ۵، ۶ و ۱۵). کاربرد این مواد به عنوان تنظیم کننده رشد گیاهی از طریق محلول پاشی در درختان میوه انگور، انبه و لیچی سبب کاهش ریزش شدید میوه ها و افزایش کیفیت و عملکرد میوه شده است (۶ و ۲۶). شواهدی برای نقش مستقیم پلی آمین ها در سازگاری گیاهان به تنش های زنده و غیرزنده نیز گزارش شده است. پلی آمین ها از طریق کاهش رادیکال های آزاد، جلوگیری از تخریب ساختار سلول و غشاء، حفظ تعادل بین کاتیون ها و آنیون ها (۸)، تنظیم کانال های یونی و القای سنتز ATP می توانند باعث محافظت گیاهان در برابر تنش های غیرزیستی شوند (۲۵). طی مطالعه ای مشخص شد که نهال های انگور رقم کاهلی کرکناح^۱ که دارای سطوح بالایی از پلی آمین بودند در مقایسه با نهال های انگور رقم گلب ساردوک^۲ با سطوح پلی آمین کمتر، در برابر شرایط کم آبی تحمل بیشتری از خود نشان دادند (۴۰). کامیاب و همکاران (۱۹) نشان دادند که محلول پاشی پلی آمین ها بر روی دانهال های پسته بادامی زرنده تحت شرایط شوری منجر به افزایش رشد آن ها در مقایسه با تیمار شاهد شد. کامیاب و همکاران (۱۸) نیز طی تحقیقی با بررسی تاثیر محلول پاشی پلی آمین های اسپرمین و اسپرمیدین در ترکیب با اسیدهای آلی (اسیدهای آمینه و آسکوربیک اسید) بر روی ارقام مختلف پسته اکبری، اوحدی و کله قوچی اظهار داشتند که کاربرد آسکوربیک اسید و اسیدهای آمینه به تنهایی ویژگی های میوه و عملکرد درختان را بهبود دادند، اما زمانی که با پلی آمین های اسپرمین و اسپرمیدین ترکیب شدند، تأثیر قابل توجهی در کاهش ریزش میوه، میوه های پوک و بدشکل و افزایش درصد خندانی و عملکرد در مقایسه با شاهد نشان دادند. همچنین خضری و همکاران (۲۰) بیان داشتند که کاربرد خارجی پلی آمین ها دو هفته پس از تمام گل بر روی پسته رقم کله قوچی، حجم پلی آمین های آزاد را در شاخه ها در دو سال کم محصول و پرمحصول افزایش

1- Kahli kerkennah
2- Guelb sardouk

(مدل LI-3100c) انجام شد. اندازه گیری طول و قطر شاخه های سال جاری نیز با استفاده از کولیس دیجیتال میلی متری و در زمان برداشت محصول انجام گرفت.

Japan)، چهار هفته بعد از اعمال تیمارها انجام شد. به گونه ای که از هر شاخه تعداد پنج برگ کامل و سالم انتخاب و شاخص سبزیبگی قرائت و ثبت شد. اندازه گیری سطح برگ در مرداد ماه انجام گردید. به منظور تعیین سطح برگ، برگ های کامل و سالم از شاخه ها جمع آوری و سپس اندازه گیری نمونه ها با دستگاه دیجیتال سطح سنج برگ

جدول ۱- برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ آزمایشی

Table 1- Some physical and chemical properties of soil profile in the experimental orchard

عمق Depth (cm)	بافت Texture			هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH	کربن آلی Organic C (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)
	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)						
0-30	67	17	16	5.22	7.55	0.23	0.03	5.9	258.3
30-60	68	16	16	4.5	7.53	0.11	0.02	2.7	175

غلظت ۱ و ۰/۱ میلی مولار به ترتیب با ۵۱/۵ و ۵۰/۳ درصد و اسپرین در غلظت ۰/۱ میلی مولار با ۴۸/۲ درصد به طور قابل توجهی سبب افزایش شاخص سبزیبگی در مقایسه با شاهد (۳۹/۹ درصد) شدند (جدول ۳). اگرچه، سایر پلی آمین های به کار برده شده اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند (جدول ۳). پلی آمین ها به علت اینکه از اسیدهای آمینه (آرژنین و اورنیتین) تشکیل می شوند در ساختار خود دارای نیتروژن هستند (۲). از طرف دیگر گزارش شده است که ارتباط نزدیکی بین محتوی کلروفیل و نیتروژن برگ وجود دارد (۱۴). بنابراین با توجه به منشا نیتروژنی پلی آمین ها، ارتباط بین داده های دستگاه کلروفیل سنج و کل حجم نیتروژن برگ ها (۹ و ۲۹) و نتایج مطالعه حاضر، می توان بیان داشت که محلولپاشی پلی آمین ها می تواند منجر به افزایش غلظت نیتروژن و به دنبال آن افزایش محتوی کلروفیل برگ ها شود. طی پژوهشی بر روی درختان گلابی مشاهده شد که محلولپاشی پوترسین، ۱۲ روز بعد از گلدهی به طور قابل توجهی غلظت نیتروژن را افزایش داد (۱۰). آنجوم (۴) بیان داشت که کاربرد غلظت ۱ میلی مولار پلی آمین اسپرمیدین بر روی دانهال های مرکبات تحت تنش شوری محتوی نسبی کلروفیل برگ و محتوی نیتروژن گیاهان را بهبود بخشید.

اثر زمان محلولپاشی تنها بر طول شاخه در درختان پرمحصول و سطح برگ در درختان کم محصول معنی دار بود ($p \leq 0.05$) (جدول ۲). در هر دو صفت مورد ارزیابی، محلولپاشی دو هفته بعد از تمام گل در مقایسه با محلولپاشی در مرحله تمام گل تأثیر بیشتری در بهبود میزان رشد شاخه و سطح برگ داشت (جدول ۳). به طوری که میزان رشد شاخه و سطح برگ دو هفته بعد از تمام گل نسبت به مرحله تمام گل به ترتیب ۱۱/۴ و ۵ درصد افزایش داشت (جدول ۳).

شمارش تعداد جوانه های گل در اوایل خرداد ماه و همچنین در زمان برداشت انجام گرفت و درصد ریزش جوانه های گل محاسبه گردید. تعداد کل میوه های هر شاخه دو هفته پس از تمام گل و مجدداً در زمان برداشت محصول شمارش شده و درصد ریزش میوه تعیین شد. برداشت محصول از شاخه های اتیکت زده شده در اواخر شهریورماه و به وسیله دست انجام گرفت. بعد از برداشت، میوه ها از هر خوشه جدا شد و کل تعداد دانه در هر خوشه محاسبه گردید. به منظور بررسی سایر صفات میوه، بعد از پوست گیری و خشک شدن کامل میوه ها در هوای آزاد به مدت یک هفته، ۱۰۰ میوه به طور تصادفی از هر تکرار شمارش شد. در این نمونه، تعداد میوه های خندان و پوک تعیین و به صورت درصد بیان شد. نسبت مغز به وزن میوه خندان در ۱۰۰ گرم محاسبه و به صورت درصد مغز بیان گردید. به منظور بیان اندازه و وزن میوه، تعداد میوه در هر ۱۰۰ گرم نیز تعیین شد. همچنین عملکرد در هر تیمار به صورت وزن خشک میوه های خندان پوست گیری شده و خشک شده از هر شاخه ذکر گردید. در نهایت داده های حاصل از آزمایش به وسیله برنامه آماری SAS 9.1 تجزیه و تحلیل شد و میانگین تیمارهای مختلف توسط آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

رشد شاخه سال جاری، سطح برگ و درصد شاخص

سبزیبگی برگ

نتایج نشان داد که اثر ساده اعمال خارجی پلی آمین های آزاد تنها بر درصد شاخص سبزیبگی (محتوی نسبی کلروفیل) برگ در درختان پرمحصول معنی دار بود ($p \leq 0.05$) (جدول ۲). تیمار پوترسین در دو

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف پلی آمین و زمان محلولپاشی بر رشد شاخه، سطح برگ، شاخص سبزیگی و ریزش جوانه گل و میوه در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم اکبری^۱

Table 2- ANOVA for the effect of different polyamine treatments and spraying time on shoot growth, leaf area, leaf chlorophyll index, flower bud abscission and fruit abscission in ON- and OFF- pistachio trees cv. Akbari

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	قطر شاخه Shoot diameter		طول شاخه Shoot length		سطح برگ Leaf area		شاخص سبزیگی Leaf chlorophyll index		ریزش جوانه گل Flower bud abscission		ریزش میوه Fruit abscission	
		پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off
بلوک Block (R)	2	1.7 ^{ns}	1.4 ^{ns}	0.9 ^{ns}	2.4 ^{ns}	10.1 ^{ns}	0.5 ^{ns}	38.4 ^{ns}	28.5 ^{ns}	3.9 ^{ns}	22.9 ^{ns}	9.2 ^{ns}	6.8 ^{ns}
پلی آمین Polyamine (P)	6	0.1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	1.4 ^{ns}	0.8 ^{ns}	13.3 ^{ns}	13.4 ^{ns}	90 [*]	23.3 ^{ns}	54 ^{ns}	13.7 ^{ns}	34.3 [*]	5.5 ^{ns}
خطای (a) Error (a)	12	3.6	2.6	0.8	1.7	41.5	49.1	32.5	38.1	25.3	30.3	7.7	8.8
زمان زمان محلولپاشی Spraying Time (T)	1	0.2 ^{ns}	0.01 ^{ns}	2.1 [*]	0.4 ^{ns}	1.3 ^{ns}	20.9 [*]	77.2 ^{ns}	221.8 ^{ns}	73.1 ^{ns}	0.2 ^{ns}	6.7 ^{ns}	2.5 ^{ns}
P×T	6	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1 [*]	0.5 ^{ns}	4.9 ^{ns}	0.1 ^{ns}	23.6 ^{ns}	3.5 ^{ns}	20.2 ^{ns}	2.1 ^{ns}	2.6 ^{ns}	1.3 ^{ns}
R×T	2	0.3 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.4 ^{ns}	2.5 [*]	4.2 ^{ns}	6.1 ^{ns}	7.6 ^{ns}	40.1 ^{ns}	0.6 ^{ns}	5.02 ^{ns}	0.9 ^{ns}	0.9 ^{ns}
خطای باقیمانده Residual (error)	12	0.1	0.05	0.3	0.6	3.2	3.3	32.5	59.8	19.7	4.8	2.7	1.1
ضریب تغییرات CV (%)	-	4.5	3.1	12.5	13.9	5.7	5.2	12.2	15.1	12.8	11.1	12.2	10.9

^{ns} و ^{*} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و غیر معنی دار
**، * and ^{ns} significant at 1%, 5% of probability level and non-significant, respectively.

جدول ۳- اثر محلولپاشی برگ پلی آمین ها و زمان کاربرد آن بر رشد شاخه سال جاری، سطح برگ و شاخص سبزیگی برگ در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم اکبری^۱

Table 3- The effect of foliar application of polyamines and its application time on current-year shoot growth, leaf area and leaf chlorophyll index in ON- and OFF- pistachio trees cv. 'Akbari'

تیمارها Treatments		قطر شاخه		طول شاخه		سطح برگ		شاخص سبزیگی	
		Shoot diameter (mm)		Shoot length (cm)		Leaf area (cm ²)		Leaf chlorophyll index (%)	
		پر محصول On	کم محصول Off	پر محصول On	کم محصول Off	پر محصول On	کم محصول Off	پر محصول On	کم محصول Off
پلی آمین Polyamine	Spm 0.1	7.8a	7.7a	4.3a	5.8a	32.3a	35.2a	48.2ab	50.3a
	Spm 1	7.8a	7.8a	4.7a	5.9a	32.9a	36.9a	46.5abc	52.5a
	Spd 0.1	7.5a	7.5a	4.7a	5.3a	31.2a	33.3a	46.7abc	49.4a
	Spd 1	7.4a	7.5a	4.6a	5.5a	29.4a	35.5a	44.1bc	52.4a
	Put 0.1	7.8a	7.7a	5.2a	5.7a	30.7a	34.6a	50.3ab	51.2a
	Put 1	7.6a	7.7a	5.2a	6.3a	32.9a	36.5a	51.5a	53.9a
	Control	7.5a	7.4a	3.8a	5.3a	29.5a	32.9a	39.9c	48.2a
	LSD (p=0.05)	2.4	2	1.1	1.7	8.1	8.8	7.2	7.8
زمان محلولپاشی Spraying time	FB	7.7a	7.6a	4.4b	5.6a	31.1a	34.3b	45.4a	48.8a
	2WAFB	7.6a	7.6a	4.9a	5.8a	31.5a	35.7a	48.1a	53.4a
	LSD (p=0.05)	0.2	0.2	0.4	0.5	1.2	1.2	3.8	5.2

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند ($p \leq 0.05$). Spm، Spd و Put به ترتیب اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین می- باشند. FB: تمام گل، 2WAFB: دو هفته بعد تمام گل

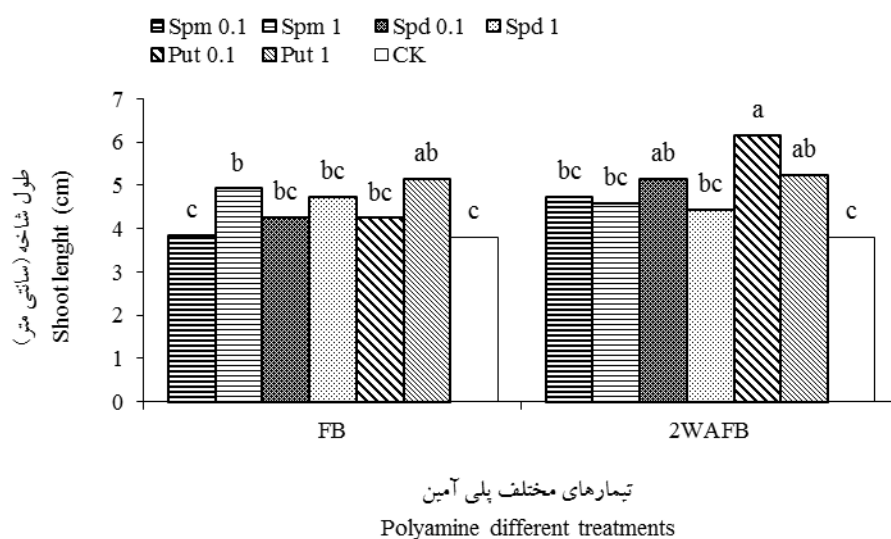
In each column, means with similar letters are not significantly different ($p \leq 0.05$). Spm, Spd and Put are spermine, spermidine and Putrescine, respectively. FB: full bloom, 2WAFB: two weeks after full bloom

آزاد درون شاخه ها در هر دو درختان پرمحصول و کم محصول شد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد اعمال پوترسین دو هفته بعد از تمام گل در مقایسه با سایر تیمارها (اسپرمین و اسپرمیدین) به طور معنی داری محتوی پوترسین شاخه ها را افزایش داد (۲۰). گزارش شده است که مقدار پوترسین درون گیاه بعد از تمام گل یا بعد از تشکیل میوه کاهش و دو هفته بعد از تمام گل بیوستن آن دوباره افزایش می- یابد (۲۷). از این رو به نظر می- رسد علت موثرتر بودن پلی آمین پوترسین در مرحله دو هفته بعد از تمام گل، افزایش بیشتر بیوستن آن در گیاه، در نتیجه کاربرد خارجی پوترسین باشد.

درصد ریزش جوانه گل و میوه

بر طبق مشاهدات حاصل از تجزیه واریانس، تنها ریزش میوه تحت تأثیر تیمارهای مختلف پلی آمین معنی دار بود ($p \leq 0.05$) (جدول ۲). تمامی پلی آمین ها در درختان پرمحصول باعث کاهش ریزش میوه شدند. با این وجود، کاربرد پلی آمین پوترسین در غلظت های ۱ و ۰/۱ میلی مولار با مقادیر ۱۱/۱ و ۱۱/۳ درصد در مقایسه با سایر تیمارها در کاهش ریزش میوه موثرتر بود (جدول ۴). در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است که کاربرد خارجی پلی آمین ها منجر به کاهش ریزش شدید میوه ها در انبه (۲۶) و لیچی (۳۶) شد.

اثر متقابل بین تیمارهای مختلف پلی آمین و زمان محلولپاشی تنها بر طول شاخه در درختان پرمحصول تأثیر معنی داری داشت و سایر صفات از این نظر اختلاف معنی داری نداشتند ($p \leq 0.05$) (جدول ۲). نتایج نشان داد که در زمان محلولپاشی در مرحله تمام گل، غلظت ۱ میلی مولار پلی آمین ها تأثیر بیشتری در افزایش طول شاخه داشت. اگرچه، هر سه پلی آمین مورد استفاده در این غلظت تفاوت معنی داری با یکدیگر نشان ندادند، اما در زمان دو هفته بعد از تمام گل بیشترین طول شاخه در غلظت ۰/۱ میلی مولار پلی آمین ها حاصل شد و در این بین، پلی آمین پوترسین با ۶/۱ سانتی متر دارای بیشترین طول شاخه بود (شکل ۱). همچنین در این مرحله میزان طول شاخه در غلظت ۱ میلی مولار اسپرمین و اسپرمیدین در مقایسه با مرحله تمام گل کاهش داشت، درحالی که طول شاخه در غلظت ۱ میلی مولار پوترسین نسبت به مرحله تمام گل اندکی افزایش نشان داد. به طور کلی محلولپاشی پلی آمین پوترسین در هر دو غلظت و بخصوص غلظت ۰/۱ میلی مولار در مرحله دو هفته بعد از تمام گل موثرترین تیمار در افزایش طول شاخه بود (شکل ۱). طی پژوهشی که بر روی پسته رقم کله قوچی انجام شد، مشخص گردید که کاربرد خارجی پلی آمین ها بر روی شاخه به ویژه دو هفته بعد از تمام گل سبب افزایش محتوی پلی آمین های



شکل ۱- اثر متقابل تیمارهای مختلف پلی آمین × زمان محلولپاشی بر طول شاخه در درختان پرمحصول پسته رقم اکبری
Figure 1- Interaction effect of different polyamine treatments × spraying time on shoot length in ON- pistachio trees cv. 'Akbari'

جدول ۴- اثر محلولپاشی برگ پلی آمین ها و زمان کاربرد آن بر ریزش جوانه گل و میوه در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم اکبری
Table 4- The effect of foliar application of polyamines and its application time on flower bud and fruit abscission in ON- and OFF- pistachio trees cv. 'Akbari'

تیمارها Treatments		ریزش جوانه گل Flower bud abscission (%)		ریزش میوه Fruit abscission (%)	
		پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off
پلی آمین Polyamine	Spm 0.1	36.2a	20.4a	12.8bc	9.9a
	Spm 1	36.4a	20.4a	13.5bc	8.4a
	Spd 0.1	33.4a	21.2a	15.2ab	9.8a
	Spd 1	33.4a	17.7a	13.5bc	9.1a
	Put 0.1	30.9a	19.1a	11.3c	9.1a
	Put 1	32.9a	17.7a	11.1c	9.2a
	Control	39.9a	21.1a	18a	11.4a
	LSD ($p=0.05$)	6.3	6.9	3.5	3.7
زمان محلولپاشی Spraying time	FB	33.4a	19.7a	13.2a	9.8a
	2WAFB	36a	19.6a	14a	9.3a
	LSD ($p=0.05$)	3	1.5	1.1	0.7

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند ($p \leq 0.05$). Spm، Spd و Put به ترتیب اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین می- باشند. FB: تمام گل، 2WAFB: دو هفته بعد تمام گل

In each column, means with similar letters are not significantly different ($p \leq 0.05$). Spm, Spd and Put are spermine, spermidine and Putrescine, respectively. FB: full bloom, 2WAFB: two weeks after full bloom

متیونین^۱ لازم است که با افزایش سنتز پلی آمین ها و یا افزایش غلظت آن ها در گیاه، تولید اتیلن در گیاهان کاهش می یابد (۳). از این رو چنین به نظر می رسد که محلول پاشی پلی آمین های آزاد بخصوص پوترسین از طریق بهبود عمل لقاح و رشد و نمو جنین و یا از طریق

ریزش میوه در پسته ممکن است به علت گرده افشانی نامناسب، غالبیت میوه ها در خوشه، اندام های زایشی غیرطبیعی (۱) و رقابت بر سر منابع از جمله اسیمیلات ها و هورمون های گیاهی باشد (۳۸). مطالعات نشان داده است که پلی آمین ها نقش مهمی در گرده افشانی و توسعه جنین و میوه دارند (۱۶). همچنین مشخص شده است که برای سنتز پلی آمین ها و اتیلن، پیش ماده ی مشترک اس- آدنوزیل

1- S-adenosyle methionine

کاهش سنتز اتیلن باعث کنترل ریزش میوه ها می شوند. با این وجود، واکنش درختان کم محصول به کاربرد پلی آمین ها کمتر بود. به نظر می رسد نیاز تغذیه ای پایین در این درختان دلیل این موضوع باشد (جدول ۴).

ویژگی های میوه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد

نتایج نشان داد کاربرد کلیه پلی آمین ها در درختان کم محصول سبب کاهش درصد پوکی شد. به طوری که تیمارهای پوترسین (در هر دو غلظت) و اسپرمیدین (۱ میلی مولار) کمترین و تیمار شاهد بیشترین درصد پوکی را به خود اختصاص دادند (جدول ۵ و ۶). تأثیر معنی دار پلی آمین ها بر درصد پوکی در درختان کم محصول در مقایسه با پرمحصول می تواند به علت افزایش درصد پوکی در این درختان باشد (۱۳). دلیل عمده پوکی در پسته عدم تمایز مناسب و تخریب قسمت های مختلف کیسه جنینی به ویژه فونیکول گزارش شده است (۳۴). پلی آمین ها ترکیباتی هستند که در بسیاری از فرآیندهای گیاه از جمله جنین زایی و توسعه اندام های جنسی نقش دارند (۱۶). لذا کاهش درصد پوکی در تیمارهای پلی آمین به ویژه پوترسین می تواند به علت نقش آن ها در جلوگیری از تخریب کیسه جنینی باشد.

در بین صفات عملکردی اثر زمان محلول پاشی تنها بر درصد پوکی در درختان پرمحصول معنی دار بود ($p \leq 0.05$) (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که محلول پاشی دو هفته بعد از تمام گل به طور قابل توجهی درصد پوکی را در مقایسه با مرحله تمام گل کاهش داد (جدول ۶). محتوی پلی آمین ها در گیاهان یکساله و چندساله با رشد میوه در طول مرحله تقسیم سلولی تغییر می کند که این امر نشان می دهد بیوسنتز پلی آمین ها با رشد و توسعه بافت های تخمدان بعد از باروری و تشکیل میوه در ارتباط است (۳۵). مطالعات نشان داده است که محتوی کمتر پلی آمین ها در طول تشکیل میوه و در تخمدان های بارور شده انگور و زیتون باعث از بین رفتن جنین می شود (۳۱ و ۳۳). در آزمایشی که طی آن اثر سطوح پلی آمین های مختلف بر رشد و توسعه میوه های پارتنوکارب زیتون انجام گرفت، ثابت شد که محتوی پلی آمین ها بخصوص پوترسین در بافت مزوکارب و بذر میوه های زیتون به سرعت در طول دو هفته اول بعد از تمام گل کاهش یافت و پس از این مرحله مجدداً شروع به افزایش کرد (۷). بنابراین کاهش بیشتر درصد پوکی در مرحله دو هفته بعد از تمام گل در مقایسه با مرحله تمام گل تحت تأثیر پلی آمین ها می تواند به علت رشد و توسعه تخمدان و افزایش سنتز درونی پلی آمین ها در این مرحله باشد که همراه با اعمال برگی، سنتز بیشتری را به دنبال دارند و از این طریق در کاهش درصد میوه های پوک موثرتر هستند.

در این آزمایش اثر تیمارهای مختلف پلی آمین بر تعداد دانه در خوشه در درختان پرمحصول اختلاف معنی داری نشان داد ($p \leq 0.05$)

(جدول ۵). تیمارهای پوترسین ۱ و ۰/۱ میلی مولار و اسپرمیدین ۰/۱ میلی مولار به ترتیب با ۱۹/۳، ۱۹ و ۱۷/۱۶ دانه در خوشه در مقایسه با سایر تیمارها دارای بیشترین تعداد بودند، در حالی که افزایش تعداد دانه در خوشه در سایر پلی آمین ها تفاوت معنی داری را با شاخه های شاهد نشان ندادند (جدول ۶). نتایج همبستگی بین صفات در درختان پرمحصول نشان داد که طول شاخه و ریزش میوه ارتباط معنی داری با تعداد دانه در خوشه دارد (جدول ۷). از این رو به نظر می رسد پلی آمین ها می توانند از طریق افزایش سنتز اسیمیلاتا باعث کاهش ریزش میوه و افزایش رشد در گیاه شوند و از این طریق تعداد دانه در خوشه را افزایش دهند (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر تیمارهای پلی آمین و زمان محلول پاشی نیز نشان داد که هیچ کدام از پلی آمین ها و زمان پاشش آن ها بر تعداد دانه در ۱۰۰ گرم (بیانگر اندازه میوه)، درصد خندانی و درصد مغز میوه تأثیر معنی داری نداشتند (جدول ۶).

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده ها نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف پلی آمین در درختان کم محصول بر عملکرد شاخه معنی دار نبود ($p \leq 0.05$) (جدول ۵). اگرچه، محلول پاشی پلی آمین ها در درختان پرمحصول به طور معنی داری عملکرد در شاخه را در مقایسه با شاهد بهبود دادند ($p \leq 0.05$) (جدول ۵ و شکل ۲). همچنین بین تیمارهای پلی آمین نیز از نظر میزان عملکرد اختلاف قابل توجهی مشاهده شد. به طوری که تیمار پوترسین در هر دو غلظت ۰/۱ و ۱ میلی مولار با ۷۳/۲ و ۶۹/۵ گرم، بیشترین مقدار عملکرد در شاخه را به خود اختصاص داد (شکل ۲). تأثیر مثبت اعمال پوترسین در مرحله نهایی تشکیل میوه انبه نیز گزارش شده است و بیان شده است اعمال پوترسین می تواند به طور قابل توجهی باعث افزایش در عملکرد میوه شود (۴۱). همچنین مشخص شده است نمو مغز پسته و عملکرد آن به غلظت پلی آمین های داخلی بویژه اسپرمین در جوانه های گل بستگی دارد (۳۲). براساس مطالعه ای که طی آن تأثیر انواع پلی آمین بر عملکرد پسته کله قوچی انجام گرفت، مشخص گردید که افزایش عملکرد پسته در سال پرمحصول تحت تأثیر پلی آمین اسپرمین به علت کاهش اختلالات فیزیولوژیکی پسته از جمله زود خندانی، ناخندانی، میوه های بدشکل و پوکی بود (۲۰). طی پژوهشی دیگری بر روی پسته گزارش شد که غلظت های ۰/۵ و ۱ میلی مولار اسپرمین به علت بهبود رشد و توسعه گل های زایشی و میوه ها باعث افزایش عملکرد ارقام پسته اکبری، اوحدی و کله قوچی در دو سال پرمحصول و کم محصول شدند (۱۸). از آنجایی که پلی آمین ها به عنوان ترکیبات پلی کاتیونی نیتروژن دار و ضدپیری شناخته شده اند (۶). این احتمال وجود دارد که این تنظیم کننده های زیستی می توانند به عنوان منبع نیتروژن یا مولکول های راهنما عمل کنند و از این طریق در عملکرد پسته موثر باشند (۱۸).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف پلی آمین و زمان محلولپاشی بر ویژگی های میوه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد درختان پسته رقم اکبری
Table 5- ANOVA for the effect of different polyamine treatments and spraying time on nut attributes, No. of nuts per cluster and yield of ON- and OFF- pistachio trees cv. Akbari

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	پوکی Blank nut		خندانی Split nut		مغز Kernel		تعداد دانه در ۱۰۰ گرم No. of nuts per 100 g		تعداد دانه در خوشه No. of nuts per cluster		عملکرد Yield	
		پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off	پرمحصول On	کم Off
بلوک (R)	2	1.8 ^{ns}	44.9 ^{ns}	5.5 ^{ns}	5.2 ^{ns}	29.5 ^{ns}	8 ^{ns}	36.9 [*]	41.1 ^{ns}	7.3 ^{ns}	2.1 ^{ns}	24.6 ^{ns}	46.8 ^{ns}
پلی آمین Polyamine (P)	6	8.5 ^{ns}	47.8 [*]	26.9 ^{ns}	29.5 ^{ns}	6.8 ^{ns}	8.5 ^{ns}	2.5 ^{ns}	6.5 ^{ns}	26.9 [*]	11.7 ^{ns}	365.8 ^{**}	63.4 ^{ns}
خطای (a) Error (a)	12	9.6	14.8	17.8	21.2	22.7	23.4	7.5	17.4	7	17.2	29.4	49.1
زمان زمان محلولپاشی Spraying Time (T)	1	7.4 ^{**}	0.02 ^{ns}	20.6 ^{ns}	0.1 ^{ns}	15.3 ^{ns}	4.4 ^{ns}	2.4 ^{ns}	3.3 ^{ns}	0.9 ^{ns}	0.3 ^{ns}	6.7 ^{ns}	3.2 ^{ns}
P×T	6	0.6 ^{ns}	0.8 ^{ns}	1.8 ^{ns}	0.8 ^{ns}	0.5 ^{ns}	0.6 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	3.4 ^{ns}	1 ^{ns}	20.7 ^{ns}	7.3 ^{ns}
R×T	2	4.9 ^{**}	0.9 ^{ns}	3.1 ^{ns}	10.7 ^{ns}	10.9 ^{ns}	0.3 ^{ns}	8.9 ^{ns}	28.3 ^{ns}	3.9 ^{ns}	1.5 ^{ns}	3.8 ^{ns}	3.2 ^{ns}
خطای باقیمانده Residual (error)	12	0.6	1	12.5	12.1	14.7	4.7	4.8	16.1	6.5	2.6	17	3.6
ضریب تغییرات (CV%)	-	7.6	6.4	3.9	3.7	6.9	3.9	2.3	4.6	15.3	7.8	6.7	6

***، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار
***, * and ** significant at 1%, 5% of probability level and non-significant, respectively.

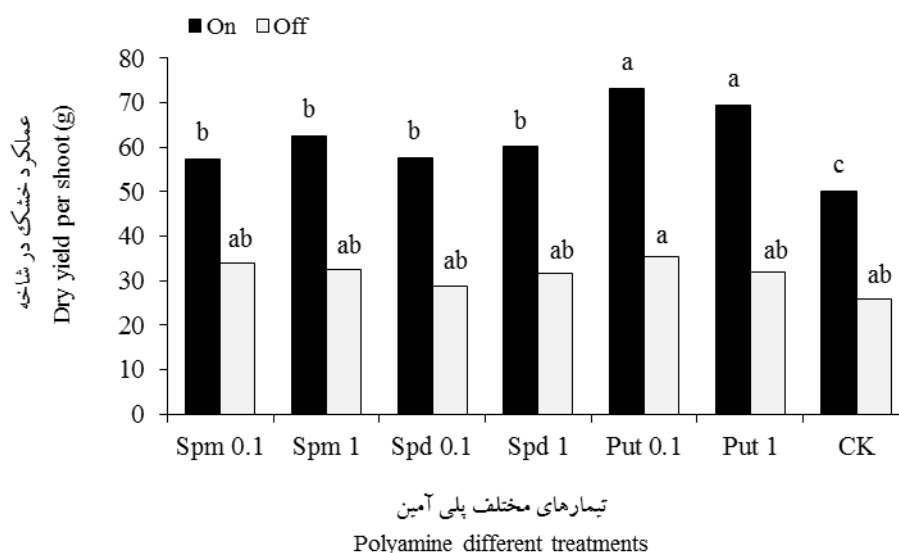
جدول ۶- اثر محلول پاشی برگه پلی آمین ها و زمان کاربرد آن بر ویژگی های میوه و تعداد دانه در خوشه در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم اکبری^۱

Table 6- The effect of foliar application of polyamines and its application time on nut attributes and number of nuts per cluster in ON and OFF pistachio trees cultivar Akbari

تیمارها Treatments		پوکی Blank nut (%)		خندانی Split nut (%)		مغز Kernel (%)		تعداد دانه در ۱۰۰ گرم No. of nuts per 100 g		تعداد دانه در خوشه No. of nuts per cluster	
		پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off
پلی آمین Polyamine	Spm 0.1	10.2a	16abc	90.9a	93.8a	55.1a	54.7a	95.3a	87.8a	16.4abcd	21.4a
	Spm 1	8.9a	14.9bc	91.6a	94.3a	55.7a	56.3a	95.8a	86.8a	15.1cd	20.3a
	Spd 0.1	11.4a	17.2ab	89.6a	93.7a	53.9a	54a	95a	87a	17.6abc	19a
	Spd 1	9a	14.4bc	92.2a	95.7a	55.2a	56a	95.8a	87.9a	15.8bcd	20a
	Put 0.1	10.2a	13.8bc	92.4a	95.6a	54.3a	55.1a	95.2a	86.4a	19ab	21.8a
	Put 1	9.3a	11.9c	93.1a	96.6a	56.6a	57.3a	94.6a	86.7a	19.3a	22.4a
	Control	11.9a	20.7a	86.9a	89.8a	53.6a	54.3a	96.6a	89.5a	13.4d	18.8a
	LSD ($p=0.05$)	3.9	4.8	5.3	5.8	6	6.1	3.5	5.3	3.3	5.2
زمان محلول پاشی Spraying time	FB	10.6a	15.6a	90.3a	94.2a	54.3a	55.7a	95.2a	87.2a	16.8a	20.6a
	2WAFB	9.7b	15.5a	91.7a	94.3a	55.5a	55a	95.7a	87.7a	16.5a	20.4a
	LSD ($p=0.05$)	0.5	0.7	2.4	2.3	2.6	1.5	1.5	2.7	1.7	1.1

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند ($p \leq 0.05$). Spm، Spd و Put به ترتیب اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین می باشند. FB: تمام گل، 2WAFB: دو هفته بعد تمام گل

In each column means with similar letters are not significantly different ($p \leq 0.05$). Spm, Spd and Put are spermine, spermidine and Putrescine, respectively. FB: full bloom, 2WAFB: two weeks after full bloom



شکل ۲- تأثیر محلول پاشی برگه پلی آمین ها بر عملکرد شاخه در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم اکبری^۱

Figure 2- The effect of foliar application of polyamines on yield per shoot in ON- and OFF- pistachio trees cv. 'Akbari'

جدول ۷- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در درختان پرمحصول پسته رقم اکبری

Table 7- Correlation between traits evaluated in ON- pistachio trees cv. 'Akbari'

صفات Traits	Sh. D	Sh. L	LA	SPAD	FBA	FA	BN	SN	K	No. N per 100 g	No. N per C	Y
Sh. D	1											
Sh. L	0.06 ^{ns}	1										
LA	0.29 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1									
SPAD	0.06 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.39*	1								
FBA	-0.01 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	-0.2 ^{ns}	-0.39**	1							
FA	-0.03 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.39*	0.28 ^{ns}	1						
BN	-0.26 ^{ns}	-0.23 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.34*	0.17 ^{ns}	0.04 ^{ns}	1					
SN	0.21 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.35*	-0.29 ^{ns}	-0.39*	-0.29 ^{ns}	1				
K	0.11 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.25 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.4**	-0.11 ^{ns}	0.06 ^{ns}	1			
No. N per 100 g	0.24 ^{ns}	0.06 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.28 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	0.004 ^{ns}	-0.1 ^{ns}	1		
No. N per C	0.02 ^{ns}	0.38*	0.09 ^{ns}	0.18 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	-0.41**	-0.08 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.06 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	1	
Y	0.14 ^{ns}	0.35*	0.02 ^{ns}	0.44**	-0.43**	-0.63**	-0.28 ^{ns}	0.44**	0.14 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	0.57**	1

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار

**، * and ns significant at 1%, 5% of probability level and non-significant, respectively.

Sh. D. Sh. L. LA. SPAD. FBA. FA. BN. SN. K. No. N per 100 g. No. N per C. Y به ترتیب نشان دهنده قطر شاخه، طول شاخه، سطح برگ، شاخص

سبزیگی، ریزش جوانه گل، ریزش میوه، پوکی، خندانی، مغز، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم، تعداد دانه در خوشه و عملکرد می باشند.

Sh. D. Sh. L. LA. SPAD. FBA. FA. BN. SN. K. No. N per 100 g. No. N per C and Y are shoot diameter, shoot length, leaf area, leaf chlorophyll index, flower bud abscission, fruit abscission, blank nut, split nut, kernel, no. of nuts per 100 g, no. of nuts per cluster and yield, respectively.

جدول ۸- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در درختان کم محصول پسته رقم اکبری

Table 8- Correlation between traits evaluated in OFF- pistachio trees cv. 'Akbari'

صفات Traits	Sh. D	Sh. L	LA	SPAD	FBA	FA	BN	SN	K	No. N per 100 g	No. N per C	Y
Sh. D	1											
Sh. L	0.27 ^{ns}	1										
LA	0.12 ^{ns}	0.09 ^{ns}	1									
SPAD	0.18 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.14 ^{ns}	1								
FBA	-0.11 ^{ns}	-0.38*	-0.32*	-0.05 ^{ns}	1							
FA	-0.04 ^{ns}	-0.3 ^{ns}	-0.51**	-0.41**	0.03 ^{ns}	1						
BN	-0.12 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.3 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.19 ^{ns}	1					
SN	0.31*	0.16 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.47**	-0.16 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	-0.39*	1				
K	0.13 ^{ns}	0.46**	0.16 ^{ns}	0.11 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.33*	0.36*	1			
No. N per 100 g	0.24 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.08 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.32*	1		
No. N per C	0.07 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.27 ^{ns}	0.4**	0.09 ^{ns}	0.1 ^{ns}	1	
Y	0.15 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.2 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	0.13 ^{ns}	1

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار

**، * and ns significant at 1%, 5% of probability level and non-significant, respectively.

Sh. D. Sh. L. LA. SPAD. FBA. FA. BN. SN. K. No. N per 100 g. No. N per C. Y به ترتیب نشان دهنده قطر شاخه، طول شاخه، سطح برگ، شاخص

سبزیگی، ریزش جوانه گل، ریزش میوه، پوکی، خندانی، مغز، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم، تعداد دانه در خوشه و عملکرد می باشند.

Sh. D. Sh. L. LA. SPAD. FBA. FA. BN. SN. K. No. N per 100 g. No. N per C and Y are shoot diameter, shoot length, leaf area, leaf chlorophyll index, flower bud abscission, fruit abscission, blank nut, split nut, kernel, no. of nuts per 100 g, no. of nuts per cluster and yield, respectively.

کاهش و تعداد دانه در خوشه افزایش یافت که در نهایت تشکیل میوه و عملکرد شاخه بهبود پیدا کرد. نتایج همبستگی بین صفات نیز این موضوع را تایید نمود، به طوری که در درختان پرمحصول بین عملکرد پسته با صفات تعداد دانه در خوشه، ریزش گل و میوه، درصد خندانی،

بنابراین، به نظر می رسد اعمال پلی آمین های خارجی علاوه بر نقش تنظیم کنندگی در جنین زایی و اندام زایی از طریق افزایش نیتروژن و محتوی نسبی کلروفیل برگ باعث افزایش فرآیند فتوسنتز و تولید کربوهیدرات ها شدند، در نتیجه ریزش جوانه ها و میوه ها

پوترسین دو هفته بعد از تمام گل در بین پلی آمین های کاربردی بیشترین طول شاخه را به همراه داشت که دلیل این امر می تواند افزایش مجدد سنتز درونی پلی آمین ها به ویژه پوترسین دو هفته بعد از تمام گل باشد که با محلول پاشی برگ، تولید این پلی آمین بیشتر شده و بنابراین تأثیر بیشتری در بهبود طول شاخه نسبت به مرحله تمام گل داشت. نتایج همبستگی بین صفات در درختان پرمحصول نیز نشان داد که افزایش عملکرد در نتیجه استفاده از پلی آمین ها به علت کاهش ریزش میوه و افزایش تعداد دانه در خوشه بود. بر طبق نتایج مطالعه حاضر مشخص شد که این تنظیم کننده های رشد گیاهی بویژه پوترسین، پتانسیل بهبود رشد، عملکرد و کاهش مشکلات فیزیولوژیکی پسته در شرایط نامساعد محیطی را دارند.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از طرح شماره ۴۲۵۰۲ مورخ ۱۳۹۵/۰۸/۱۶ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می گردد.

محتوی نسبی کلروفیل برگ و طول شاخه همبستگی معنی داری وجود داشت (جدول ۷). همچنین همبستگی بین صفات در درختان کم محصول محاسبه شد اما برخلاف درختان پرمحصول، همبستگی معنی داری بین عملکرد و صفات مورد ارزیابی مشاهده نشد (جدول ۸).

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که اعمال تیمارهای پلی آمین در درختان کم محصول تنها بر درصد پوکی و در درختان پرمحصول بر شاخص سبزیگی برگ، ریزش میوه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد مؤثر بود. اگرچه در بین پلی آمین ها، تیمار پوترسین (۱/۰ و ۱ میلی مولار) در مقایسه با اسپرمین و اسپرمیدین در کنترل مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد پسته تأثیر بیشتری داشت. زمان محلول پاشی به جز در مورد طول شاخه، سطح برگ و پوکی در سایر صفات اثر معنی داری را نشان نداد. همچنین محلول پاشی پلی آمین ها دو هفته بعد از تمام گل در مقایسه با تمام گل تأثیر بیشتری در بهبود سه صفت مورد ارزیابی داشت. اثر متقابل تیمارهای مختلف پلی آمین و زمان پاشش آن ها در مورد طول شاخه نشان داد که محلول پاشی

منابع

- 1- Acar I., and Eti S. 2007. Abscission of pistachio flowers and fruits as affected by different pollinators. *Pakistan Journal of Biological Science* 10: 2920-2924.
- 2- Ahmad P., Kumar A., Gupta A., Hu X., ul Rehman Hakeem K.H., Mahgoub Azooz M., and Sharma S. 2012. Polyamines: Role in Plants under Abiotic Stress. p. 491-512. M. Ashraf et al. (eds.) *Crop Production for Agricultural Improvement*. Springer Science+Business Media B.V. 2012.
- 3- Alcázar R., Marco F., Cuevas J.C., Patron M., Ferrando A., Carrasco P., Tiburcio A.F., and Altabella T. 2006. Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. *Biotechnology Letters* 28: 1867-1876.
- 4- Anjum M.A. 2011. Effect of exogenously applied spermidine on growth and physiology of citrus rootstock Troyer citrange under saline conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35: 43-53.
- 5- Arias M., Carbonell J., and Agusti M. 2005. Endogenous free polyamines and their role in fruit set of low and high parthenocarpic ability citrus cultivars. *Journal of Plant Physiology* 162: 845-853.
- 6- Aziz A., Brunb O., and Audran J. 2001. Involvement of polyamines in the control of fruitlet physiological abscission in grapevine (*Vitis vinifera*). *Physiologia Plantarum* 113: 50-58.
- 7- Bagheri S., Rahemi M., Abedy B., Nemati H., and Rowshan V. 2017. Changes in polyamine levels in relationship to the growth and development of parthenocarpic fruits (shotberries) of olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae* 215: 172-177.
- 8- Bouchereau A., Aziz A., Larher F., and Martin-Tanguy J. 1999. Polyamines and environmental challenges: recent development. *Plant Science* 140: 103-125.
- 9- Chapman S.C., and Barreto H.J. 1997. Using chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth, *Agronomy Journal* 89(4): 557-562.
- 10- Crisosto C.H., Lombard B.P., Sugai D., and Polito V.S. 1988. Putrescine influences ovule senescence, fertilization time, and fruit set in 'Comice' pear. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 113(5): 708-712.
- 11- FAO. 2008. *Production Year Book*. Vol. 62. F.A.O. Rome, Italy
- 12- FAO. 2017. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- 13- Ferguson L., Beede R.H., Freeman M.W., Haviland D.R., Holtz B.A., and Kallsen C.E. 2005. *Pistachio Production Manual* (4th ed.). Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, California.
- 14- Fritsch F.B., and Ray J.D. 2007. Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll a/b ratio. *Photosynthetica* 45: 92- 98.

- 15- Galston A.W., and Kaur-Sawhney R. 1990. Polyamines in plant physiology. *Plant Physiology* 94: 406-410.
- 16- Galston A.W., Kaur-Sawhney R., Altabella T., and Tiburcio A.F. 1997. Plant polyamines in reproductive activity and response to abiotic stress. *Botanica Acta* 110: 197-207.
- 17- Groppa M.D., Rosales E.P., Iannone M.F., and Benavides M.P. 2008. Nitric oxide, polyamines and Cd-induced phytotoxicity in wheat roots. *Phytochemistry* 69: 2609-2615.
- 18- Kamiab F., Heidari Salehabad M., and Zamanibahramabadi E. 2015. Evaluation the effects of foliar treatments of polyamines and some organic acids on quantitative and qualitative traits in some pistachio cultivars. *Journal of Nuts* 6(2): 131-142.
- 19- Kamiab F., Talaie A., Khezri M., and Javanshah A. 2013. Exogenous application of free polyamines enhances salt tolerance of pistachio (*Pistacia vera* L.). *Plant Growth Regulation* 72: 257-278.
- 20- Khezri M., Talaie A., Javanshah A., and Hadavi F. 2010. Effect of exogenous application of free polyamines on physiological disorders and yield of 'Kaleh-Ghoochi' pistachio shoots (*Pistacia vera* L.). *Scientia Horticulturae* 125: 270-276.
- 21- Kumar A., Altabella T., Taylor M., and Tiburcio A.F. 1997. Recent advances in polyamine research. *Trends in Plant Science* 2: 124-130.
- 22- Kusano T., Berberich T., Tateda C., and Takahashi Y. 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. *Planta* 228: 367-381.
- 23- Kushad M.M. 1998. Changes in polyamine levels in relationship to the double-sigmoidal growth curve of peaches. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123: 950-955.
- 24- Liu H.P., Dong B.H., Zhang Y.Y., Liu Z.P., and Liu Y.L. 2010. Relationship between osmotic stress and the levels of free, conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings. *Plant Science* 166: 1261-1267.
- 25- Lopatin A.N., Makhina E.N., and Nichols C.G. 1994. Potassium channel block by cytoplasmic polyamines as the mechanism of intrinsic rectification. *Nature* 372: 366-369.
- 26- Malik A., and Singh Z. 2006. Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. *Scientia Horticulturae* 110: 167-174.
- 27- Malik A.U., and Singh Z. 2004. Endogenous free polyamines of mangos in relation to development and ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129: 280-286.
- 28- Malmberg R.L., Watson M.B., Galloway G.L., and Yu W. 1998. Molecular genetic analyses of plant polyamines. *Critical Reviews in Plant Sciences* 17: 199-224.
- 29- Minotti P.L., Halseth D.E., and Sieckza J.B. 1994. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. *American Society for horticultural Science* 29(12): 1497-1500.
- 30- Pistocchi R., Bagni N., and Creus J.A. 2002. Polyamine uptake in carrot cell cultures. *Plant Physiology* 84: 374-380.
- 31- Pritsa T.S., and Voyiatzis D.G. 2004. Seasonal changes in polyamine content of vegetative and reproductive olive organ in relation to floral initiation, anthesis and fruit development. *Australian Journal of Agricultural Research* 55: 1039-1046.
- 32- Roussos P.A., Pontikis C.A., and Zoti M.A. 2004. The role of free polyamines in the alternate-bearing of pistachio (*Pistacia vera* cv. Pontikis). *Trees* 18: 61-69.
- 33- Shiozaki S., Ogata T., and Horiuchi S. 2000. Endogenous polyamines in the pericarp and seed of the grape berry during development and ripening. *Scientia Horticulturae* 83: 33-41.
- 34- Shuraki Y.D., and Sedgley M. 1996. Fruit development of *Pistacia vera* (Anacardiaceae) in relation to embryo abortion and abnormalities at maturity. *Australian Journal of Botany* 44: 35-45.
- 35- Slocum R.D., and Galston A.W. 1985. Changes in polyamine biosynthesis associated with postfertilization growth and development in tobacco ovary tissues. *Plant Physiology* 78: 323-8.
- 36- Stern R.A., and Gazit S. 2000. Application of the polyamine putrescine increased yield of 'Mauritius' litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 75: 612-614.
- 37- Talaie A., Khezri M., and Javanshah A. 2010. Effect of exogenous application of free polyamines on physiological disorders of 'Kaleh-Ghoochi' pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Iranian Horticultural Science* 4: 383-391. (In Persian)
- 38- Thompson M. 1996. Flowering, pollination and fruit set. p. 223-241. In Webster A.D., Looney N.E. (ed.) *Cherries: Crop Physiology, Production and Uses*. CAB Intl, UK.
- 39- Tiburcio A.F., Campos J.L., Figueras X., and Besford R.T. 2002. Recent advances in the understanding of polyamine functions during plant development. *Plant Growth Regulator*, 12: 331-340.
- 40- Toumi I., Moschou P.N., Paschalidis K.A., Bouamama B., Salem-fnayou A.B., Ghorbel A.W., Mliki A., and Roubelakis-Angelakis K.A. 2010. Absciscic acid signals reorientation of polyamine metabolism to orchestrate stress responses via the polyamine exodus pathway in grapevine. *Journal of Plant Physiology* 167: 519-525.

- 41- Ullah Malik A., and Singh S. 2007. Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. *Scientia Horticulturae* 110: 167–174.
- 42- Westwood M.N. 1997. *Temperate-Zone Pomology: Physiology and Culture*. Freeman W.H., and Co, San Francisco, pp. 428.
- 43- Ziosi V., Scaramagli S., Bregoli A.M., Biondi S., and Torrigiani P. 2003. Peach (*Prunus persica* L.) fruit growth and ripening: transcript levels and activity of polyamine biosynthetic enzymes in the mesocarp. *Journal of Plant Physiology* 160: 1109–1115.



Evaluation of the Effect of Exogenous Application of Polyamines on Growth, Nut Traits and Yield of 'Akbari' Pistachio Trees (*Pistacia vera* L.)

G.H. Davarynejad¹- M. Nurzadeh Namaghi^{2*} - A. Momen³

Received: 12-10-2018

Accepted: 21-04-2020

Introduction: Pistachio (*Pistacia vera* L.) is an important horticultural crop that has high economic value. Pistachio trees display some physiological disorders including abscission of inflorescence buds, fruit abscission, blankness, non-splitting, early splitting and deformation of nuts. Unfavorable environmental conditions in most pistachio orchards and inadequate nutrition during the flowering time and after flowering has increased these problems in recent years. Polyamines such as putrescine, spermine and spermidine are some low molecular weight polycationic compounds that have been shown to play an important role as growth regulators in different stages of growth and development of buds, flowers and fruits and resistant plants to abiotic and biotic stress. Therefore, the objective of this study was to investigate the influence of polyamines in water scarcity condition on growth, nut traits and yield of 'Akbari' pistachio trees.

Materials and Methods: The study was carried out in growing season 2016 in a pistachio orchard (*Pistacia vera* L. cv Akbari) located in Feyzabad, Mahvelat, Khorasan Province, Iran (34° 40' N latitude, 58° 25' E longitude, and around 1253 m above sea level). The climate of the experimental area was arid and semi-arid. The mean annual precipitation was about 171 mm. The irrigation of orchard trees was at 36-day intervals. The experiment was conducted as split plot based on a randomized complete block design with three replications and seven treatments including polyamines spray of Putrescine (Put), Spermine (Spm) and Spermidine (Spd) at concentrations of zero (control), 0.1 and 1 mM on "on" and "off" pistachio trees cultivar Akbari at two-time stages full bloom (FB) and two weeks after full bloom (2WAFB). Leaf chlorophyll index was recorded using the chlorophyll meter (SPAD-502, Konica Minolta, Japan). Leaf area from fully expanded leaves was measured by Digital Leaf Area Meter (LI-3100c). The length and diameter of current-year shoots were measured at harvest time. The percentage of flower bud abscission and fruit abscission were calculated on marked shoots. The yield was calculated by weighting the total dried split nuts separated from each shoot. The data were subjected to analysis of variances (ANOVA) using the SAS software (SAS version 9.1). Difference between means was compared using the least significant difference test (LSD) at 5% level ($p \leq 0.05$).

Results and Discussion: Results showed that among the treatments, Put (0.1 and 1 mM) and Spm (0.1 mM) applied in the "on" trees significantly increased leaf chlorophyll index. Also, Put spray at two weeks after full bloom indicated better results in increase of length shoot in 'on' trees. All of the polyamines reduced fruit abscission in the "on" trees however, Put at 0.1 and 1 mM concentrations with 11.3 and 11.1% was more effective in decreasing the percentage of fruit abscission compared to other treatments. Fruit abscission of pistachio is assumed to be related to improper fertilization, the dominance of fruits in a cluster or abnormalities of reproductive organs. Polyamines have been suggested to improve fertilization, and subsequent embryo and fruit development. It also has been reported that common precursor of S-adenosylmethionine (SAM) needed for synthesizing both of PAs and ethylene. Thus, it seems that polyamines reduce the abscission of fruits by the improvement of embryo growth and development or by antagonism with ethylene, possibly by competing for S-adenosylmethionine (SAM). Our study indicated that all of the polyamines decreased the percentage of blank nuts in the "off" trees especially two weeks after full bloom. The results showed that Put (0.1 and 1 mM) and Spd (0.1 mM) were very effective in increasing number of nuts per cluster. Number of nuts per 100 g, split nuts, and kernel percentage did not differ significantly among treatments. Yield variations were not significantly affected by polyamines in the "off" trees, but in 'on' trees, polyamines of Put, Spm and Spd at 0.1 mM concentration by 46.2, 14.6 and 15.2% and at 1 mM concentration by 38.7, 24.7 and 19.9% increased yield compared to control, respectively. Given to correlation results, the positive effect of polyamines on yield

1 and 2- Professor and Ph.D. Gratuated (Pomology Tendency), Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: nurzadehnamaghi.mina@mail.um.ac.ir)

3- Ph.D. Agriculture (Agroecology tendency), Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.75961

improvement in 'on' trees was mainly due to the prevention from fruit abscission and enhancement no. of nuts per cluster.

Conclusion: Results showed that application of polyamines treatments in 'off' trees only on blank nuts and in 'on' trees on leaf chlorophyll index, fruit abscission, No. of nuts per cluster and yield was effected. Foliar application of polyamines was more effective in improving traits of shoot length, leaf area and blank nuts two weeks after full bloom compared to full bloom. The results of this study showed that these plant growth regulators, especially putrescine, had the potential to improve growth, yield and reduce physiological problems of pistachio under unfavorable environmental conditions.

Keywords: Inflorescence bud abscission, Fruit abscission, Putrescine, Spermidine, Spermine



مقاله علمی-پژوهشی

اثر نیتروژن و گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد و محتوای نیترات سیر و فراهمی برخی عناصر غذایی در خاک

محسن سیل‌سپور*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۳

چکیده

طی یک آزمایش مزرعه‌ای دو ساله، اثرات کاربرد سطوح مختلف نیتروژن از منبع اوره (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و گوگرد از منبع ساری کود (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) در یک خاک آهکی، بر خصوصیات کمی و کیفی سیر رقم 'همدان' و برخی خصوصیات شیمیایی خاک مطالعه شد. اثر نیتروژن و اثر گوگرد بر عملکرد، تعداد سیرچه در سیر، وزن تک بوته، وزن سیرچه، ارتفاع بوته و سطح برگ معنی‌دار بود و موجب ارتقای این صفات گردید. مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عملکرد سیر را ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. مصرف نیتروژن نیز تا سقف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد سیر به میزان ۵۸ درصد نسبت به شاهد شد. بیشترین عملکرد اقتصادی سیر از تیمار مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد، ۱۰۴ درصد افزایش عملکرد داشت. کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد موجب کاهش واکنش خاک نسبت به تیمار شاهد گردید و موجب افزایش غلظت آهن برگ به میزان ۸۸ درصد در مقایسه با تیمار شاهد و افزایش غلظت روی برگ به میزان ۱۱۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد گردید. محتوای نیترات سیر با کاربرد گوگرد کاهش و با کاربرد نیتروژن افزایش معنی‌دار یافت. کاربرد گوگرد به میزان ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار محتوای نیترات سیر را ۳۵ درصد نسبت به شاهد بطور معنی‌داری کاهش داد. بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، برای دستیابی به حداکثر تولید سیر با محتوای نیترات قابل قبول، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آهن خاک، سیر، گوگرد، نیترات، نیتروژن

مقدمه

از جمله گوگرد و نیتروژن نقش ویژه‌ای در ارتقای خصوصیات کمی و کیفی سیر دارد. قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک نیز به عوامل مختلفی از جمله واکنش خاک بستگی دارد (۹). در خاک‌های آهکی که قسمت اعظم خاک‌های کشور را شامل می‌شود، تولید محصولات کشاورزی با مشکلات عدیده‌ای روبروست که عمدتاً ناشی از بالا بودن واکنش و پایین بودن ماده آلی خاک می‌باشد. در این خاک‌ها قابلیت جذب فسفر و اکثريت عناصر کم‌مصرف بسیار کم می‌باشد و تغذیه متعادل گیاه با دشواری مواجه است. جدای از کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در اثر کمبود عناصر غذایی در خاک‌های آهکی، محصولات کشاورزی تولیدی در چنین خاک‌هایی، دچار کمبود محتوای عناصر غذایی مورد نیاز مصرف‌کننده بوده و موجب سوء تغذیه می‌شوند (۳۷). در چنین خاک‌هایی، یکی از روش‌های غلبه بر این مشکل در راستای افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و کاهش واکنش خاک، افزودن اصلاح‌کننده‌های اسیدزا مثل گوگرد است (۲۸). گوگرد پس از عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، چهارمین

سیر (*Allium sativum* L.) بعد از پیاز، دومین و پرمصرف‌ترین گیاه از جنس آلیوم است. این گیاه اثرات قابل توجهی در کاهش فشار خون، پیش‌گیری از تصلب شرایین، کاهش کلسترول خون و تری‌گلیسرید و مهار تجمع پلاکتی خون دارد (۳۵). در سالیان اخیر، افزایش عملکرد این محصول با رعایت حفظ خصوصیات کیفی از جمله بیشینه محتوای نیترات، همواره مورد توجه تولیدکنندگان این محصول با ارزش بوده است. مشخص شده است که قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۵۵). در این راستا، تامین به موقع و مکفی عناصر غذایی

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران
(Email: mseilsep@yahoo.com)
(*)- نویسنده مسئول

عنصر عمده مورد نیاز اکثر گیاهان زراعی می‌باشد. این عنصر جزء تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه سیستئین، متیونین و بخشی از پروتئین‌ها است که نقش مهمی را در ساخت ویتامین‌ها در سلول‌های گیاهی ایفا می‌کند (۴۱) و موجب افزایش کارایی نیتروژن می‌گردد (۱۸). این عنصر نقش منحصر به فردی در ارتقای خصوصیات کمی و کیفی سیر دارد، به گونه‌ای که ۸۰ درصد گوگرد جذب شده در ساخت ترکیبات گوگرددار مثل اسید آمینه‌های سیستئین، متیونین، پروتئین‌ها و آلینین به کار برده می‌شود (۴۳). نتایج مطالعات نشان داده است که عملکرد سیر در اثر مصرف گوگرد در خاک‌های آهکی مناطق خشک افزایش یافته است (۳۵) و این موضوع به کاهش واکنش خاک و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر و عناصر کم‌مصرف، نسبت داده می‌شود (۵). کاهش واکنش خاک در اثر مصرف گوگرد به اکسیداسیون بیولوژیک این ماده و تولید اسید سولفوریک باز می‌گردد (۵۴). اسیدی کردن خاک از طریق مصرف گوگرد موجب افزایش جذب عناصر غذایی کم‌مصرف و ارتقای کیفیت آنها در خاک‌های آهکی می‌گردد (۱۰ و ۳۷).

افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی کم‌مصرف با کاربرد گوگرد توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۳۲، ۴۷ و ۵۲). نیتروژن نیز در تغذیه گیاه یک عنصر بسیار مهم بوده و نقش‌های متعددی در گیاه ایفا می‌کند. نیتروژن برای سنتز آمینواسیدها که اجزای تشکیل‌دهنده پروتئین‌ها هستند لازم است، این اسید آمینه‌ها در تشکیل پروتوپلاسم و تقسیم سلولی و رشد گیاه به کار می‌روند. اگر نیتروژن در دسترس گیاه کم باشد، گیاه قادر به ساختن پروتئین برای فرآیندهای متابولیسمی، ساختاری و نگهداری سطح مطلوب رشد نخواهد بود (۷). این عنصر در اعمال حیاتی گیاه مانند فتوسنتز و واکنش‌های آنزیمی نقش محوری بازی کرده و از اجزاء تشکیل‌دهنده چندین ویتامین ضروری مانند بیوتین، نیاسین، تیامین و ریبوفلاوین و بخشی از اسیدهای نوکلئیک، کلروفیل و آلکالوئیدها است (۷ و ۲۳). هم‌چنین این عنصر در ساخت کربوهیدرات‌ها و ترکیبات فنلی نقش مستقیم دارد (۲۶). گیاه سیر در یک دوره رشد نیاز به حدود ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن دارد (۲۲ و ۵۶). طی یک تحقیق، اثر سطوح مختلف نیتروژن (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد و سایر خصوصیات کمی سیر بررسی شد و مشخص گردید که بیشترین ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، وزن سیرچه، تعداد سیرچه در سوخ و قطر سوخ مربوط به تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بوده است (۱۷). طی پژوهشی دیگری، اثر سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) و گوگرد همراه مایه‌تلقیح تیوباسیلوس (صفر، ۶ و ۱۲ تن در هکتار) بر عملکرد سیر بررسی شد. مصرف گوگرد همراه تیوباسیلوس، عملکرد سیر را از ۸۴۱۰ به ۹۰۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش معنی‌دار داد. بیشترین عملکرد معنی‌دار سیر نیز از مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن

خالص در هکتار به‌دست آمد. کاربرد نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل برگ و غلظت عناصر منگنز، آهن و فسفر در سیر گردید. اثر متقابل نیتروژن و گوگرد بر عملکرد سیر معنی‌دار بود و بیش‌ترین میزان عملکرد از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و شش تن گوگرد در هکتار به‌دست آمد (۳۶). طی پژوهشی دیگر، اثر مقادیر مختلف نیتروژن خالص (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر تعداد، طول برگ و عملکرد و اجزای عملکرد سیر توده همدان بررسی شد. با افزایش میزان کود تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، عملکرد و سایر صفات کمی افزایش و پس از آن کاهش یافت (۴۵). تاکنون در داخل کشور تحقیق جامعی در خصوص مطالعه کاربرد توأم نیتروژن و گوگرد در زراعت سیر انجام نشده است. از آنجایی که بخش عمده خاک‌های کشور، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک آهکی هستند و دارای pH قلیایی (وجود حدود ۲۰ درصد آهک در خاک‌های منطقه شهرستان ورامین) و لزوم کاهش pH خاک (حتی در ناحیه ریشه‌سپهر) در راستای افزایش جذب عناصر غذایی در این خاک‌ها و از طرف دیگر کمبود ماده آلی خاک و منتج آن، کمبود نیتروژن خاک، این تحقیق در راستای مطالعه اثر مقادیر مختلف گوگرد و نیتروژن بر عملکرد و محتوای نترات سیر و فراهمی برخی عناصر غذایی در خاک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه اثر مصرف نیتروژن و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی سیر، این پژوهش با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده طی دو سال زراعی (۹۵-۱۳۹۴) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران واقع در شهرستان ورامین به مرحله اجرا در آمد. عامل نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل گوگرد در سه سطح (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس) در نظر گرفته شد. قبل از کاشت از خاک محل اجرای آزمایش نمونه‌برداری به عمل آمد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، واکنش، کربن آلی، آهک، میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز، مس، روی و بور با استفاده از روش‌های رایج موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری گردید (۴) (جدول ۱). بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (P_2O_5) توصیه شد. کودهای پایه شامل نصف نیتروژن بر مبنای تیمارهای مختلف آزمایش از منبع اوره و تمام فسفر توصیه شده بر اساس آزمون خاک از منبع سوپرفسفات تریپل به صورت یکنواخت در کلیه تیمارها مصرف شد. باقیمانده نیتروژن (با توجه به تیمارها)، هنگامی که بوته‌ها به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر رسیدند مصرف شد. گوگرد نیز از منبع ساری کود تماماً قبل از کاشت مصرف و با

شیمیایی قرار گرفت. محصول سیر کت‌های آزمایشی برداشت و عملکرد خشک، تعداد سیرچه در سیر، وزن تک بوته، وزن سیرچه، ارتفاع گیاه، تعداد برگ در بوته و سطح برگ اندازه‌گیری و ثبت گردید. محتوای نیترات سیر نیز با روش‌های رایج موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری گردید (۴). داده‌های به‌دست آمده از آزمایش با استفاده از آزمون F و نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس گردید. میانگین صفات مورد بررسی نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن گروه بندی شدند.

خاک مخلوط شد. از مایه تلقیح تیوباسیلوس ساخت شرکت فرآوری شیمیایی زنجان به نسبت دو درصد وزنی برای اضافه کردن به گوگرد استفاده شد. هر کرت آزمایش شامل چهار خط کاشت به طول چهار متر و فاصله خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. سیستم آبیاری نیز به صورت ثقلی (فارویی) در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در آبان ۱۳۹۵ انجام شد و برداشت در خرداد سال بعد صورت پذیرفت. پس از اتمام آزمایش، از خاک محل آزمایش به تفکیک تیمار و تکرار نمونه‌برداری مرکب به عمل آمد و مورد تجزیه

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش قبل از اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil in the experimental site before the experiment

سال	هدایت الکتریکی	درصد اشباع	واکنش	مواد خشتی	کربن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	بور قابل جذب
Year	EC (dS m ⁻¹)	SP (%)	pH	TNV (%)	N (%)	OC (%)	Ava.K (mg kg ⁻¹)	Ava.Fe (mg kg ⁻¹)	Ava.Mn (mg kg ⁻¹)	Ava.Zn (mg kg ⁻¹)	Ava.Cu (mg kg ⁻¹)	Ava.B (mg kg ⁻¹)
1	2.9	40	7.5	15.9	0.03	0.31	419	3.4	9.3	1.0	1.5	0.6
2	2.3	38	7.6	14.0	0.04	0.41	380	4.2	12.0	1.2	1.6	0.5

SP (Saturated Percentage), TNV (Total Neutralized Value), EC (Electrical Conductivity), OC (Organic Carbon)

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش در خصوص عملکرد، اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه و محتوای نیترات سیر طی دو سال در جدول ۲ و اثر متقابل نیتروژن و گوگرد بر عملکرد، اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه و محتوای نیترات سیر در جدول ۳ درج شده است. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که اثر نیتروژن و اثر گوگرد بر عملکرد سیر، تعداد سیرچه در سیر، وزن تک بوته سیر، وزن سیرچه، ارتفاع بوته، سطح برگ و نیترات سیرچه معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل نیتروژن و گوگرد بر عملکرد سیر، نیترات سیر و ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲).

عملکرد و اجزای عملکرد سیر

اثرات ساده گوگرد و نیتروژن و اثر متقابل این دو عنصر، بر عملکرد سیر معنی‌دار بود (جدول ۲). مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عملکرد سیر را ۳۱ درصد نسبت به شاهد (۹۶۰۲ کیلوگرم در هکتار) افزایش داد. مصرف نیتروژن نیز تا سقف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد سیر به میزان ۵۸ درصد نسبت به شاهد (۸۰۸۴ کیلوگرم در هکتار) شد. بیشترین عملکرد اقتصادی سیر از تیمار مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۷۱۴۸ کیلوگرم در هکتار)، ۱۰۴ درصد افزایش عملکرد داشت. تعداد سیرچه در سیر

تحت تاثیر مصرف گوگرد قرار نگرفت، اما این صفت تحت تاثیر نیتروژن تا سطح مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. اثر گوگرد و اثر نیتروژن بر وزن تک بوته سیر معنی‌دار بود (جدول ۲). مصرف گوگرد به میزان ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش ۴۱ درصدی وزن تک بوته سیر در مقایسه با شاهد (۶۶ گرم) گردید. مصرف نیتروژن نیز تا سقف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش وزن تک بوته سیر به میزان ۶۹ درصد نسبت به شاهد (۵۵ گرم) شد. وزن سیرچه نیز تحت تاثیر گوگرد و نیتروژن افزایش معنی‌دار یافت، به گونه‌ای که کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار وزن سیرچه را ۵۹ درصد نسبت به شاهد (۷/۱ گرم) افزایش داد. همچنین، مصرف نیتروژن نیز تا سقف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش وزن سیرچه به میزان ۲۵ درصد نسبت به شاهد (۷/۶ گرم) شد. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج سایر پژوهشگران مبنی بر افزایش رشد و عملکرد سیر با کاربرد نیتروژن بود (۳۱). طی مطالعه‌ای در خصوص کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن بر خصوصیات ارقام سیر همدان و ویولت، بیشترین عملکرد سیر، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و تعداد سیرچه در سیر از تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد. مقادیر بیشتر نیتروژن تاثیر معنی‌داری بر این خصوصیات نداشت (۱۳). سایر پژوهش‌های صورت گرفته نیز موید افزایش عملکرد سیر، افزایش تعداد سیرچه در سیر، افزایش میانگین وزن سیرچه و افزایش ارتفاع گیاه در اثر مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بوده است (۱۵). نتایج تحقیقات موید این مطلب است که تعداد

ارتفاع گیاه

اثر گوگرد و اثر نیتروژن و اثر متقابل گوگرد و نیتروژن بر ارتفاع بوته سیر معنی دار بود (جدول ۲). مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد ارتفاع بوته سیر را ۳۷ درصد نسبت به شاهد (۴۳ سانتی متر) افزایش داد. مصرف نیتروژن نیز تا سقف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش ارتفاع بوته سیر به میزان ۲۵ درصد نسبت به شاهد (۴۳ سانتی متر) شد. بیشترین ارتفاع بوته سیر از تیمار مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۳۳ سانتی متر)، ۸۸ درصد افزایش ارتفاع داشت (جدول ۳).

نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج به دست آمده توسط سایر پژوهشگران مطابقت داشت. طی یک تحقیق، مصرف نیتروژن تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش ارتفاع بوته سیر گردید (۴۲). نتایج پژوهش سایر محققان نیز موبد افزایش ارتفاع سیر با کاربرد نیتروژن بوده است (۲، ۱۸، ۱۹ و ۲۹). افزایش ارتفاع بوته سیر با کاربرد نیتروژن به نقش اصلی این عنصر در افزایش فعالیت های مریستمیک، تقسیم و طولیل شدن سلول ها باز می گردد (۳۱ و ۴۴).

سیرچه در سیر و اندازه سیرچه با مصرف نیتروژن افزایش می یابد (۲۶ و ۳۱). افزایش رشد و عملکرد سیر به نقش اصلی نیتروژن در افزایش فعالیت های مریستمیک، تقسیم سلول و طولیل شدن سلول باز می گردد (۳۱ و ۴۴). گوگرد یکی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است و بدون گوگرد، گیاه به رشد و عملکرد مناسب نمی رسد (۱۴ و ۱۶). نتایج مطالعات صورت گرفته حاکی از افزایش عملکرد سیر با کاربرد گوگرد می باشد (۲۱). گوگرد چهارمین عنصر ضروری پس از نیتروژن، پتاسیم و فسفر برای سیر است. این عنصر در ساخت اسیدهای آمینه، مثل متیونین و سیستئین که برای ساخت ویتامین A ضروری هستند، و فعال کردن برخی آنزیم های گیاهی، مورد نیاز است (۳۴). نتایج مطالعات نشان می دهد که آمینواسیدهایی که گوگرد نقش موثری در ساخت آنها دارد، به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، فعالیت های فیزیولوژیک گیاه را تحت تاثیر قرار می دهند و نقش مثبتی بر رشد، افزایش عملکرد و افزایش تحمل گیاه به تنش های محیطی ایفا می کنند (۳۴). از طرف دیگر، اکسیداسیون گوگرد موجب افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی از جمله فسفر می گردد که موجب رشد بهتر گیاه در خاک های آهکی می گردد (۴۸، ۴۹ و ۵۰).

جدول ۲- خلاصه جدول تجزیه واریانس مرکب عملکرد، اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه و محتوای نیترات سیر
Table 2- Summary of the analysis of variance of garlic yield, yield components and plant height

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	عملکرد سیر Cloves yield	سیرچه در سیر Bulbs in cloves	وزن تک بوته Cloves weight	وزن سیرچه Bulb weight	ارتفاع بوته Plant height	سطح برگ Leaf aria
سال Year	1	53029551 ns	114 ns	29924 ns	35 ns	112 ns	0.76ns
سال × تکرار Year × Replication	4	563146 ns	2.8 ns	488 ns	12 ns	137 ns	0.0ns
گوگرد Sulfur	2	54480262**	10.6 ns	4637*	112*	1659**	0.11**
سال × گوگرد Year × Sulfur	2	578860 ns	0.01 ns	1241 ns	9 ns	1.3 ns	0.0ns
اشتباه Error	8	1700220 ns	4.1 ns	590 ns	15 ns	3.8 ns	0.0 ns
نیتروژن Nitrogen	3	90631960**	346**	6144**	14**	547**	0.06**
سال × نیتروژن Year × Nitrogen	3	424760 ns	0.9 ns	854 ns	2.6 ns	0.4 ns	0.0ns
نیتروژن × گوگرد Nitrogen × Sulfur	6	799773*	0.1 ns	367 ns	3.6 ns	27**	0.0ns
سال × گوگرد × نیتروژن Year × Nitrogen × Sulfur	6	44686 ns	0.01 ns	253 ns	2.6 ns	0.02 ns	0.0ns
اشتباه Error	36	251552	0.16	245	2.1	0.3	0.0

**، * و ns به ترتیب بیان گر وجود تفاوت آماری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود تفاوت آماری معنی دار است.

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

جدول ۳- میانگین اثرات متقابل نیتروژن × گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد، ارتفاع بوته و سطح برگ سیر
Table 3- Interaction effects of nitrogen × sulfur on yield and its components, plant height and leaf area of garlic

تیمار Treatment	عملکرد Cloves yield (kg.ha ⁻¹)	تعداد سیرچه در سیر Bulbs in Cloves	وزن تک بوته سیر Cloves weight (g)	وزن سیرچه Bulb weight (g)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Number of leaf in plant	سطح برگ Leaf area (m ²)
گوگرد Sulfur							
S ₀	9602c	10.0a	66c	7.1c	43c	8.6c	0.33c
S ₅₀₀	11064b	10.3a	76b	8.0b	48b	9.7b	0.42b
S ₁₀₀₀	12651a	9.0a	93a	11.3a	59a	12.5a	0.47a
نیتروژن Nitrogen							
N ₀	8084c	8.0c	55c	7.6 c	43c	8.3c	0.33c
N ₁₀₀	10675b	9.3b	72b	8.6b	48b	9.8b	0.39b
N ₂₀₀	12822a	10.8a	93a	9.5a	54a	11.4a	0.45a
N ₃₀₀	12792a	10.6a	93a	9.5a	55a	11.6a	0.46a
گوگرد × نیتروژن Sulfur × Nitrogen							
S ₀ N ₀	7148f	8a	49a	6.6 a	33j	6.7i	0.25g
S ₀ N ₁₀₀	9061d	9a	62a	7.2 a	41h	8.4g	0.31f
S ₀ N ₂₀₀	11069c	11a	76a	7.4 a	49f	9.6 ef	0.37de
S ₀ N ₃₀₀	11129c	11a	76a	7.4 a	49f	9.9de	0.39d
S ₅₀₀ N ₀	7980e	9a	54a	6.9 a	40i	7.9h	0.34ef
S ₅₀₀ N ₁₀₀	10763c	10a	78a	8.3 a	46g	9.2f	0.4d
S ₅₀₀ N ₂₀₀	12848b	11a	88a	8.5a	52e	10.8c	0.46c
S ₅₀₀ N ₃₀₀	12655b	11a	87a	8.4 a	53d	10.8c	0.47 bc
S ₁₀₀₀ N ₀	9125d	7a	61a	9.4a	55c	10.3b	0.38de
S ₁₀₀₀ N ₁₀₀	12201b	9a	80a	10.2a	57b	11.7 b	0.46c
S ₁₀₀₀ N ₂₀₀	14550a	10a	116a	12.8 a	62a	13.9a	0.51ab
S ₁₀₀₀ N ₃₀₀	14583a	10a	115a	12.7 a	63a	14.1a	0.52a

اعداد با حروف انگلیسی مشابه در هر ستون با یکدیگر تفاوت آماری معنی داری در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

The numbers with the same letters in each column do not have significant difference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

سطح برگ

اثر گوگرد و اثر نیتروژن و اثر متقابل گوگرد و نیتروژن بر سطح برگ بوته سیر معنی دار بود (جدول ۲). مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد سطح برگ بوته سیر را ۴۲ درصد نسبت به شاهد (۰/۳۳) متر مربع برگ بر متر مربع زمین) افزایش داد. مصرف نیتروژن نیز تا سقف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش سطح برگ بوته سیر به میزان ۳۹/۳ درصد نسبت به شاهد (۰/۳۳) متر مربع برگ بر متر مربع زمین) شد. بیشترین سطح برگ بوته سیر از تیمار مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۰/۲۵) متر مربع برگ بر متر مربع زمین)، ۱۰۴ درصد افزایش سطح برگ داشت. افزایش سطح برگ بوته سیر به نقش مثبت نیتروژن در افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه، افزایش فعالیت‌های مریستمیک، تقسیم سلول، طول شدن سلول باز می‌گردد (۳۱ و ۴۴). نیتروژن یک عنصر تعیین کننده در تغذیه، رشد گیاه و عملکرد آن محسوب می‌شود، به طوری که میزان نیتروژن قابل

تعداد برگ در بوته

اثر گوگرد، اثر نیتروژن و اثر متقابل گوگرد و نیتروژن بر تعداد برگ در بوته سیر معنی دار بود (جدول ۳). مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تعداد برگ در بوته سیر را ۴۵ درصد نسبت به شاهد (۸/۶ عدد برگ) افزایش داد. مصرف نیتروژن نیز تا سقف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تعداد برگ در بوته سیر به میزان ۳۹/۷ درصد نسبت به شاهد (۸/۳ عدد برگ) شد. بیشترین تعداد برگ در بوته سیر از تیمار مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۶/۷ سانتی‌متر)، ۱۰۷ درصد افزایش تعداد برگ داشت (جدول ۳). نتایج تحقیقات نشان داده است که نیتروژن موجب رشد سبزینه‌ای گیاه و اندام‌های هوایی سیر می‌گردد و باعث افزایش تعداد برگ در گیاه می‌گردد (۱۲). افزایش تعداد برگ در گیاه سیر در اثر مصرف نیتروژن توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (۱۷).

دسترس برای گیاه می‌تواند میزان پروتئین دانه، محتوای کلروفیل برگ و اندازه و حجم پروتوپلاسم سلولی را افزایش دهد و همچنین سطح برگ، فعالیت فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار دهد (۱۱). خلاصه جدول تجزیه واریانس مرکب عملکرد، اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه و محتوای نیتрат سیر در جدول ۴ آورده شده است. اثر گوگرد بر غلظت سولفات خاک، واکنش خاک، نیتروژن برگ، فسفر برگ، آهن و روی برگ معنی‌دار بود. همچنین اثر نیتروژن بر نیترات خاک و نیتروژن برگ معنی‌دار بود. اثر گوگرد و نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی در برگ سیر، نیترات سیر و خصوصیات شیمیایی خاک در جدول ۵ ارائه شده است.

واکنش خاک

اثر گوگرد بر واکنش خاک معنی‌دار بود (جدول ۲). واکنش خاک

جدول ۴- تجزیه واریانس برخی خصوصیات شیمیایی خاک و تجزیه برگ سیر

Table 4- Summary of variance analysis table for some soil chemical properties and garlic leaf analysis

منابع تغییرات S.O.V ^۱	درجه آزادی D.f ^۲	سولفات خاک Soil -SO ₄ ²⁻	واکنش خاک pH	نیترات خاک NO ₃ -soil	ازت برگ Leaf-N	فسفر برگ Leaf -P	آهن برگ Leaf-Fe	روی برگ Leaf-Zn
سال Year	1	1407 ^{ns}	0.18 ^{ns}	27 ^{ns}	1.7 ^{ns}	0.029 ^{ns}	70700 ^{ns}	930 ^{ns}
سال×تکرار Year×Replication	4	8 ^{ns}	0.06 ^{ns}	1.8 ^{ns}	1.6 ^{ns}	0.019 ^{ns}	22530 ^{ns}	479 ^{ns}
گوگرد Sulfur	2	9837 ^{**}	0.33 [*]	8 ^{ns}	4.8 [*]	0.256 [*]	65631 ^{**}	2771 ^{**}
سال×گوگرد Year×Sulfur	2	307 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.001 ^{ns}	20069 ^{ns}	324 ^{ns}
اشتباه Error	8	74 ^{ns}	0.06 ^{ns}	3 ^{ns}	0.801 ^{ns}	0.001 ^{ns}	40212 ^{ns}	122 ^{ns}
نیتروژن Nitrogen	3	21 ^{ns}	0.01 ^{ns}	812 ^{**}	56 ^{**}	0.012 ^{ns}	61170 ^{ns}	26 ^{ns}
سال×نیتروژن Year×Nitrogen	3	3 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1.8 ^{ns}	0.060 ^{ns}	0.011 ^{ns}	59854 ^{ns}	19 ^{ns}
نیتروژن×گوگرد Nitrogen×Sulfur	6	6 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1.2 ^{**}	0.080 ^{ns}	0.004 ^{ns}	18989 ^{ns}	5 ^{ns}
سال×گوگرد×نیتروژن Year×Nitrogen×Sulfur	6	4 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.001 ^{ns}	19432 ^{ns}	10 ^{ns}
اشتباه Error	36	7	0.023	0.30	0.016	0.002	32241	7

ns و * و ** به ترتیب بیان‌گر وجود تفاوت آماری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار است.

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

1- Source of Variation

2- Degree of freedom

جدول ۵- اثر گوگرد و نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی در برگ سیر، نیترات سیر و خصوصیات شیمیایی خاک

Table 5- Effect of Sulfur and Nitrogen on the Concentration of nutrients elements in garlic Leaves, garlic nitrate and chemical properties of soil

تیمار Treatment	واکنش pH	سولفات خاک Soil SO ₄ ²⁻ (mg.kg ⁻¹)	نیترات خاک Soil NO ₃ ⁻ (mg.kg ⁻¹)	نیترات سیر Bulb NO ₃ ⁻ (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن برگ Leaf-N (%)	فسفر برگ Leaf -P (mg.kg ⁻¹)	آهن برگ Leaf-Fe (mg.kg ⁻¹)	روی برگ Leaf-Zn (mg.kg ⁻¹)
گوگرد Sulfur								
S ₀	7.49a	19.2c	12.3a	197 a	2.8 c	0.33 c	108 c	19 c
S ₅₀₀	7.40b	38.6b	13a	175 b	3 b	0.34 b	119 b	30 b
S ₁₀₀₀	7.26c	59.6 a	13.4a	146 c	3.7 a	0.54 a	204 a	40 a
نیتروژن Nitrogen								
N ₀	7.39a	38.3a	5.3d	68 d	1.7 d	0.44 a	111 a	28 a
N ₁₀₀	7.38a	38.3a	10c	134 c	2.7 c	0.43 a	116 a	30 a
N ₂₀₀	7.37a	39.4a	15.4b	211 b	3.6 b	0.43 a	117 a	31 a
N ₃₀₀	7.39a	40.6a	20.8a	278 a	4.6 a	0.44 a	231 a	31 a
گوگرد×نیتروژن Sulfur×Nitrogen								
S ₀ N ₀	7.47a	19.3a	5.2a	82i	1.3a	0.34a	78a	18 c
S ₀ N ₁₀₀	7.47a	18.6a	9.4a	163f	2.3a	0.32a	80a	20 c
S ₀ N ₂₀₀	7.50a	19.0a	14.2a	235c	3.3a	0.32a	77a	20 c
S ₀ N ₃₀₀	7.52a	19.8a	20.3a	310a	4.3a	0.34a	98a	20 c
S ₅₀₀ N ₀	7.43a	37.6a	5.2a	65j	1.7a	0.44a	113	28 b
S ₅₀₀ N ₁₀₀	7.40a	37.9a	10.1a	139g	2.5a	0.44a	121	29 b
S ₅₀₀ N ₂₀₀	7.36a	39.6a	16.1a	212d	3.4a	0.44a	121	30 b
S ₅₀₀ N ₃₀₀	7.40a	39.3a	20.6a	283b	4.4a	0.44a	121	31 b
S ₁₀₀₀ N ₀	7.27a	58.0a	5.6a	56k	2.2a	0.54a	141a	39 a
S ₁₀₀₀ N ₁₀₀	7.27a	58.3a	10.5a	100h	3.4a	0.54a	148a	40 a
S ₁₀₀₀ N ₂₀₀	7.23a	59.7a	16.1a	186e	4.2a	0.54a	151a	42 a
S ₁₀₀₀ N ₃₀₀	7.27a	62.6a	21.7a	240c	4.9a	0.54a	170a	43 a

اعداد با حروف انگلیسی مشابه در هر ستون، تفاوت آماری معنی دار در سطح ۵ درصد با هم ندارند.

The numbers in the same English letters in each column do not have a significant statistical difference at 5% level.

کیلوگرم گوگرد موجب افزایش ۲۱۰ درصدی محتوای سولفات خاک نسبت به تیمار شاهد (۱۹/۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک) گردید. بسیاری از محققین گزارش کرده اند که مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک در نتیجه اکسایش آن، باعث کاهش واکنش خاک و تامین سولفات مورد نیاز گیاهان می گردد (اخوان و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج مشابهی مبنی بر افزایش غلظت سولفات خاک در اثر کاربرد گوگرد عنصری در خاک های کشور مصر گزارش شده است. با اضافه کردن گوگرد عنصری به میزان دو درصد وزنی، غلظت سولفات خاک ۵۲ درصد افزایش داشته است (۱۴). نتایج مشابهی نیز در این خصوص توسط سایر پژوهشگران به دست آمده است (۵۸). نتایج نشان داد که اثر نیتروژن بر محتوای نیترات خاک معنی دار بود (جدول ۲). محتوای نیترات خاک با مصرف نیتروژن افزایش معنی دار یافت، به گونه ای که کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد موجب افزایش ۲۹۲ درصدی محتوای نیترات خاک نسبت به تیمار شاهد (۵/۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک) گردید.

نتایج نشان داد که واکنش خاک تحت تاثیر گوگرد مصرفی قرار گرفت و کاهش یافت. بین صفت واکنش خاک به عنوان متغیر وابسته (Y) با گوگرد مصرفی به عنوان متغیر مستقل (X)، همبستگی منفی وجود داشت که از رابطه خطی ۱ با ضریب تبیین ۰/۹۸ پیروی می کرد (شکل ۱).

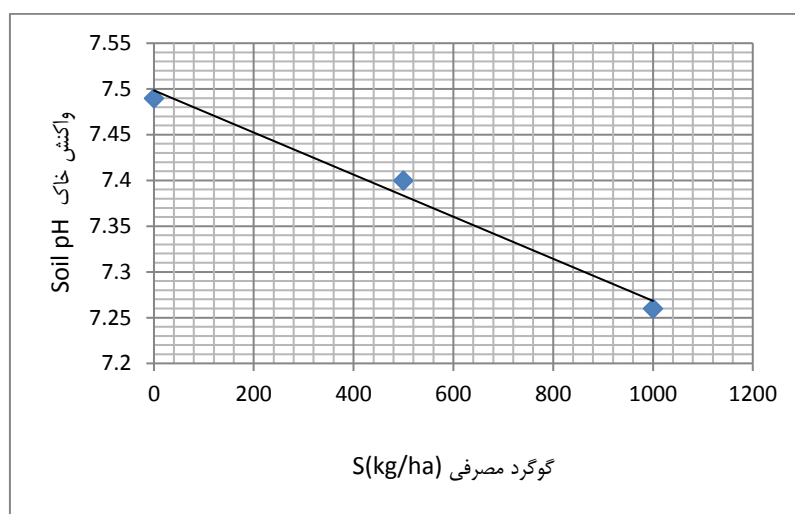
$$Y = -0.0002X + 7.498$$

رابطه ۱

نتایج مشابهی از کاربرد گوگرد عنصری بر کاهش واکنش خاک در مالزی به دست آمده است. در این خاک ها واکنش خاک با مصرف گوگرد از ۷ به ۳/۹۴ تنزل یافت. طی پژوهش دیگری، همبستگی واکنش خاک با گوگرد مصرفی از معادله خطی با شیب منفی و معادله واکنش S = 6.94 - 1.52 pH پیروی می کرد (۲۷ و ۲۸). نتایج مشابهی نیز توسط سایر پژوهشگران به دست آمده است (۱۰ و ۵۴).

سولفات خاک

اثر گوگرد بر سولفات خاک معنی دار بود (جدول ۲). سولفات خاک با مصرف گوگرد افزایش معنی دار یافت، به گونه ای که کاربرد ۱۰۰۰



شکل ۱- همبستگی واکنش خاک با گوگرد مصرفی

Figure 1- Correlation of soil pH with consumed sulfur

همبستگی نیترات سیر با نیتروژن مصرفی

نیترات سیر تحت تاثیر نیتروژن مصرفی قرار گرفت و افزایش یافت. بین صفت نیترات سیر به عنوان متغیر وابسته (Y) با نیتروژن مصرفی به عنوان متغیر مستقل (X)، همبستگی مثبت وجود داشت که از رابطه خطی ۲ با ضریب تبیین ۰/۹۹ پیروی می کرد (شکل ۲).

$$Y = 0.707X + 66.7 \quad \text{رابطه ۲}$$

طی مطالعه‌ای در همدان، رابطه غلظت نیترات سیر و سطوح مختلف مصرف نیتروژن بررسی شد (۴۶). نتایج نشان داد که رابطه بین غلظت نیترات و مصرف نیتروژن از رابطه خطی با معادله $Y = 1.014X + 297.4$ پیروی می کند که در این معادله، Y متغیر وابسته غلظت نیترات بر حسب میلی گرم در کیلوگرم وزن تازه و X متغیر مستقل مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم (N) در هکتار بود.

طی مطالعه‌ای دیگر در همدان، رابطه غلظت نیتروژن سیر و سطوح مختلف مصرف نیتروژن بررسی شد. نتایج نشان داد که رابطه بین غلظت نیتروژن و مصرف نیتروژن از رابطه خطی با معادله $Y = 0.0013x + 1.442$ پیروی می کند که در این معادله، Y متغیر وابسته غلظت نیتروژن بر حسب میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک و X متغیر مستقل مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم (N) در هکتار بود.

غلظت فسفر برگ

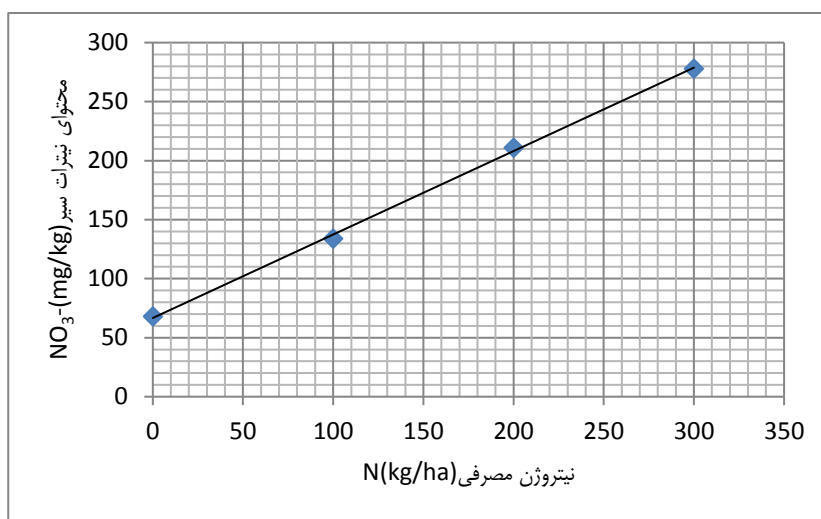
اثر گوگرد بر غلظت فسفر برگ معنی دار بود (جدول ۴). غلظت فسفر برگ با مصرف گوگرد افزایش معنی دار یافت، به گونه‌ای که کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد موجب افزایش غلظت فسفر به میزان ۶۳ درصد در مقایسه با شاهد (۰/۳۳ درصد) گردید (جدول ۵). نتایج

محتوای نیترات سیر

اثر ساده نیتروژن و گوگرد و اثر متقابل این دو عنصر بر محتوای نیترات سیر معنی دار بود (جدول ۲). محتوای نیترات سیر با کاربرد گوگرد کاهش و با کاربرد نیتروژن افزایش معنی دار یافت (جدول ۵). کاربرد گوگرد به میزان ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار محتوای نیترات سیر را ۳۵ درصد نسبت به شاهد (۱۹۷ میلی گرم در کیلوگرم) کاهش معنی دار داد. ولی کاربرد ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، محتوای نیترات سیر را به ترتیب ۹۷، ۲۱۰ و ۳۰۸ درصد نسبت به شاهد (۶۸ میلی گرم در کیلوگرم) افزایش داد. در تمامی سطوح مصرف نیتروژن، گوگرد موجب کاهش محتوای نیترات سیر گردید. بعضی از سبزیجات مانند سیر و پیاز، پاسخ های مثبتی به کودهای نیتروژنی داشته و می توانند مقادیر زیادی نیترات را در خود انباشته نمایند (۵۱). میزان نیترات تابع عواملی مانند تکرار کشت، وضعیت آب و هوایی، کیفیت خاک، فرآورده های تولید مواد غذایی، نوع و مقدار کود شیمیایی مصرفی و وضعیت قوانین آن منطقه می باشد (۲۴). نتایج تحقیقات نشان داده است که مصرف نیتروژن موجب افزایش محتوای نیترات در سیر می گردد (۱۵). مصرف بی رویه کودهای نیتروژنه اصلی ترین عاملی است که موجب تجمع نیترات در تعدادی از سبزی ها و سایر گیاهان می شود (۴۶). نتایج تحقیقات موید این مطلب است که گوگرد جز ساختار آنزیم نیتريت ردوکتاز است که در کلروپلاست سلول مسئول احیای یون نیتريت و نهایتا کاهش تجمع نیترات می باشد (۳۴).

قابلیت جذب فسفر خاک گشته است (۱۴). نتایج مشابهی نیز سایر پژوهشگران گزارش شده است (۱). پژوهشگران گزارش کرده اند که مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک در نتیجه اکسایش آن، باعث کاهش واکنش خاک و افزایش دسترسی فسفر می شود (۱، ۳، ۸ و ۵۷).

تحقیقات نشان داده است که قابلیت جذب فسفر در خاک به شدت وابسته به واکنش خاک است و کاهش واکنش خاک منجر به افزایش قابلیت جذب فسفر خاک می گردد. نتایج پژوهش های صورت گرفته در خاک های مصر نشان می دهد که کاربرد گوگرد عنصری از طریق کاهش معنی دار واکنش خاک منجر به افزایش



شکل ۲- همبستگی محتوای نیترات سیر با نیتروژن مصرفی
Figure 2- Correlation of garlic nitrate content with consumed nitrogen

(۲۸).

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد سیر از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص همراه با ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس به دست می آید. کاربرد گوگرد موجب کاهش محتوای نیترات سیر و pH خاک گردید، ضمن آن که غلظت فسفر، آهن و روی در برگ با کاربرد گوگرد افزایش معنی دار یافت که نشان دهنده اثر مثبت گوگرد بر افزایش فرم قابل جذب این عناصر در خاک می باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش، بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی با عنوان "بررسی تأثیر نیتروژن و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی سیر" است. نگارنده لازم می داند مراتب تشکر و قدردانی خود را از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور برای تصویب پروژه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی برای تأمین مالی پروژه و مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران برای فراهم کردن امکانات اجرای پروژه اعلام نماید.

غلظت آهن و روی برگ

اثر گوگرد بر غلظت آهن و روی برگ معنی دار بود (جدول ۴). غلظت آهن و روی برگ با مصرف گوگرد افزایش معنی دار یافتند، به گونه ای که کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد موجب افزایش غلظت آهن برگ به میزان ۸۸ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۸ میلی گرم در کیلوگرم) و افزایش غلظت روی برگ به میزان ۱۱۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (۱۹ میلی گرم در کیلوگرم) گردید. مطالعات نشان داده است که اکسایش گوگرد در خاک های آهکی موجب افزایش قابلیت جذب عناصر در خاک می شود (۸). نتایج تحقیقات نشان داده است که قابلیت جذب آهن در خاک به شدت وابسته به واکنش خاک است و به ازای یک واحد کاهش واکنش، قابلیت جذب آهن خاک، هزار برابر افزایش می یابد (۱۴). نتایج پژوهش های صورت گرفته در خاک های مصر نشان می دهد که کاربرد گوگرد عنصری از طریق کاهش معنی دار واکنش خاک منجر به افزایش ۲۲۹ درصدی قابلیت جذب آهن خاک نسبت به شاهد گشته است (۱۴). نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران به دست آمده است (۴۰). نتایج تحقیقات مشابهی نشان داد که در اثر کاربرد گوگرد عنصری، غلظت روی قابل جذب خاک ۱۶۴ درصد نسبت به شاهد (۰/۳ میلی گرم در کیلوگرم) افزایش یافت

منابع

- 1- Abdel-Fattah A., Rasheed M.A., and Shafei A.M. 2005. Phosphorus availability as influenced by different application rates of elemental sulfur to soils. *Egyptian Journal of Soil Science* 45(2): 199-208.
- 2- Adem B.E., and Tadesse S.T. 2014. Evaluating the role of nitrogen and phosphorous on the growth performance of garlic (*Allium sativum* L.). *Asian Journal of Agricultural Research* 8: 211-217
- 3- Akhavan Z., and Fallah Nosrat Abad A.R. 2013. The effect of sulfur and Thiobacillus inoculants on soil pH, dry matter weight and phosphorus absorption canola. *Journal of Soil Management for Sustainable Agriculture* 3: 1-13. (In Persian with Persian abstract)
- 4- Aliehyaie M. 1996. Methods of chemical analysis of soil. Vol: 2, Technical report No: 1024, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. (In Persian)
- 5- Aulakh M.S. 2003. Crop response to sulfur nutrition. In: *Sulfur in Plants*. [eds. Y.P. Abrol and A. Ahmed]. Kluwer Academic Publication Dordrecht 341-354
- 6- Balwan S., Duhan B.S., Yadav H.D., and Kumar V. 2006. Effect of different factors on oxidation of elemental sulfur in soils of Haryana. *Haryana Agriculture University Journal Research* 36: 31-34.
- 7- Barker A.V., and Pilbeam D.J. 2006. *Handbook of plant nutrition*. CRC Press. pp: 196.
- 8- Besharati H. 2017. Effects of sulfur application and Thiobacillus inoculation on soil nutrient availability, wheat yield and plant nutrient concentration in calcareous soils with different calcium carbonate content. *Journal of Plant Nutrition* 40: 447-456.
- 9- Chien S.H., Gearhart M.M., and Villagarcía S. 2011. Comparison of ammonium sulfate with other nitrogen and sulfur fertilizers in increasing crop production and minimizing environmental impact: a review. *Soil Science* 176 (7): 327-335.
- 10- Cui Yanshan., Dong Y.T., Li H.F., and Wang Q.G. 2004. Effect of elemental sulfur on solubility of soil heavy metals and their uptake by maize. *Environment International* 30(3): 323-328.
- 11- Delfin S., Tognetti R., Dsiderio E., and Alvino A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy of Sustainable Development* 25: 183-191.
- 12- Diriba-Shiferaw G., Nigussie-Dechassa R., Woldetsadik K., Tabor G., and Sharma J.J. 2015. Effect of nitrogen, phosphorus, and sulfur fertilizers on growth, yield, and economic returns of garlic (*Allium Sativum* L.). *African Journal of Agricultural Research* 4(2): 10-22.
- 13- Ebrahimi M.H., Sharafzadeh M., and Bazrafshan F. 2014. The influence of nitrogen levels on growth and bulb yield of two garlic cultivars. *European Journal of Experimental Biology* 4(1): 270-272
- 14- El-Kholy A.M., Ali O.M., El-Sikhry E.M., and Mohamed A.I. 2013. Effect of sulfur application on the availability of some nutrients in Egyptian soils. *Egyptian Journal of Soil Science* 53(3): 361-377
- 15- El-Zohiri S.S.M., and Abdou Y.M. 2009. Response of garlic plants to nitrogen levels and some growth stimulant. *Annals of Agricultural Science* 47(3): 361-374.
- 16- Eriksen J. 2009. Soil sulfur cycling in temperate agricultural systems. *Advance Agronomy* 102: 55-89.
- 17- Farooqui M.A., Naruka I.S., Rathore S.S., Singh P.P., and Shaktawat R.P.S. 2009. Effect of nitrogen and sulfur levels on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). *Asian Journal of Food and Agro-Industry. Special Issue*.
- 18- Fazili I.S., Jamal A., Ahmad S., Masoodi M., Khan J.S., and Abdin M.Z. 2008. Interactive effect of sulfur and nitrogen on nitrogen accumulation and harvest in oilseed crops differing in nitrogen assimilation potential. *Journal of Plant Nutrition* 31(7): 1203-1220.
- 19- Getu S. 2015. Assessment of garlic production practices and effects of different rates of NPS fertilizer on yield and yield components of Garlic (*Allium Sativum* L.) under irrigated farming system in Yilmana Densa district, Amhara Region, Ethiopia MSc Thesis. Bahir Dar University.
- 20- Hammad S.A., El-Hamdi Kh. H., Abou El-Soud M.A. and El-Sanat G.M.A. 2007. Effect of some soil amendments application on the productivity of wheat and soybean, mobility and availability of nitrogen. *Journal of Agriculture Science Mansoura University* 32(9): 7953-7965.
- 21- Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., and Nelson W.L. 2004. *Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management*. 7th edn. Person Education Inc. Singapore. pp. 221
- 22- Hore J.K., and Chanchan M. 2003. Influence of nitrogen and sulfur nutrition on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Crop and Weed*. 10: 14-18.
- 23- Hu H., Spark D., and Evan J.J. 1991. Sulfur deficiency influences vegetative growth, chlorophyll and element concentration s, and amino acids of pecan. *Journal of American Society of Horticulture Science* 116: 974-980.
- 24- Hore J.K., Ghanti S., and Chanchan M. 2014. Influence of nitrogen and sulfur nutrition on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Crop and Weed* 10(2): 14-18.
- 25- Hsu J., Arcot J., and Lee A. 2009. Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. *Food Chemistry* 115:334-339.

- 26- Imen A., Najjaa H., and Neffati M. 2013. Influence of sulfur fertilization on S-containing, phenolic, and carbohydrate metabolites in rosy garlic (*Allium roseum* L.): A wild edible species in North Africa. *European Food Research Technology* 237: 521-527.
- 27- Kaker A.A., Abdullahzai M.K.; Saleem M., and Qaim Shah S.A. 2002. Effect of nitro-genous fertilizer on growth and yield of garlic. *Asian Journal of Plant Sciences* 1(5): 544-545.
- 28- Karimizarchi M., Aminuddin H., Khanif M.Y., and Radziah O. 2013. Elemental sulfur oxidation rate in a Malaysian high pH soil. In: *Soil Science Conference of Malaysia*. K. Wan Rasidah (eds). pp. 39-43. Pahang: Malaysian Society of Soil Science.
- 29- Karimizarchi M., Aminuddin H., Khanif M.Y., and Radziah O. 2014. Elemental Sulfur Application Effects on Nutrient Availability and Sweet Maize (*Zea mays* L.) Response in a high pH Soil of Malaysia. *Malaysian Journal of Soil Science* 18: 75-86
- 30- Khan A.A., Zubair M., Bari A., and Maula F. 2007. Response of onion (*Allium cepa* L.) growth and yield to different levels of nitrogen and zinc in swat valley. *Sarhad Journal of Agriculture* 23(4): 933.
- 31- Khavazi K., Nougholipour F., and Malakouti M.J. 2001. Effect of Thiobacillus and phosphate solubilizing bacteria on increasing P availability from rock phosphate for corn. *International Meeting on Direct Application of Rock phosphate and related Technology*. Kuala Lumpur. Malaysia.
- 32- Kilgore M.J., Magahi M.D., and Yakubu A.I. 2007. Productivity of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars as affected by different levels of nitrogen and phosphorous fertilizers in Sokoto, Nigeria. *American – Eurasian Journal of Environmental Science* 2(2): 158-162.
- 33- Klikocka H. 2011. The effect of sulfur kind and dose on content and uptake of micro-nutrients by potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 10(2): 137-151.
- 34- Lindsay W.L. 1979. *Chemical Equilibriums in Soils*. New York. John Wiley and Sons Ltd.
- 35- Magray M.M., Chattoo M.A., Narayan S., and Mir S.A. 2017. Influence of Sulfur and Potassium Applications on Yield, Uptake & Economics of Production of Garlic, *International Journal of Pure and Applied Bioscience* 5(5): 924-934
- 36- Martins N., Petropoulos S., and Ferreira I.C.F.R. 2016. Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre- and post-harvest conditions: A review. *Food Chemical* 211: 41-50.
- 37- Mashhadi Jafarlou A. 2006. Effect of Irrigation frequency and different Levels of nitrogen and sulfur on garlic Yield. Master's Thesis. Department of Soil Science. Zanzan University.
- 38- Mayer J.E., Pfeiffer W.H., and P Beyer. 2008. Biofortified crops to alleviate micronutrient malnutrition. *Current Opinion in Plant Biology* 11(2): 166-170.
- 39- Menesatti P., Antonucci F., Pallottino F., and Intrigliolo F. 2010. Estimation of plant nutritional status by Vis-NIR spectrophotometric analysis on orange leaves (*Citrus sinensis*). *Journal of Agricultural Engineering Research* 105: 448-54.
- 40- Mohammadi Aria M., Lakzian A., Haghnia G.H., Berenji A.R., Besharati H., and Fotovat A. 2010. Effect of Thiobacillus, sulfur and vermicompost on the water-soluble phosphorous of hard rock phosphate. *Bioresource Technology* 101: 551-554
- 41- Mostafa M.A., El-Gala A.M., Wassif M., El Maghraby S.E., and Hilal M.H. 1990. Distribution of some micronutrients through a calcareous soil columns under sulfur and saline water application. *Proceedings Middle East Sulfur Symposium*. 12–16 February. Cairo. Egypt. pp 263–276.
- 42- Motior M.R., Abdou A.S., Fareed H.A.D., and Sofian M.A. 2011. Responses of sulfur, nitrogen and irrigation water on *Zea mays* growth and nutrients uptake. *Australian Journal of Crop Science* 5(3): 347-357.
- 43- Mulatu A., Tesfaye B., and Getachew E. 2014. Growth and bulb yield garlic varieties affected by nitrogen and phosphorus application at Masan Worde, South Central Ethiopia. *Sky Journal of Agricultural Research* 3: 249–255.
- 44- Nasef I.N., and Elwan M.W.M. 2016. Response of Yield and Quality of Garlic to Nitrogen Sources and Foliar Spray with Sulfur Treatments. *Journal of Plant Production*. Mansoura University 7(12): 112-119
- 45- Nasreen S., Haque M.M., Hossain M.A., and Fadid A.T.M. 2007. Nutrient uptake and yield of onion as influenced by nitrogen and sulfur fertilization. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 32(3): 413-420.
- 46- Nouri M., and Bayat F. 2016. Changes in Vegetative Growth Indicators and Garlic Performance in Nitrogen Fertilizer Sources and Levels. Two Seasons Letters of vegetables. Ilam University.
- 47- Pavlou G.C., and Ehaliotis C. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop season on growth and nitrite accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae* 111(4): 319-325.
- 48- Safaa M M., Khaled S.M., and Hanan S. 2013. Effect of elemental sulfur on solubility of soil nutrients and soil heavy metals and their uptake by maize plants. *Journal of American Science* 9(12): 19-24.
- 49- Salimpour S., Khavazi K., Nadian H., Besharati H., and Miransari M. 2010. Enhancing phosphorus availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. *Australian Journal of Crop Science* 4: 330-334.
- 50- Salimpour S., Khavazi K., Nadian H., Besharati H., and Miransari M. 2012. Canola oil production and nutrient

- uptake as affected by phosphate solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. *Journal of Plant Nutrition* 35: 1997-2008.
- 51- Sameni A.M., and Kasraian A. 2004. Effect of agricultural sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry regions of Iran. I. Disintegration rate of agricultural sulfur and its effects on chemical properties of the soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35(9-10): 1219-1234.
- 52- Sebnie W., Mengesha M., Girmay G., and Tesfaye Feyisa T. 2018. Response of garlic (*Allium sativum* L.) to nitrogen and phosphorus under irrigation in Lasta district of Amhara Region, Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture* 4: 1532862
- 53- Skwierawska M., Zawartka L., Skwierawski A., and Nogalska A. 2012. The effect of different sulfur doses and forms on changes of soil heavy metals. *Plant, Soil and Environment* 58:135-140.
- 54- Susana C.B., Johannes L., Dawit S., Eduardo F.C., and Luís R.F.A. 2013 Sulfur forms in organic substrates affecting S mineralization in soil. *Geoderma* 156–164.
- 55- Vidyalakshmi R., Paranthaman R., and Bhakayaraj R. 2009. Sulfur oxidizing bacteria and pulse nutrition-A review. *World Journal of Agricultural Sciences* 5(3): 270-278
- 56- Ye R., Wright A.L., and McCray J.M. 2011. Seasonal changes in nutrient availability for sulfur -amended everglades soils under sugarcane. *Journal of Plant Nutrition* 34(14): 2095-2113.
- 57- Zaki H.E.M., Toney H.S.H., and Abd Elraouf R.M. 2014. Response of two garlic cultivars (*Allium sativum* L.) to inorganic and organic fertilization. *Nature and Science* 12(10): 52-60.
- 58- Zapata F., and Roy R.N. 2004. Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. Publication of the FAO Land and Water Development Division 117-122.
- 59- Zhou Y., Haneklaus S., Singh B.R., and Schnug E. 2008. Effect of repeated applications of elemental sulfur on microbial population, sulfate concentration, and pH in soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39: 124–140.



Nitrogen and Sulfur with Thiobacillus Bacteria Effects on Garlic Yield and Garlic Nitrate Content and some Nutrients Availability in Soil

M. Seilsepour^{1*}

Received: 29-05-2019

Accepted: 13-07-2020

Introduction: Garlic (*Allium sativum* L) is the second most commonly used herb of alliums after onions. This plant has significant effects on lowering blood pressure, preventing atherosclerosis, reducing blood cholesterol and triglyceride and inhibiting platelet aggregation. In recent years, the increase in the yield of this product has been of interest to manufacturers of this product with respect to the preservation of qualitative characteristics, including the maximum content of nitrate. It has been shown that the absorption of nutrients in the soil affects the yield and yield components of the plant. In this regard, the timely and adequate supply of nutrients such as sulfur and nitrogen has a special role in promoting quantitative and qualitative characteristics of garlic.

Material and Methods: In order to study the effects of nitrogen and sulfur consumption on quantitative and qualitative traits of garlic, this study was conducted with 12 treatments and three replications in the form of a split plot design in two years in Agricultural Research Center of Agricultural and Natural Resources of Tehran Province which located in Varamin in Iran. Nitrogen factor was considered at four levels (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹) and sulfur at three levels (0, 500 and 1000 kg ha⁻¹ with inoculation of Thiobacillus). Before planting, soil samples were taken from the experimental site and physical and chemical characteristics including texture, reaction, organic carbon, lime, nitrogen, phosphorus and potassium, and iron, manganese, copper, zinc and boron were measured. Dry matter yield, number of bulbs per garlic, single plant weight, garlic weight, plant height, leaf number per plant and leaf area were recorded at the end of experiment. Garlic nitrate content and nutrient concentration in garlic leaves were also measured. Data obtained were analyzed statistically using SAS software.

Results and Discussion: The effects of nitrogen and sulfur on the yield of garlic cloves, number of bulbs in cloves, cloves weights, bulbs weights, plant height, leaf area and bulb nitrate were significant as all these traits were improved. Application of 1000 kg.ha⁻¹ of sulfur increased the garlic cloves yield by 31% compared to the control. Nitrogen consumption up to 200 kg.ha⁻¹ increased garlic cloves yield by 58% compared to the control. The highest economic yield of garlic cloves was obtained by 1000 kg.ha⁻¹ sulfur and 200 kg.ha⁻¹ nitrogen, which was 104% more than control treatment.

Data also showed that the effects of sulfur and nitrogen and the interaction of sulfur and nitrogen on the leaf area of the garlic plant were significant. Consumption of 1000 kg.ha⁻¹ of sulfur increased the leaf area of the garlic plant by 42% compared to the control. Nitrogen consumption up to 200 kg.ha⁻¹ increased the leaf area of garlic plant by 39.3% compared to the control. The highest leaf area of garlic plant was obtained from 1000 kg.ha⁻¹ sulfur and 200 kg.ha⁻¹ nitrogen, which was 104% higher than control. Increase of the growth and yield of garlic was attributed to the main role of nitrogen in increasing meristematic activity, cell division, prolongation of the cell. Sulfur is one of the essential nutrients of the plant, and without sulfur, the plant does not grow and function properly. Sulfur is the fourth essential element after nitrogen, potassium and phosphorus for garlic. This element is needed in production of amine acids, such as methionine and cysteine, which are essential for the production of vitamin A, and the activation of certain enzymes. The results of studies have shown that amino acids directly or indirectly affect the physiological activity of the plant, and positively affect the growth, increase in yield and increase plant tolerance to environmental stresses. The soil reaction was affected by sulfur consumption and decreased. There was a negative correlation between soil reaction as a dependent variable (Y) and consumed sulfur as an independent variable (X), which correlated with linear relation with correlation coefficient of 0.98. Data showed that use of 1000 kg.ha⁻¹ of sulfur reduced soil reaction from 7.49 to 7.26 and increased leaf iron concentration by 88% compared to control and increased leaf zinc concentration 110% compared to control treatment. The researchers believe that sulfur oxidation and sulfuric acid production in the soil reduce soil reactions and increase the absorption capacity of phosphorus and microelements. The effect of sulfur on the concentration of leaf phosphorus was significant. The phosphorus concentration was increased

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

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

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.80398

significantly with sulfur application into the soil, so that $1,000 \text{ kg.ha}^{-1}$ of sulfur increased the concentration of leaf phosphorus by 63% compared with the control (0.33%). Research results have shown that phosphorus absorption capacity in soil is highly dependent on soil reaction and reducing soil reaction leads to increased phosphorus absorption capacity. Researchers have reported that sulfur consumption and the production of sulfuric acid, as a result of its oxidation, reduce soil reaction and increase phosphorus availability for plants. The effect of nitrogen, sulfur and the interaction of nitrogen and sulfur on the content of garlic nitrate was significant. Garlic nitrate content decreased with application of sulfur and increased with nitrogen addition. Application of sulfur at 1000 kg.ha^{-1} significantly reduced garlic nitrate content by 35% compared to control. The application of 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} of nitrogen increased the content of garlic nitrate 97, 210 and 308%, respectively in comparison to control. At all levels of nitrogen addition, sulfur consumption reduced the content of garlic nitrate. Garlic nitrate content decreased with application of sulfur and increased with nitrogen addition. Sulfur application at 1000 mg.kg^{-1} significantly reduced garlic nitrate content by 35% compared to control (mg.kg^{-1}). Garlic nitrate was increased by the amount of nitrogen consumed. There was a positive correlation between garlic nitrate (Y) as a dependent variable (N) and independent nitrogen (X), which correlated with linear relation with the correlation coefficient of 0.99. Researchers have argued that excessive consumption of nitrogen fertilizers is the main factor causing the accumulation of nitrate in a number of vegetables and other plants such as garlic.

Conclusion: Based on the results of the experiment, it was concluded that nitrogen and sulfur increase the yield of garlic. Meanwhile, sulfur reduces nitrate accumulation in garlic. Sulfur consumption reduces soil pH and increases the absorption availability of micronutrients and phosphorus in the soil and causes more absorption of these elements by the plant.

Keywords: Garlic, Nitrate, Nitrogen, Soil Fe, Sulfur



مقاله علمی-پژوهشی

پاسخ‌های رشدی و فیزیولوژیکی خیار پیوندی به تنش خشکی

مریم حقیقی^{۱*} - آتنا شبیانی راد^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۱

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی پیوند در القا مقاومت به تنش خشکی در خیار در شرایط گلخانه‌ای انجام گرفت. آزمایش فاکتوریل شامل فاکتورهای (گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و سطح خشکی بر اساس پتانسیل اسمزی: شاهد، ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بذور خیار بومی اصفهان به عنوان پیوندک بر روی پایه فرو پیوند حفره‌ای انجام گرفت. نتایج افزایش مقاومت به تنش و تولید توده زنده بیش تر با افزایش جذب و توسعه ریشه‌ها در خیارهای پیوند شده را نشان داد. همچنین محتوای پتاسیم در گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیرپیوندی کاهش یافت. طیف وسیعی از خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی تحت تأثیر پیوند و اثرات متقابل پایه $\times$ پیوندک قرار گرفتند. برخی از این ویژگی‌ها سبب بهبود روابط آبی و رشد و نمو گیاه در شرایط تنش گشت. شاخص‌های تبادلات گازی همانند فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای در گیاهان غیرپیوندی از گیاهان پیوندی پایین تر بود. با افزایش معنی دار پرولین در گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی و همچنین افزایش بیش تر پتاسیم در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال در گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی به نظر می‌رسد که مکانیسم تحمل به خشکی اعمال شده پایه از طریق حفظ تعادل اسمزی و برقراری هموستازی پتاسیم می‌باشد. در نهایت می‌توان پیوند را به عنوان یک روش کارآمد جهت القا تحمل به تنش خشکی و افزایش عملکرد خیار توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، تبادلات گازی، سبزی گلخانه‌ای

مقدمه

می‌دهد (۲۷). یکی از زمینه‌های تحقیقاتی حیاتی برای پیشبرد کشاورزی درک فرآیندهای ژنتیکی و بیوشیمیایی تنظیم کننده مقاومت گیاهان نسبت به تنش خشکی می‌باشد (۸). به منظور حفظ فرایند جذب آب توسط گیاه توسعه سیستم ریشه‌ای یک امر ضروری می‌باشد. مکانیسم‌های دخیل در توسعه ریشه‌های در معرض تنش کم‌آبی توسط شارپ و همکاران (۲۳) بیان شده است و شامل تغییرات در ابعاد نواحی رشد ریشه، وضعیت دیواره سلولی، میزان ذخیره اسید آسزیک و تنظیم جریان اسمزی می‌باشد. رشد ریشه‌ها نتیجه تقسیم و طویل شدن سلول‌ها است که خود نیازمند جذب پیوسته آب و حفظ پتانسیل تورگر می‌باشد که این امر توسط شیب پتانسیل آب در طول غشا سلولی به کمک مواد محلول درون سلولی کنترل می‌گردد (۵).

پیوند به عنوان یکی از مهم ترین مهارت‌های باغبانی به طور گسترده‌ای برای بهبود رشد و افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی مورد استفاده می‌باشد (۲۱). کارایی مصرف آب در پیوندک را می‌توان با پیوند آن بر روی پایه‌ای که متحمل به خشکی است بهبود بخشید (۱۹، ۲۰ و ۱۱). پیش تر در مطالعات انجام گرفته بر روی لوبیا (۱۹)، سویا (۲۲) و انگور (۲۰)، القا تحمل به خشکی در اثر پیوند مشاهده گردیده است. همچنین

خیار از جمله محصولاتی است که در سرتاسر جهان کشت و کار می‌شود و بخش عمده‌ای از تولید آن در مناطق خشک و نیمه خشک انجام می‌گیرد و یکی از مشکلات اصلی پرورش گیاهان در این اقلیم ها وجود تنش خشکی می‌باشد (۲۶). ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی متر در سال جزو این نواحی می‌باشد. تنش خشکی یکی از مهم ترین معضلات در ایران می‌باشد زیرا غالباً توزیع بارندگی‌ها در طول فصل رشد ناکافی و غیر متوازن می‌باشد و پیش از تکمیل رشد گیاه این بارندگی‌ها متوقف می‌گردد (۱۰). در اثر تنش خشکی سه تغییر مهم در روابط آبی گیاه اتفاق می‌افتد که شامل تغییرات اسمزی، کاهش تورژسانس و کاهش خاصیت ارتجاعی دیواره سلولی است (۲۵). این تغییرات نتایج کاهش آب در گیاه است و کمبود آب از طریق تأثیر بر میزان باز بودن روزنه‌ها، فعالیت گیاه را تحت تأثیر قرار

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(*) نویسنده مسئول

(Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.81113

هندوانه‌های پیوند شده بر روی پایه کدو تنبل در شرایط کمبود آبیاری تا ۶۰ درصد عملکرد بازارپسندانه بالاتری را نسبت به گیاهان غیر پیوندی نشان دادند (۱۸). گیاهان برای تحمل شرایط کم‌آبی مکانیسم‌های متفاوتی از قبیل تغییر در فتوسنتز و رشد سلول‌ها یا القای بیان ژن‌های خاصی برای حفظ جذب آب و پتانسیل تورگر در پیش می‌گیرند (۶).

این پژوهش به منظور بررسی اثرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی پیوند در القا تحمل به تنش خشکی در خیار بومی اصفهان در گلخانه ای انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در زمستان ۱۳۹۴ به صورت آزمایش فاکتوریل شامل فاکتورهای (گیاهان پیوندی و غیرپیوندی و سطح خشکی بر اساس پتانسیل اسمزی: شاهد، $-0/4$ و $-0/8$ مگاپاسکال) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای خشکی بر اساس مقادیر مختلف پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰۰) بر اساس فرمول زیر محاسبه و اعمال گردید.

$$\psi_{IT} = -MIRT$$

ψ_{IT} : پتانسیل اسمزی، M: مولاریته محلول، I: شاخص تفکیک، R: ثابت گازها، T: دما بر اساس کلین

در این آزمایش از بذور خیار بومی اصفهان به عنوان پیوندک و گیاهان پیوند نشده استفاده شد. به منظور انجام پیوند نیز ابتدا بذور پایه فرو را در مخلوطی از ماسه و خاک باغچه کاشته و سپس بعد از این که بوته‌ها به مرحله یک‌برگی رسیدند، بر روی آن‌ها پیوند حفره‌ای انجام گرفت. پس از انجام عملیات پیوند، همه گیاهان دو روز در داخل یک اتاقک تاریک با رطوبت نسبی ۹۹ درصد و دمای ۲۵-۲۶ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس به یک تونل کوچک با رطوبت نسبی ۹۵ درصد و دمای ۲۹-۲۷ انتقال یافتند. بوته‌های پیوندی به مدت ۱۰ روز در این محیط قرار گرفتند و سپس عمل مقاوم‌سازی به مدت ۵ روز بر روی آن‌ها اعمال گردید. تیمار خشکی ۲ هفته بعد از انتقال گیاهان پیوندی به گلدان اعمال شد که بعد از اعمال تنش، گیاهان در گلخانه، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد قرار داده شدند و آبیاری آن‌ها به صورت روزانه با غلظت‌های مختلف پلی اتیلن گلیکول انجام گرفت. سه هفته بعد از اعمال تیمارها شاخص‌های مورد نظر اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های تبادلات گازی توسط دستگاه پرتابل سنجش فتوسنتز (LI, 6100 شرکت لای کورن، ایالات متحده آمریکا) اندازه‌گیری شد. بدین منظور برگ‌های میانی کاملاً توسعه یافته با سه تکرار جهت اندازه‌گیری صفات مورد نظر انتخاب گردید و تمامی

اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۱ صبح ثبت گردید. هدایت مزوفیلی از تقسیم کردن فتوسنتز به غلظت دی‌اکسیدکربن درون روزنه‌ای بدست آمد. به منظور تعیین کارایی مصرف آب فتوسنتزی میزان فتوسنتز به هدایت روزنه‌ای تقسیم شده است. شاخص سبزی‌نگی نیز توسط دستگاه کلروفیل سنج (SPAD) (مدل ۵۰۲ ساخت شرکت مینولتا، ژاپن) و میزان فلورسنس کلروفیل توسط دستگاه فلورومتر (مدل OS-30 ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پرولین به روش بتس و همکاران (۳) و قرائت در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکترو فتومتر (مدل UV-600A) انجام گرفت.

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدان و محتوای فنول از برگ عصاره‌گیری شد سپس برای اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان برگ به شیوه DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) در طول موج ۵۱۷ نانومتر از دستگاه اسپکترو فتومتر (مدل UV-600A ساخت کشور انگلستان) استفاده شد و غلظت نهایی بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (۲۸).

جذب کنترل = (جذب کنترل - جذب نمونه) ÷ درصد ممانعت کنترلی

اندازه‌گیری فنول نیز به شیوه فولین سیو کالتو در طول موج ۷۶۵ نانومتر انجام گرفت (۲۴). به منظور اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و پروتئین کل بافر استخراج عمومی برای تمامی آنزیم‌ها و همچنین بافر فسفات عمومی به منظور تهیه بافر واکنش برای تمامی آنزیم‌ها تهیه گردید. حدود ۲۰۰ میلی گرم از برگ‌های توسعه یافته گیاه نمونه تهیه کرده، آن‌ها را توسط نیتروژن مایع تثبیت نموده سپس عصاره آن‌ها را به کمک بافر استخراج ساترپیوژ کرده سپس میزان جذب آنزیم کاتالاز در طول موج ۲۴۰ و آنزیم پراکسیداز در طول موج ۴۷۰ و در نهایت پروتئین کل به روش برادفورد در طول موج ۵۹۵ نانومتر اندازه گرفته شد (۴).

داده‌ها در نرم‌افزار اکسل طبقه‌بندی و با برنامه آماری Statstix 8 آنالیز شدند و مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برهمکنش میان سطوح پتانسیل آب و پیوند را معنی‌دار نشان دادند اما اثرات ساده در میان صفات مختلف روند متفاوتی را نشان دادند (جدول ۱). بررسی اثرات اصلی پیوند نمایانگر افزایش معنی‌داری تا بیش از دو برابر در وزن تر و خشک شاخساره و ریشه در گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیر پیوندی می‌باشد. علاوه بر این طول ساقه نیز به طور معنی‌داری در گیاهان پیوندی افزایش یافت. اما پتانسیل آب برگ و محتوای پتاسیم به طوری معنی‌داری در گیاهان پیوندی به ترتیب ۷۷/۹ و ۱۷/۷ درصد کاهش را نشان دادند. تکنیک پیوند بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای فنول کل و پروتئین تغییر معنی‌داری را ایجاد نکرد (جدول

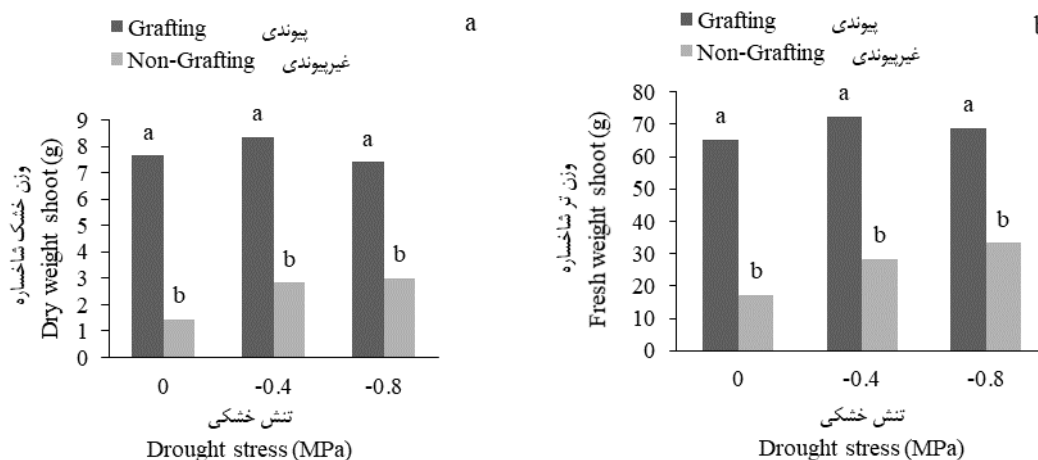
به‌طوری‌که شاخص سبزی‌نگی در تیمار -0.8 - مگاپاسکال نسبت به شاهد 32 درصد افزایش یافت و برخلاف آن فلورسنسی کلروفیل در تیمار شاهد دارای حداکثر مقدار خود بود و در دو تیمار دیگر $3/5$ درصد کاهش یافت. شاخص‌های تبادلات گازی از قبیل مقدار فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی و کارایی مصرف آب فتوسنتزی تحت تأثیر سطوح خشکی اعمال شده قرار نگرفتند. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر کاتالاز و پراکسیداز و پروتئین کل نیز تحت تأثیر سطوح خشکی قرار نگرفتند (جدول ۲).

مقدار وزن تر و خشک در کلیه تیمارهای پیوند شده مقادیری تا بیش از 2 برابر را نسبت به گیاهان غیرپیوندی نشان دادند اما تیمارهای خشکی اعمال شده اثر معنی‌داری را در میزان وزن تر و خشک شاخساره ایجاد نکردند. هرچند که از نظر آماری تیمارهای خشکی تفاوت معنی‌داری را ایجاد نکردند اما روند صعودی در مقدار وزن تر و خشک شاخساره با افزایش سطوح خشکی مشاهده می‌گردد (شکل ۱).

بیش‌ترین مقدار وزن تر ریشه در گیاهان پیوندی دیده شد به‌طوری‌که بالاترین مقدار آن در خشکی -0.8 - مشاهده شد. در گیاهان غیرپیوندی در مقایسه با گیاهان پیوندی وزن تر ریشه کاهش معنی‌داری را نشان داد به‌طوری‌که در هر یک از سطوح خشکی (0 ، -0.4 و -0.8 -) اعمال شده به ترتیب 63 ، 64 و 36 درصد کاهش را نشان دادند. بالاترین مقدار وزن خشک ریشه در گیاهان پیوندی تیمار شاهد مشاهده گردید بعد از آن با حدود 33 درصد کاهش در تیمارهای ($-0.8 \text{ MPa} \times \text{G}$ ، $-0.4 \text{ MPa} \times \text{G}$ و $-0.8 \text{ MPa} \times \text{N}$) - مشاهده شد. پایین‌ترین مقادیر وزن خشک اندام هوایی و ریشه در گیاهان غیرپیوندی تیمار شاهد دیده شد (شکل ۲).

۲). شاخص سبزی‌نگی افزایش معنی‌داری را تا 30 درصد در گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیر پیوندی نشان داد. با این حال میزان فلورسنس کلروفیل میان گیاهان پیوندی و غیر پیوندی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. با این وجود میزان فتوسنتز تا بیش از 56 درصد در گیاهان غیرپیوندی نسبت به گیاهان پیوندی مقادیر بالاتری را نشان داد. تغییرات تعرق و هدایت روزنه‌ای روندی مشابه با فتوسنتز نشان دادند به‌طوری‌که به ترتیب 58 و 66 درصد در گیاهان پیوندی از مقادیر آن‌ها کاسته شد. در میان شاخص‌های تبادلات گازی پیوند تأثیر معنی‌داری را بر کارایی مصرف آب فتوسنتزی و هدایت مزوفیلی ایجاد نکرد. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز و پروتئین کل نیز تحت تأثیر پیوند قرار نگرفتند (جدول ۲).

سطوح خشکی اعمال شده تفاوت معنی‌داری را در میزان وزن تر و خشک و شاخساره ایجاد نکرد. هرچند وزن تر ریشه در تیمار -0.8 - مگاپاسکال تا 36 درصد افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد؛ اما تیمارهای خشکی تفاوت معنی‌داری را در وزن خشک ریشه و طول شاخساره ایجاد نکردند. پتانسیل آب برگ در تیمار -0.4 - مگاپاسکال تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان نداد اما در تیمار خشکی -0.8 - مگاپاسکال بیش از 80 درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. بالاترین مقدار پتاسیم در تیمار شاهد دیده شد و بعد از آن با حدود 30 درصد کاهش در تیمارهای خشکی اعمال شده مشاهده گردید. محتوای فنول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز تحت تأثیر سطوح خشکی مورد استفاده قرار نگرفتند. مقدار پرولین در تیمار شاهد دارای پایین‌ترین مقدار خود بود و در دو تیمار دیگر با حدود 20 درصد افزایش مقادیر بالاتری را نشان داد (جدول ۵). در میان خصوصیات فتوسنتزی اندازه‌گیری شده تنها شاخص سبزی‌نگی و میزان فلورسنس کلروفیل تحت تأثیر سطوح خشکی قرار گرفتند



شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر وزن تر (a) و خشک شاخساره (b) خیار

Figure 1- Interaction effect of drought stress × grafting on dry (a) and fresh weight of cucumber shoot (b). (LSD, $p \leq 0.05$)

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پیوند و تنش خشکی بر شاخص های رشدی، فتوسنتزی و بیوشیمیایی بوته خیار

Table 1- ANOVA for the effect of grafting and drought stress on growth, photosynthesis and biochemical characteristics of cucumber plant

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	پرولین Proline	فنول Phenol	فعالیت اکسیدانی Antioxidant activity	پتاسیم Potassium	پتانسیل آب برگ Leaf water potential	طول ساقه Stem length	وزن خشک ریشه Dry weight root	وزن تر ریشه Fresh weight root	وزن خشک شاخساره Dry weight shoot	وزن تر شاخساره Fresh weight shoot
پیوند Grafting	1	0.1 ^{ns}	0.00001 ^{ns}	0.65 ^{ns}	1.25*	11.63*	0.89*	1.64*	7.82*	15.69*	9.11*
پتانسیل آب Water potential	2	0.51*	0.00002 ^{ns}	0.28 ^{ns}	1.25*	10.07*	0.12*	0.09 ^{ns}	1.71*	0.59 ^{ns}	0.48 ^{ns}
پیوند × پتانسیل آب Grafting × Water potential	2	4.22*	0.003*	0.014*	0.13*	10.008*	0.51*	0.32*	0.35*	0.64*	0.41*
خطا Error	14	0.01	0.00009	0.16	0.04	0.13	0.06	0.03	0.55	0.24	0.19
ضریب تغییرات CV (%)		15.47	0.65	25.72	10.55	22.88	17.01	31.26	36.04	41.213	29.05
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	فعالیت کاتالاز Catalase activity	کارایی مصرف آب فتوسنتزی Photosynthetic water use efficiency	هدایت مزوفیلی Mesophyll conductance	هدایت روزنه ای Stomatal conductance	تعرق Transpiration	فتوسنتز Photosynthesis	فلورسنس کلروفیل Chlorophyll fluorescence	شاخص سبزیگی Spad value	پروتئین کل Total protein	فعالیت پراکسیداز Peroxidase activity
پیوند Grafting	1	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	17.68 ^{ns}	10.54*	12.56*	0.05*	0.006 ^{ns}	1.98*	238.83 ^{ns}	0.2 ^{ns}
پتانسیل آب Water potential	2	0.11 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.009*	0.82*	315.84 ^{ns}	0.24 ^{ns}
پیوند × پتانسیل آب Grafting × Water potential	2	0.003*	0.52*	2.47*	0.8*	0.52*	0.004*	0.005*	0.31*	154.44*	0.66*
خطا Error	14	0.04	0.33	0.67	0.32	0.85	0.001	0.002	0.04	431.78	0.23
ضریب تغییرات CV (%)			31.79	37.49	35.80	28.02	48.70	2.04	14.98	12.58	3.41

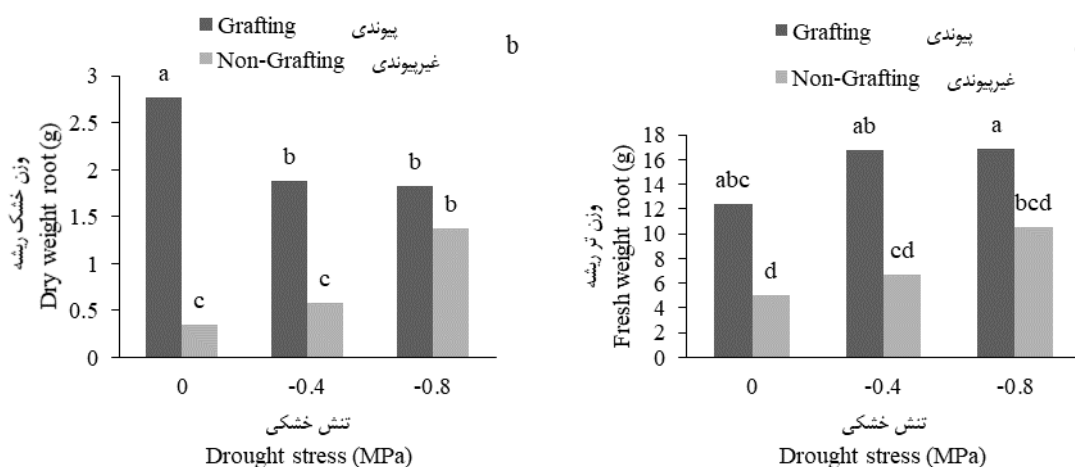
* و ^{ns}: Significant at 5% of probability level and no significant, respectively.
* and ^{ns}: Significant at 5% of probability level and no significant, respectively.

جدول ۲- اثر پیوند و تنش خشکی بر خصوصیات رشدی، فتوسنتزی و بیوشیمیایی بوته خیار
Table 2- Effect of grafting and drought stress on growth, photosynthesis and biochemical characteristics of cucumber plant

تیمار Treatment	پروترین Proline (μmol^{-1} mgFW)	فنول Phenol (mg/g)	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity (%)	پتاسیم Potassium (mg l^{-1})	پتانسیل آب برگ Leaf water potential (kgm^{-2})	طول ساقه Stem length (cm)	وزن خشک ریشه Dry weight root (g)	وزن تر ریشه Fresh weight root (g)	وزن خشک شاخساره Dry weight shoot (g)	وزن تر شاخساره Fresh weight shoot (g)
پیوندی Grafting	0.02a	0.16a	25.48a	192.2b	2.88b	65.78a	2.15a	15.33a	7.8a	68.73a
غیرپیوندی Non-grafting	0.01a	0.16a	31.41a	233.75a	13.07a	50b	0.77b	7.44b	2.41b	26.20b
شاهد Control	0.01b	0.16a	33.25a	264.01a	11.40a	56.48a	1.56a	8.73a	4.53a	41.14a
-0.4 MPa	0.02ab	0.16a	25.69a	186.70b	10.47a	62.75a	1.23a	1.70ab	5.59a	50.17a
-0.8 MPa	0.02a	0.16a	26.39a	188.22b	2.06b	54.43a	1.60a	13.72a	5.19a	51.09a
تیمار پیوند Grafting treatment	پروتئین کل Total protein (mg/g FW)	فعالیت پراکسیداز Peroxidase activity ($\mu\text{mol/min}$ gFW)	فعالیت کاتالاز Catalase activity ($\mu\text{mol/min}$ g FW)	فتوسنتزی Photosynthetic water use efficiency ($\mu\text{mol CO}_2$ mmol H ₂ O)	هدایت مزوفیلی Mesophyll conductance ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	هدایت روزنه Stomatal Conductance ($\text{mmol H}_2\text{O}$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	تعرق Transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	فتوسنتز Photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}$ s^{-1})	فلورسنس کلروفیل Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm)	شاخص سبزیگی value Spad
پیوندی Grafting	2.55a	1.09a	0.88a	57.75a	0.41a	0.10b	4.30b	5.93 b	0.81b	28.29a
غیرپیوندی Non-grafting	2.84a	0.88a	0.82a	46.49a	0.37a	0.31a	10.40a	13.53 a	0.84b	19.74b
شاهد Control	17.47a	1.15a	0.79a	48.73a	0.40a	0.21a	7.28a	8.3a	0.85a	20.20b
-0.4 MPa	31.86a	1.06a	1.01a	48.93a	0.41a	0.23a	8.01a	10.58a	0.82b	21.83b
-0.8 MPa	26.26a	0.76a	0.75a	58.69a	0.35a	0.17a	6.75a	10.3a	0.82b	30.01a

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are no significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

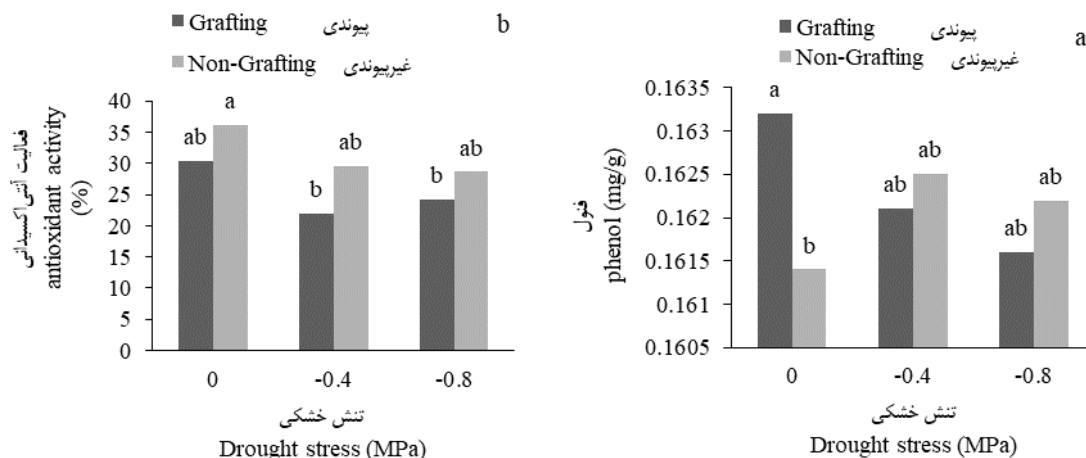


شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر وزن تر (a) و خشک ریشه خیار (a)

Figure 2- Interaction effect of drought stress × grafting on fresh weight of root (a) and dry weight of cucumber root (b). (LSD, $p \leq 0.05$)

تیمار شاهد میان گیاهان غیرپیوندی و پیوندی بود که به طور قابل توجهی در گیاهان پیوندی نزدیک به ۲/۵ برابر محتوای فنولی بیش تری مشاهده گردید (شکل ۳).

فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاهان غیرپیوندی از گیاهان پیوندی بیش تر بوده است لکن تفاوت معنی داری میان آن ها در سطوح خشکی مشابه دیده نشد. در میزان ترکیبات فنولی تنها تفاوت معنی دار در

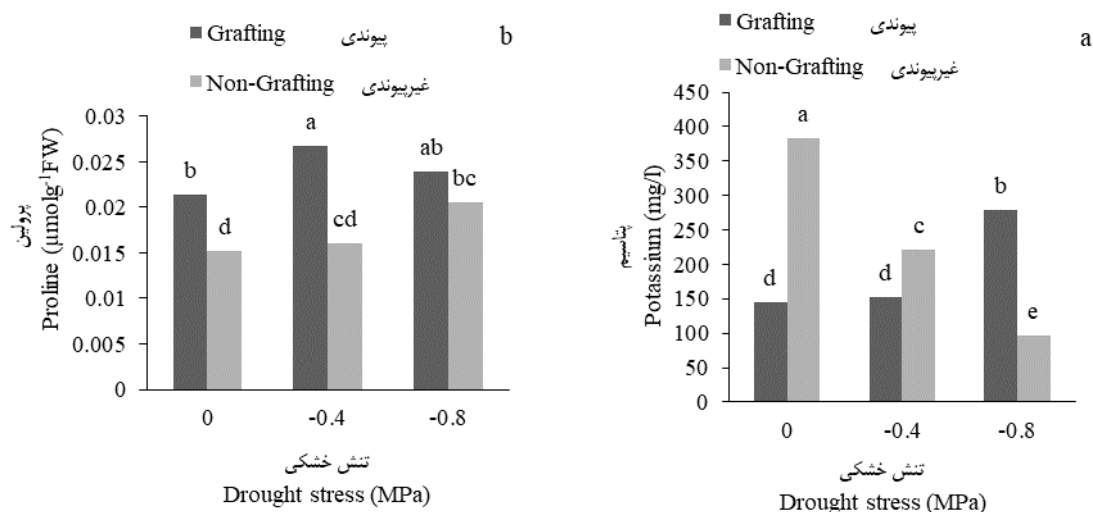


شکل ۳- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر فنول کل (a) و فعالیت آنتی اکسیدانی برگ (b) خیار

Figure 3- Interaction effect of drought stress × grafting on phenol (a) and antioxidant activity leaf (b) of cucumber. (LSD, $p \leq 0.05$)

کاهش نسبت به شاهد دیده شد. در گیاهان غیرپیوندی محتوای پرولین به طور معنی داری با افزایش سطوح خشکی اعمال شده افزایش یافت اما بالاترین مقدار آن در تیمار خشکی ۰/۴- مگاپاسکال × پیوندی دیده شد. بعد از آن با کاهش معنی داری در تیمار شاهد گیاهان پیوندی بیش ترین مقدار پرولین مشاهده شد (شکل ۴).

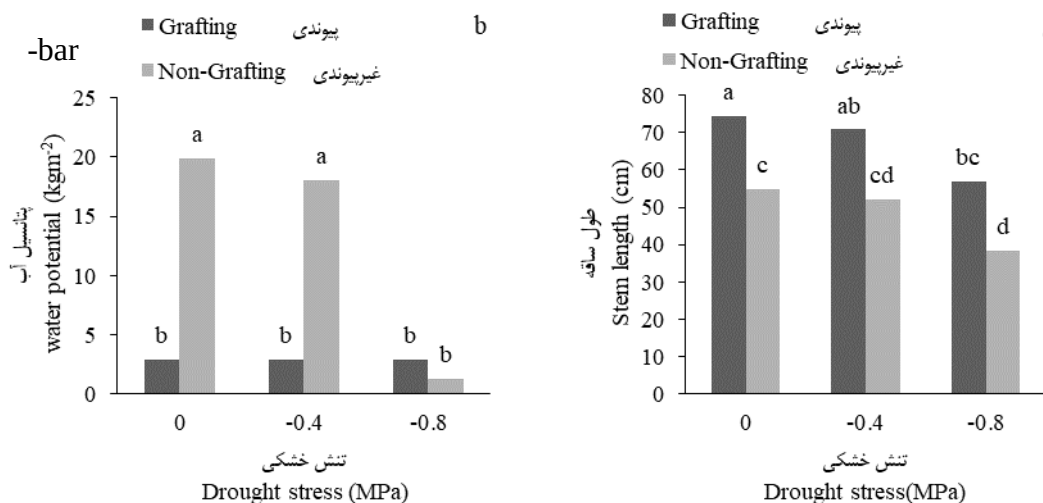
بالاترین محتوای پتاسیم در گیاهان غیرپیوندی فاقد تیمار خشکی مشاهده شد بعد از آن با ۲۶ درصد کاهش در گیاهان پیوندی تیمار ۰/۸- مگاپاسکال دیده شد. در میان گیاهان غیرپیوندی با افزایش سطح خشکی محتوای پتاسیم روند نزولی را نشان داد به طوری که پایین ترین مقدار آن در تیمار خشکی ۰/۸- مگاپاسکال با ۷۳ درصد



شکل ۴- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر میزان پتاسیم (a) و پرولین برگ (b) خیار
Figure 4- Interaction effect of drought stress × grafting on potassium (a) and proline leaf (b) content of cucumber. (LSD, $p \leq 0.05$)

خشکی از ارتفاع گیاهان کاسته است اما در کل گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی ارتفاع بیشتری را داشتند به طوری که بالاترین مقدار آن در تیمار شاهد پیوندی، سپس با ۲۸ درصد کاهش در گیاهان پیوندی ۰/۴- مشاهده گردید (شکل ۵).

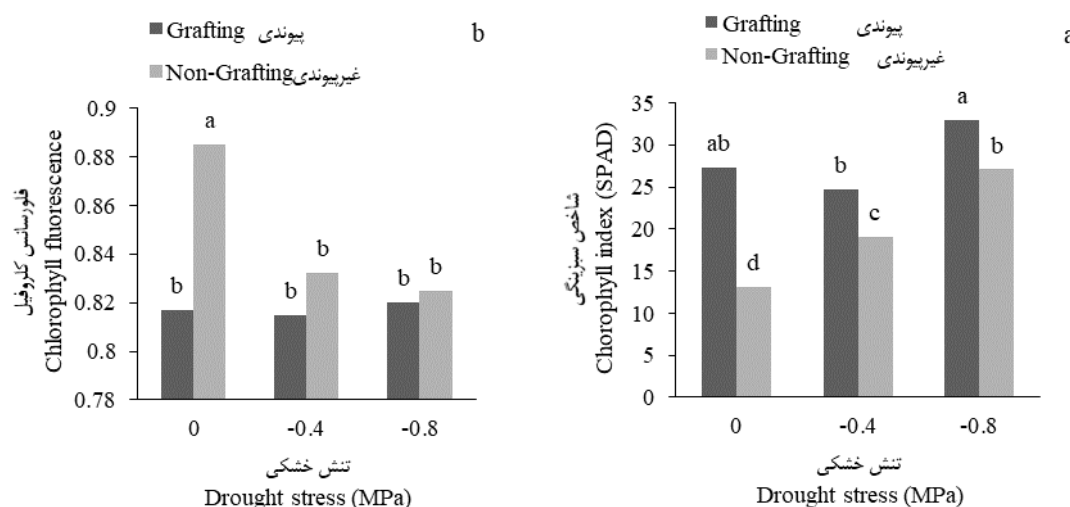
در گیاهان غیرپیوندی تیمارهای خشکی اعمال شده تفاوت معنی داری را در میزان پتانسیل اسمزی نشان ندادند. بالاترین مقدار پتانسیل اسمزی در تیمار فاقد خشکی و ۰/۴- مگاپاسکال و در گیاهان غیرپیوندی مشاهده شد. به طور معنی داری در کلیه تیمارها



شکل ۵- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر طول ساقه (a) و پتانسیل آب برگ (b) خیار
Figure 5- Interaction effect of drought stress × grafting on stem length (a) and leaf water potential (b) of cucumber. (LSD, $p \leq 0.05$)

داشتند به طوری که بالاترین مقادیر در تیمار شاهد پیوندی و ۰/۸- مگاپاسکال × پیوندی دیده شد و پایین ترین مقدار شاخص سبزیگی در شاهد غیرپیوندی با ۵۶ درصد کاهش نسبت به شاهد پیوندی مشاهده شد (شکل ۶).

حداکثر مقدار فلورسنسی کلروفیل در تیمار شاهد غیرپیوندی دیده شد، سایر تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی داری را نشان ندادند و ۸ درصد کاهش را نسبت به شاهد غیرپیوندی نشان دادند. شاخص سبزیگی در میان گیاهان غیرپیوندی با افزایش سطوح خشکی افزایش یافت اما در کل مقادیر پایین تری نسبت به گیاهان پیوندی

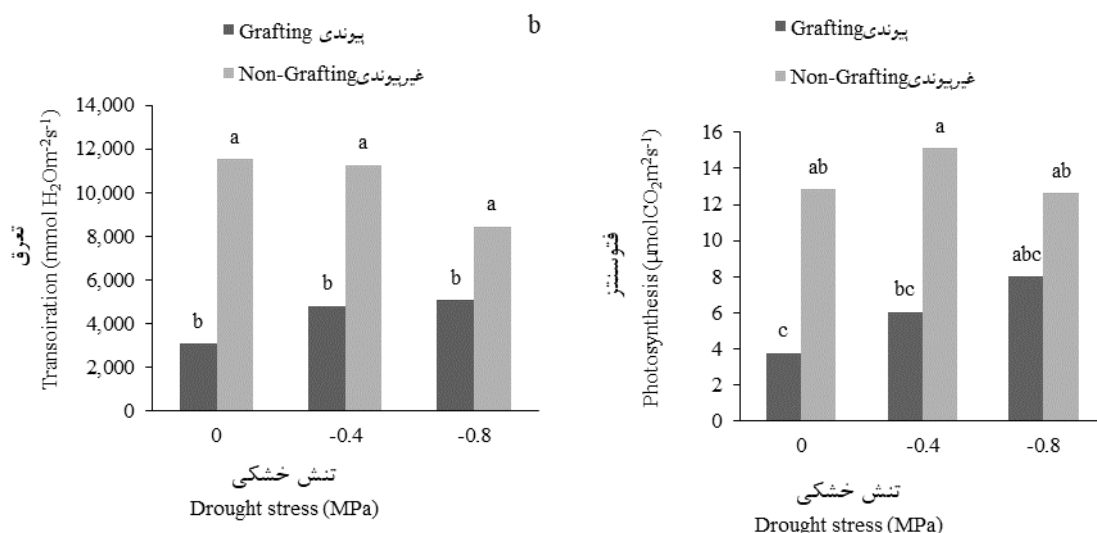


شکل ۶- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر شاخص سبزیگی (a) و فلورسانس کلروفیل برگ (b) خیار

Figure 6- Interaction effect of drought stress × grafting on SPAD value (a) and chlorophyll fluorescence leaf (b) of cucumber. (LSD, $p \leq 0.05$)

نسبت به شاهد غیر پیوندی مشاهده شد. روندی مشابه در میزان تعرق نیز دیده شد که حداکثر مقادیر تعرق در تمامی گیاهان غیر پیوندی و حداقل مقادیر با ۸۰ درصد کاهش در تمامی گیاهان پیوندی مشاهده شد و در مقایسه گیاهان پیوندی با یکدیگر و گیاهان غیر پیوندی باهم تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۷).

نرخ فتوسنتز در گیاهان پیوندی به طور معنی داری نسبت به گیاهان غیر پیوندی پایین تر است. در مقایسه میان گیاهان غیر پیوندی تیمارهای خشکی اعمال شده تفاوت معنی داری را ایجاد نکردند همچنین گیاهان پیوندی نیز با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند؛ اما در مقایسه میان آن‌ها حداکثر مقدار فتوسنتز در تیمار ۰/۴ - × غیر پیوندی و حداقل مقدار آن با ۷۴ درصد کاهش در شاهد پیوندی

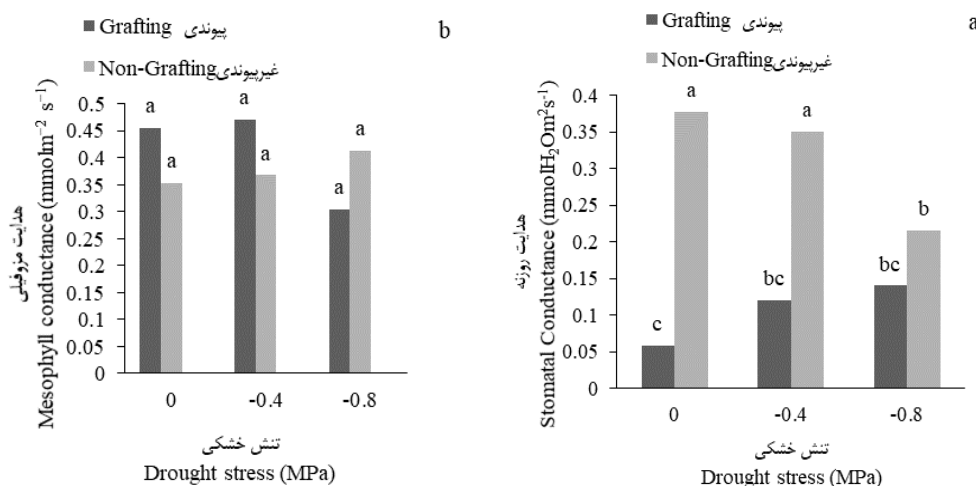


شکل ۷- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر میزان فتوسنتز (a) و تعرق برگ (b) خیار

Figure 7- Interaction effect of drought stress × grafting on photosynthesis (a) and transpiration (b) rates of cucumber leaf. (LSD, $p \leq 0.05$)

تیمارهای شاهد غیرپیوندی و ۰/۴- مگاپاسکال × غیرپیوندی سپس با بیش از ۸۵ درصد کاهش در تیمار شاهد پیوندی مشاهده شد (شکل ۸).

هدایت مزوفیلی تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارهای اعمال شده قرار نگرفت و در میان تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ اما هدایت روزنه‌ای روند خاصی را نشان نداد لکن هدایت روزنه‌ای در گیاهان پیوندی از گیاهان غیرپیوندی کم‌تر بود به‌طوری‌که بالاترین مقادیر در

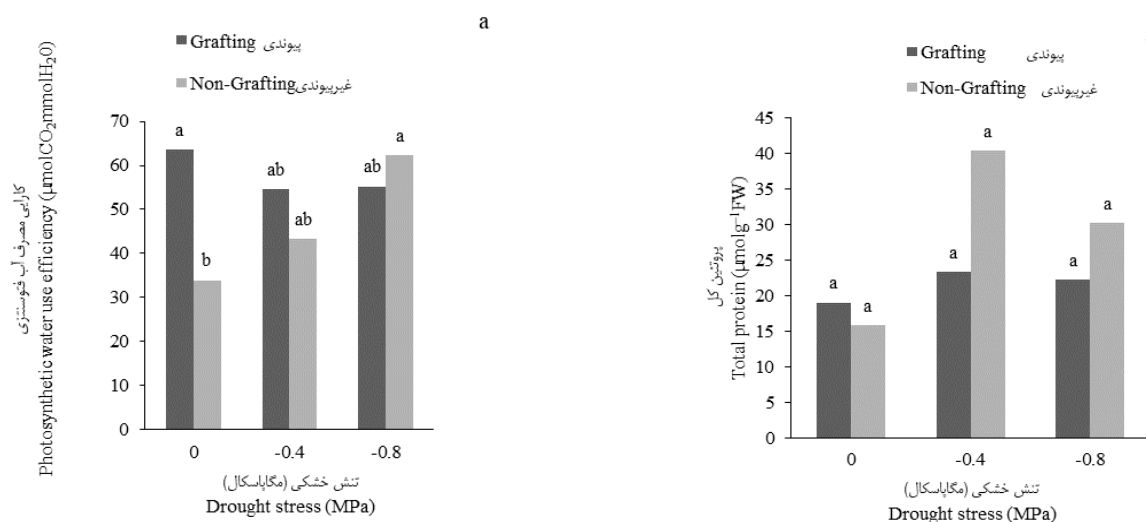


شکل ۸- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر میزان هدایت روزنه‌ای (a) و هدایت مزوفیلی برگ (b) خیار

Figure 8- Interaction effect of drought stress × grafting on stomatal conductance (a) and mesophyll conductance leaf (b) rates of cucumber. (LSD, $p \leq 0.05$)

در تیمار شاهد غیرپیوندی با ۴۶ درصد کاهش مشاهده گردید (شکل ۹).

تیمارهای اعمال شده تفاوت معنی‌داری را در میزان پروتئین کل ایجاد نکرد. حداکثر مقدار کارایی مصرف آب فتوسنتزی در تیمارهای ۰/۸- مگاپاسکال × غیرپیوندی و شاهد پیوندی و کم‌ترین مقدار آن

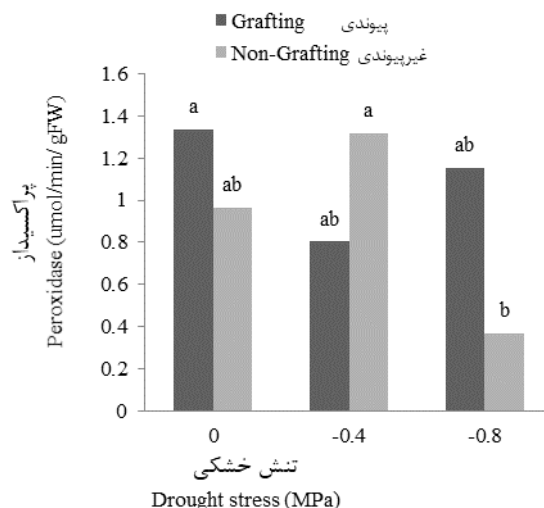


شکل ۹- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر میزان کارایی مصرف آب فتوسنتزی (a) و پروتئین کل برگ (b) خیار

Figure 9- Interaction effect of drought stress × grafting on photosynthetic water use efficiency (a) and total protein leaf (b) rates of cucumber. (LSD, $p \leq 0.05$)

غیرپیوندی و حداقل مقدار با ۶۰ درصد کاهش نسبت به شاهد غیرپیوندی در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال غیرپیوندی مشاهده شد. سایر تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (شکل ۱۰).

فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی کاتالاز تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار نگرفت. فعالیت پراکسیداز روند مشخصی را نشان نداد. حداکثر مقدار فعالیت پراکسیداز در تیمارهای شاهد پیوندی و ۰/۴- مگاپاسکال ×



شکل ۱۰- اثر متقابل تنش خشکی × پیوند بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ خیار

Figure 10- Interaction effect of drought stress × grafting on peroxidase activity of cucumber leaf. (LSD, $p \leq 0.05$)

پیوندی توانایی تنظیم پتانسیل اسمزی نیز کاهش یافته و به دنبال آن پتانسیل آب برگ نیز کاهش می‌یابد. در پژوهش انجام گرفته اثرات ساده پیوند بر درصد فعالیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، میزان فنول، پروتئین کل و محتوای پرولین برگ‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان نداد این امر می‌تواند به دلیل توانایی پایه فرو در تولید این مواد سازگار و فعالیت‌های آنتی اکسیدانی باشد. پایه های مورد استفاده می‌تواند اثرات متفاوتی را در میزان القا مقاومت داشته باشند همانند نتایج به دست آمده در پژوهشی دیگر نیز غلظت مواد سازگار و قندهای محلول در خیارهای پیوند شده تحت تأثیر پایه قرار نگرift (۲۹) اما در پیوند خیار بر روی پایه کدو برگ‌انجیری فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت که برخلاف نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌باشد که این امر ناشی از تفاوت پایه‌ها می‌باشد (۱۳). طیف وسیعی از خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی تحت تأثیر پیوند و اثرات متقابل پایه و پیوندک قرار می‌گیرند. برخی از این ویژگی‌ها سبب بهبود روابط آبی گیاه و رشد و نمو گیاه در شرایط تنش می‌گردد (۱۴).

به‌طور کلی در این تصاویر زرد شدن و اضمحلال بیش‌تر تخمدان را در تیمارهای پیوند شده بیش از تیمارهای غیر پیوندی می‌توان مشاهده نمود (شکل ۱۱).

بحث

با توسعه بحران‌های آب و کاهش منابع آبی تنش خشکی از جمله تنش‌های تأثیرگذار بر رشد و نمو گیاهان می‌باشد. تلاش‌های زیادی جهت القا مقاومت از طریق اصلاح کلاسیک و حتی روش‌های مدرن انتقال ژن و تولید گیاهان تراریخته مورد استفاده قرار گرفته است (۷)، اما موفقیت تولیدات تجاری از این روش‌ها قابل توجه نبوده است. پیوند سبزی‌ها می‌تواند یکی از روش‌های تجاری تولید گیاهان مقاوم به تنش با هزینه‌های پایین‌تر باشد (۱۲). در راستای نتایج زو و همکاران (۳۰) که افزایش مقاومت به تنش و تولید توده زنده بیش‌تر با افزایش جذب و توسعه ریشه‌ها در خیارهای پیوند شده بر روی پایه هندوانه را مشاهده کردند، در پژوهش حاضر نیز پیوند سبب افزایش وزن‌تر و خشک در ریشه‌ها و شاخساره گردید. برخلاف نتایج به دست آمده از این پژوهش که محتوای پتاسیم در گیاهان پیوندی نسبت به گیاهان غیر پیوندی کاهش یافت در پژوهش زو و همکاران (۳۰) مقاومت به تنش با افزایش محتوای پتاسیم برگ‌ها رابطه مستقیم داشت که این امر می‌تواند ناشی از تفاوت توانایی پایه در جذب یون پتاسیم از خاک باشد. در پژوهشی دیگر وضعیت یون‌ها و به دنبال آن پتانسیل آب برگ‌ها در گوجه‌فرنگی تحت تأثیر پیوند قرار نگرift (۹) در پژوهش حاضر نیز احتمالاً به دلیل کاهش توانایی جذب پتاسیم در گیاهان



شکل ۱۱- تغییرات گل خیار تحت تاثیر تنش خشکی و پیوند. ND0: غیر پیوندی و خشکی صفر مگاپاسکال، ND1: غیر پیوندی و خشکی ۰/۴- مگاپاسکال، ND2: غیر پیوندی و خشکی ۰/۸- مگاپاسکال، GD0: پیوندی و خشکی صفر مگاپاسکال، GD1: پیوندی و خشکی ۰/۴- مگاپاسکال، GD2: پیوندی و خشکی ۰/۸- مگاپاسکال

Figure 11- Flowers changes under grafting and drought stress in cucumber. ND0: Non-grafting and arought 0 MPa, ND1: Non-grafting and Drought -0.4 MPa, ND2: Non-grafting and drought -0.8 MPa, GD0: grafting and drought 0 MPa, GD1: grafting andd -0.4 MPa, GD2: grafting and drought -0.8 MPa

کاهش پتانسیل آب و در هر دو تیمار خشکی از محتوای آن در گیاه کاسته شد که این امر ممکن است ناشی از کاهش توانایی جذب و انتقال این عنصر باشد (۱۷). درصد فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوای فنول کل تحت تاثیر سطوح خشکی قرار نگرفت اما میزان پرولین در هر دو تیمار خشکی به یک میزان نسبت به شاهد افزایش یافت. در پژوهشی نشان داده شده است که پرولین یکی از مواد سازگار جهت تعادل پتانسیل اسمزی و به دنبال آن جذب آب بیش تر در گیاه می- باشد که می تواند یکی از مکانیسم های سازگاری گیاه به شرایط تنش باشد (۱۷). در پژوهش حاضر شاخص های تبادلات گازی از قبیل فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه ای و مزوفیلی، کارایی مصرف آب فتوسنتزی، پروتئین کل و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز تحت تاثیر سطوح خشکی اعمال شده قرار نگرفتند اما بالاترین مقدار شاخص سبزیگی با ۳۲ درصد افزایش نسبت به شاهد در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال مشاهده گردید. قابل ذکر است که افزایش فتوستتزه به دو دلیل عوامل فتوستتزی و محیطی می باشد با توجه به اینکه در این تحقیق با وجود افزایش میزان کلروفیل فتوستتزه کاهش داشته، نشان می دهد که عوامل محیطی تحت تنش خشکی بر کاهش میزان فتوستتزه بیشتر تاثیر داشته است. این پدیده ممکن است به دلیل کافی نبودن سطوح خشکی برای تحت تاثیر قرار دادن فعالیت های فتوستتزی و آنتی اکسیدانی در گیاهان باشد. در مقایسه

همانند نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر که شاخص های تبادلات گازی همانند فتوستتزه، تعرق و هدایت روزنه ای در گیاهان غیر پیوندی از گیاهان پیوندی پایین تر بود در پژوهشی دیگر نیز نرخ تثبیت کربن دی کسید در شرایط تنش در گیاهان پیوند نشده خیار به طور معنی داری از گیاهان پیوند شده کم تر بوده است که این کاهش را ناشی از توانایی پایین تر گیاهان غیر پیوندی در تنظیم روابط آبی گیاه دانسته اند. در پژوهش انجام گرفته وزن تر و خشک شاخساره و وزن خشک ریشه ها تحت تاثیر سطوح خشکی قرار نگرفت اما وزن تر ریشه در تیمار ۰/۸- مگاپاسکال تا ۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت این امر می تواند ناشی از افزایش موقتی رشد ریشه ها در شرایط تنش برای جذب آب بیش تر و حفظ پتانسیل اسمزی در گیاه تحت شرایط تنش آبی باشد (۴). در پژوهش حاضر پتانسیل آب برگ در تیمار ۰/۴- مگاپاسکال تفاوت معنی داری را نسبت به شاهد نشان نداد اما در تیمار خشکی ۰/۸- مگاپاسکال بیش از ۸۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. این امر می تواند نمایانگر این موضوع باشد که خیار می تواند تا حد پتانسیل آب ۰/۴- مگاپاسکال بدون ایجاد اختلالی در روابط آبی گیاه تحمل نماید. در پژوهشی دیگر کاهش پتانسیل آب را به دلیل بسته شدن روزنه ها و کاهش تبخیر و تعرق و جذب آب دانسته اند (۲۰). از آنجایی که پتاسیم یک عنصر متحرک در گیاه می باشد و با جریان آب در آوند چوبی حرکت می کند در پژوهش حاضر با

اثرات متقابل پیوند و سطوح خشکی سطوح خشکی تفاوت معنی داری را در میزان وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر ریشه ها ایجاد نکردند اما پیوند سبب افزایش قابل توجهی در این شاخص ها گردید. در پژوهشی بر روی گوجه فرنگی های تحت شرایط تنش گیاهان پیوند شده با افزایش مقاومت گیاه عملکرد بیش تری را تولید کردند (۹). میزان وزن خشک ریشه های پیوندی به طور قابل توجهی از گیاهان غیر پیوندی بیش تر بود اما در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال وزن خشک ریشه های غیر پیوندی با گیاهان پیوندی برابری کرده است که این امر ممکن است ناشی از رشد بیش تر ریشه های موئین به منظور جذب آب بیش تر توسط گیاه باشد. در گزارشی دیگر دلیل این امر را پایین بودن غلظت یون های موجود در شاخساره گیاهان غیر پیوندی تحت تنش دانسته اند که منجر به رشد بیش تر ریشه ها می گردد (۱۶). در پژوهش حاضر فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاهان غیر پیوندی از گیاهان پیوندی بیش تر بوده است و به نظر می رسد که مکانیسم افزایش تحمل به تنش خشکی از گیاهان پیوندی از طریق افزایش فعالیت آنتی اکسیدان و ترکیبات فنولی نباشد. با افزایش معنی دار پرولین در گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیر پیوندی و همچنین افزایش بیش تر پتاسیم در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال در گیاهان پیوندی در مقایسه با گیاهان غیر پیوندی به نظر می رسد که مکانیسم تحمل به خشکی اعمال شده پایه ها از طریق حفظ تعادل اسمزی و برقراری هموستازی پتاسیم می باشد که از این طریق پتانسیل درون گیاه را منفی تر از خاک کرده و به افزایش جذب آب از طریق ریشه ها کمک می نماید (۱۷ و ۱). بیش ترین مقدار پتانسیل اسمزی برگ ها در تیمار فاقد خشکی و ۰/۴- مگاپاسکال و در گیاهان غیر پیوندی مشاهده شد و در سایر تیمارها کاهش یافت. احتمالاً به دلیل تیمار خشکی و تحت تأثیر قرار گرفتن جریان تبخیر و جذب آب توسط گیاه کاهش یافته و به دنبال آن پتانسیل آب برگ نیز کاهش می یابد (۱۴). در پژوهشی دیگر مشاهده شده است که در گیاهان پیوندی با کاهش هدایت روزنه ای و به دنبال آن کاهش میزان کربن دی اکسید زیر روزنه ها فتوسنتز کاهش می یابد (۴) احتمالاً به همین دلیل و همچنین کاهش کم تر پتانسیل اسمزی در پژوهش حاضر تحت شرایط خشکی

منابع

- 1- Albacete A., Martínez-Andújar C., Ghanem M.E., Acosta M., Sánchez-Bravo J., Asins M.J., Cuartero J., Lutts S., Dodd I.C., and Pérez-Alfocea F. 2009. Rootstock-mediated changes in xylem ionic and hormonal status are correlated with delayed leaf senescence, and increased leaf area and crop productivity in salinized tomato. *Plant Cell and Environment* 32: 928-938.
- 2- Ashraf M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advances* 27: 84-93.
- 3- Bates L., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
- 4- Chance B., and Maehly A.C. 1955. Assay of catalases and peroxidase. *Methods in Enzymology* 2: 764-775.
- 5- Chaumont F., and Tyerman S.D. 2014. Aquaporins highly regulated channels controlling plant water relations. *Plant*

میزان هدایت روزنه ای، تعرق و فتوسنتز در گیاهان غیر پیوندی بالاتر است؛ اما هدایت مزوفیلی تحت تأثیر پیوند و سطوح خشکی اعمال شده قرار نگرفت. کم ترین مقدار کارایی مصرف آب فتوسنتزی در تیمار شاهد غیر پیوندی با ۴۶ درصد کاهش نسبت به شاهد پیوندی مشاهده شد و در سایر تیمارهای این شاخص افزایش یافت. از آنجایی که کارایی مصرف آب فتوسنتزی حاصل تقسیم شدت فتوسنتز به تعرق می باشد این امر احتمالاً به این دلیل است که فتوسنتز آن چنان تحت تأثیر تیمارهای خشکی قرار نگرفته است (۱۵). در پژوهش حاضر پروتئین کل و فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانی کاتالاز تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار نگرفتند. برخلاف آن ها فعالیت آنزیم پراکسیداز حداکثر فعالیت را در تیمارهای شاهد پیوندی و ۰/۴- مگاپاسکال × غیر پیوندی و حداقل مقدار با ۶۰ درصد کاهش نسبت به شاهد غیر پیوندی در خشکی ۰/۸- مگاپاسکال غیر پیوندی دیده شد. احتمالاً در پژوهش حاضر افزایش حفظ فتوسنتز بالاتری در گیاهان غیر پیوندی به دلیل فعالیت پراکسیداز می تواند باشد؛ زیرا در پژوهشی دیگر مشاهده شده است که تحت شرایط تنش با احیا بیش از اندازه زنجیره انتقال الکترون آسیب های فتوسنتزی رخ می دهد و به دنبال آن چرخه ROS فعال می گردد. آنزیم های آنتی اکسیدانی با از بین بردن رادیکال های آزاد به حفظ فعالیت سیستم غشاها و فتوسنتز کمک می کند (۲).

نتیجه گیری

در بسیاری از کشورهای آسیایی سال هاست که پیوند سبزی ها با موفقیت انجام می گیرد. در این پژوهش دیده شد که انتخاب پایه مناسب می تواند روشی کم هزینه و کارا در القا مقاومت به تنش های زیستی و غیر زیستی باشد. می توان از پیوند به عنوان یک تکنیک کارآمد جهت افزایش مقاومت بوته های خیار نسبت به تنش خشکی (اعمال شده توسط پلی اتیلن گلیکول) استفاده کرد. بدیهی است پایه مناسب می تواند از طریق القای مقاومت به تنش سبب افزایش عملکرد اقتصادی خیار نیز گردد.

- Physiology 113: 233791.
- 6- 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* 103: 551-560.
- 7- Cuartero J., Bolarin M.C., Asins M.J., and Moreno V. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *Journal of Experimental Botany* 57: 1045-1058.
- 8- Ding L., Gao C., Li Y., Zhu Y., Xu G., Shen Q., Kaldenhoff R., Kai L., and Guo Sh. 2015. The enhanced drought tolerance of rice plants under ammonium is related to aquaporin (AQP). *Plant Science* 234: 14-21.
- 9- Estan M.T., Martinez-Rodriguez M.M., Perez-Alfocea F., Flowers T.J., and Bolarin M.C. 2005. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *Journal of Experimental Botany* 56: 703-712.
- 10- Ganjali A., Porsa H., and Bagheri A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. *Agricultural Water Management* 98: 1477-1484.
- 11- García-Sánchez F., Syvertsen J., Gimeno V., Botía P., and Perez-Perez J.G. 2007. Responses to flooding and drought stress by two citrus rootstock seedlings with different water-use efficiency. *Physiologia Plantarum* 130: 532-542.
- 12- Goreta S., Bucevic-Popovic V., Selak G.V., Pavela-Vrancic M., and Perica S. 2008. Vegetative growth, superoxide dismutase activity and ion concentration of salt-stressed watermelon as influenced by rootstock. *The Journal of Agricultural Science* 146: 695-704.
- 13- Huang Y., Tang R., Cao Q., and Bie Z. 2009a. Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. *Scientia Horticulturae* 122: 26-31.
- 14- Huang Y., Zhu J., Zhen A., Chen L., and Bie Z.L. 2009b. Organic and inorganic solutes accumulation in the leaves and roots of grafted and ungrafted cucumber plants in response to NaCl stress. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7: 703-708.
- 15- Karaba A., Dixit S., Greco R., Aharoni A., Trijatmiko K.R., Marsch-Martinez N., Krishnan A., Nataraja K. N., Udayakumar M., and Pereira A. 2007. Improvement of water use efficiency in rice by expression of HARDY, an Arabidopsis drought and salt tolerant gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 15270-15275.
- 16- Martinez-Rodriguez M.M., Estan M.T., Moyano E., Garcia-Abellan J.O., Flores F.B., Campos J.F., Al-Azzawi M.J., Flowers T.J., and Bolarin M.C. 2008. The effectiveness grafting to improve salt tolerance in tomato when an 'excluder' genotype is used as scion. *Environmental and Experimental Botany* 63: 392-401.
- 17- Munns R., and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
- 18- Rouphael Y., Cardarelli M., Colla G., and Rea E. 2008. Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *Horticultural Science* 43: 730-736.
- 19- Sanders P.L., and Markhart A.H. 1992. Interspecific grafts demonstrate root system control of leaf water status in water-stressed Phaseolus. *The Journal of Experimental Botany* 43: 1563-1567.
- 20- Satisha J., Prakash G.S., Bhatt R.M., and Sampath Kumar P. 2007. Physiological mechanisms of water use efficiency in grape rootstocks under drought conditions. *International Journal of Agricultural Research* 2: 159-164.
- 21- Schwarz D., Rouphael Y., Colla G., and Venema J.H. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae* 127: 162-171.
- 22- Serraj R., and Sinclair T.R. 1996. Processes contributing to N₂-fixation insensitivity to drought in the soybean cultivar Jackson. *Crop Science* 36: 961-968.
- 23- Sharp R.E., Poroyko V., Hejlek L.G., Spollen W.G., Springer G.K., Bohnert H.J., and Nguyen H.T. 2004. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *The Journal of Experimental Botany* 55: 2343-2351.
- 24- Sing R.P., Chidambara Murthy K.N., and Jayaprakash G.K. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate peel and seed extracts using in vitro models. *The Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 81-86.
- 25- Tanji K.K. 1990. Nature and extent of agricultural salinity. p. 537-582. In ED. K. K. Tanji (ed). *Agricultural Assessment and Management*. American Society of Civil Engineers, New York.
- 26- Turner N.C. 2003. Adaptation to drought: lessons from studies with chickpea. *Indian Journal of Plant Physiology* 11-17. (Special Issue)
- 27- Uhrts R. 1974. Effect of the osmotic Pressure on water absorption germination of alfalfa seeds. *American Journal of Botany* 33: 278-285.
- 28- Yu L., Haley S., Perret J., Harris M., Wison J., and Qian M. 2002. Free radical scavenging properties of wheat extracts. *Agricultural and Food Chemistry* 50: 1619-1624.
- 29- Zhong Y.Q., and Bie Z.L. 2007. Effects of grafting on the growth and quality of cucumber fruits. *Acta Horticulturae* 761: 341-347.
- 30- Zhu J., Bie Z.L., Huang Y., and Han X.X. 2008. Effect of grafting on the growth and ion concentrations of cucumber seedlings under NaCl stress. *Soil Science and Plant Nutrition* 54: 895-902.



Improving Physiological Characteristics of Grafted Cucumber under Drought Stress

M. Haghighi^{1*} - A. Sheibanirad²

Received: 26-06-2019

Accepted: 12-010-2020

Introduction: Plants are constantly faced with abiotic and biotic stresses during their whole life. Abiotic stresses are various adverse environmental factors, including drought, high salinity, heavy metals, cold or heat shock, and ozone. Resulting in dehydration and osmotic stress, drought has caused a dramatic reduction in crop production globally. Grafting can reduce the content of Malondialdehyde (MDA); prevent the accumulation of reactive oxygen species (ROS); increase activities of antioxidant enzymes; and maintain fresh and dry weights, grain yield, and relative water content in a variety of plants in response to drought stress. On the other hand, a range of abiotic and biotic elicitors can confer tolerance to drought stress in plants. Grafting of herbaceous fruit vegetables can reduce detrimental effects of biotic and abiotic challenges and cultural practices. Grafting can increase yield of cucurbits, initiate shoot growth, aid in resistance against nematodes and viruses, withstand high and low temperatures, improve nutrient and water absorption, resist against high concentration of salt, drought and waterlogging stresses. Grafting elite commercial cultivars onto selected vigorous rootstocks is a special method of adapting plants to counteract environmental stresses. Grafting is currently regarded as a rapid alternative tool to the relatively slow breeding methodology for increasing the environmental-stress tolerance of fruiting vegetables. Potential approach to reduce losses in production and improve water use efficiency under drought conditions in high-yielding genotypes would be to graft these varieties onto proper rootstocks capable of reducing the effect of water stress on the shoot and to increase tolerance to abiotic stresses. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is one of the main greenhouse vegetable crops widely grown in Saudi Arabia. The total greenhouse area for cucumber production in 2013 was 2605 hectares produced 236,087 tons. Major factor influencing growth and yield of cucumber is water quantity. The effects of different rootstocks on plant growth, yield, fruit quality and water consumption in cucumber was studied. The highest yield was obtained from 9075 (19.02 kg m²), which was 24.5 and 23.5% higher than in the non-grafted and self-grafted treatments, respectively. The plant height also increased with the use of rootstocks. The increase in the dry weights of the leaves and fruits depended on rootstocks. They concluded that grafting improved plant growth and yield depending on the rootstock genotype. Grafting has the potential to be as a strategy to increase the tolerance of plants to promote water use efficiency (WUE). The present study was aimed to evaluate the grafting biochemical and physiological effects on inducing drought stress resistance in cucumber.

Materials and Methods: This experiment was conducted in complete randomized design with three replications and treatments are included grafted and ungrafted plants, and water potential level 0 (control), -0.4 and -0.8 MP. The Isfahan endemic cucumber species as a scion with the hole method grafted on Ferro rootstock. The physiological and growth traits were measured. Photosynthesis (stomata conductance, photosynthesis, water use efficiency), growth (root and stem growth), and antioxidants (SOD, POD, protein) parameters, and transpiration were measured.

Results and Discussion: Result indicated that grafting with increasing root nutrient absorption and its development drought stress resistance improved. Although, grafting reduced potassium content. Grafting and the interaction of rootstock × scion impressed many morphological and physiological characteristics. Under stress condition, some features improved plant water relationship, growth and development. Gas exchange indices like photosynthesis, transpiration and stomatal conductance were lower in grafted plant compare to ungrafted plants. Proline content was significantly increased in grafted treatments compare to ungrafted ones. Higher potassium under -0.8 MP in grafted plants showed the maintenance osmotic stability and potassium homeostasis were the drought stress mechanism in resistant rootstocks.

Conclusion: Finally, grafting as an efficient method to increase cucumber yield and improve drought

1 and 2- Associate Professor and Ph.D. Student, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, respectively.

(*- Corresponding Author: Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.81113

resistance recommend. These results suggest that the use of drought tolerant *Cucurbita* rootstock can improve cucumber photosynthetic capacity under drought stress and consequently crop performance. The results revealed that grafted plants had better vegetative growth than ungrafted (control) ones. Furthermore, photosynthetic parameter, antioxidant activity and fresh and dry weight of stem and leaves were improved, but grafting had no significant effect on fruit quality and yield. In conclusion it is recommended that grafting procedure in some crops include cucumber should be done only after assuring the benefits and risks of grafted seedlings.

Keywords: Antioxidant enzyme, Gas exchange, Greenhouse vegetable



مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر تنش رطوبتی و منابع کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد دانه و ترکیبات فنلی ریشه

سرخارگل *Echinacea purpurea* L.

بیژن سلطانیان^۱ - پرویز رضوانی مقدم^{۲*} - جواد اصیلی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۱

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر سطوح تنش رطوبتی و منابع کودهای شیمیایی و آلی بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و ترکیبات فنلی گیاه دارویی سرخارگل طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت کرت‌های خرد شده در قالب فاکتوریل و در ۳ تکرار اجرا گردید. در کرت‌های اصلی سطوح تنش رطوبتی شامل ۳ سطح عدم تنش رطوبتی (۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار)، تنش رطوبتی متوسط (۴۵۰۰ متر مکعب در هکتار) و تنش رطوبتی شدید (۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار) و در کرت‌های فرعی ۸ تیمار کودی شامل کود شیمیایی کامل $NPK_{20+20+20}$ (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، ورمی کمپوست (۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار)، هیومیک اسید (۲۰ لیتر در هکتار) و تیمار ترکیبی هیومیک اسید (۲۰ لیتر در هکتار) + کود شیمیایی کامل $NPK_{20+20+20}$ (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)، تیمار ترکیبی هیومیک اسید (۲۰ لیتر در هکتار) + ورمی کمپوست (۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار)، تیمار ترکیبی هیومیک اسید (۲۰ لیتر در هکتار) + کود شیمیایی کامل $NPK_{20+20+20}$ (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و ترکیب سه بخشی کود شیمیایی کامل (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) + ورمی کمپوست (۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) + هیومیک اسید (۲۰ لیتر در هکتار) و شاهد بودند. در این آزمایش بیشترین وزن خشک ساقه، گل و زیست توده در تیمار ورمی کمپوست و عدم تنش و کمترین مقادیر این صفات در تنش شدید و شاهد مشاهده گردید. بیشترین وزن خشک برگ و ریشه در تیمار ورمی کمپوست + هیومیک اسید و تنش متوسط و کمترین وزن خشک برگ در تیمار تنش شدید و شاهد مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای ورمی کمپوست + هیومیک اسید + کود کامل $NPK_{20+20+20}$ و تیمار کود کامل $NPK_{20+20+20}$ هر دو در شرایط عدم تنش مشاهده شدند. با افزایش تنش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی افزایش یافت و بیشترین مقادیر آن در تیمار شاهد و تنش شدید و کمترین مقادیر آن در تیمار ورمی کمپوست و عدم تنش مشاهده شد. بیشترین مقادیر ترکیبات فنلی ریشه در تیمار هیومیک اسید + ورمی کمپوست و تنش شدید و کمترین مقادیر آن در تیمار هیومیک اسید و عدم تنش مشاهده شد. لذا تولید این گیاه در شرایط تامین رطوبتی ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار و استفاده از تیمارهای کودی حاوی ترکیبات هیومیکی و ورمی کمپوست قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: کود کامل، گیاهان دارویی، هیومیک اسید، ورمی کمپوست

مقدمه

گل ستاره‌ای‌ها^۵ است (۱۹) و تمام پیکر این گیاه حاوی مواد مؤثره ارزشمندی می‌باشد که این ترکیبات به گروه‌های شیمیایی مختلفی تعلق دارند که مهمترین آنها، ترکیبات فنلی می‌باشند (۲۳) در سال‌های اخیر یک تجدید حیات در استفاده از تولیدات گیاهان دارویی سنتی صورت گرفته است که سرخارگل در صدر آنها قرار دارد (۱) سرخارگل شناخته شده‌ترین و مهمترین درمان برای سیستم ایمنی و محافظت در مقابل سرفه و سرماخوردگی و تب است (۳۴) خشکی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان بوده و شایع ترین تنش محیطی (۳۳ و ۸) در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا است. در اقلیم‌های نیمه خشک بدلیل محدودیت منابع

در شرایط کنونی تقاضا برای گیاهان دارویی به عنوان تولیدات قابل مصرف در صنایع بهداشتی و دارویی در حال افزایش می باشد (۲۱) سرخارگل *Echinacea* spp. گیاهی علفی و چندساله از تیره

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته دکتری اگرواکولوژی و استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

۳- استاد گروه فارماکوتکنولوژی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.82030

4- Purple coneflower

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) و در قالب طرح کرت‌های خرد شده به صورت آزمایش فاکتوریل در ۳ تکرار به اجرا درآمد. با توجه به چندساله بودن گیاه و طبق بررسی‌های به عمل آمده مبنی بر عدم برداشت گیاه در سال اول رویش (۱۹ و ۲۳) از نتایج حاصل از برداشت گیاه در مرحله رسیدگی سال دوم استفاده شد. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش در کرت اصلی شامل آبیاری در سه سطح:

- ۱- تامین ۱۰۰ درصد نیاز رطوبتی - عدم تنش رطوبتی (۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار)
 - ۲- تامین ۷۵ درصد نیاز رطوبتی - تنش رطوبتی متوسط (۴۵۰۰ متر مکعب در هکتار)
 - ۳- تامین ۵۰ درصد نیاز رطوبتی - تنش رطوبتی شدید (۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار)
- در کرت‌های فرعی، تیمارهای کودی در هشت سطح شامل:
- ۱- کود شیمیایی کامل $NPK_{20+20+20}$ (۵۰۰ متر مکعب در هکتار)
 - ۲- اسید هیومیک (۲۰ لیتر در هکتار)
 - ۳- ورمی کمپوست (۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار)
 - ۴- تیمار ترکیبی اسیدهیومیک (۲۰ لیتر در هکتار) + کود شیمیایی کامل $NPK_{20+20+20}$ (۵۰۰ کیلوگرم در هکتار)
 - ۵- تیمار ترکیبی ورمی کمپوست (۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) + کود شیمیایی کامل $NPK_{20+20+20}$ (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)
 - ۶- تیمار ترکیبی ورمی کمپوست (۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) + اسید هیومیک (۲۰ لیتر در هکتار)
 - ۷- تیمار ترکیبی ورمی کمپوست (۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) + اسیدهیومیک (۲۰ لیتر در هکتار) + کود شیمیایی کامل $NPK_{20+20+20}$ (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)
 - ۸- تیمار شاهد (عدم افزودن کود) بودند.

هر کرت دارای ۵ ردیف با فاصله ۵۰ و ۲۵ سانتی‌متر بین و روی ردیف‌ها بود (۲۳). طول هر کرت ۳ و عرض آن ۲/۵ متر بود. پیش از اجرای آزمایش، از اعماق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه خاک تهیه گردید (جدول ۱).

بذر گونه *Echinacea purpurea* به جهت سابقه کاشت آن در ایران و به روش نشاءکاری در گلخانه در اواسط بهمن‌ماه ۹۴ در سینی کاشت و در مخلوط ۳ به ۱ پیت‌ماس و پرلیت کشت و با آبیاری بارانی

آبی و شدت بیشتر نور گیاهان در معرض سطوح بالاتری از تنش خشکی قرار می‌گیرند (۲۷) گزارش شده است که دمای بالا و تنش خشکی در تجمع برخی از ترکیبات ثانویه در گیاهان نقش دارد و تنش خشکی می‌تواند یک فاکتور اساسی در افزایش محتوای ترکیبات ثانویه در بسیاری از گیاهان دارویی باشد (۳۱) به دلیل بسته شدن روزنه‌ها به علت کمبود رطوبت جذب دی‌اکسید کربن به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد در نتیجه میزان مصرف $NADP^+$ و H^+ در چرخه کالوین برای تثبیت CO_2 به طور چشمگیری کاهش می‌یابد و باعث تولید مقادیر اضافی از این ترکیبات می‌شود در نتیجه مسیرهای متابولیکی به سمت تولید ترکیباتی مانند ایزوپروپونوئیدها، فنل‌ها و آلکالوئیدها سوق می‌یابد (۲۷). این اعتقاد وجود دارد که چرخه‌های خشکی و تنش میزان متابولیت‌های ثانویه را در سرخارگل افزایش می‌دهد (۱۹).

اگر چه تولید متابولیت‌های ثانویه تحت کنترل ژن‌ها هستند ولی میزان تولید آنها به طور قابل توجهی تحت تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عناصر غذایی کم مصرف و پر مصرف قرار دارد (۲۴) مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند به عنوان یکی از ارکان باروری خاک و تغذیه گیاه شناخته شده‌اند (۳۲) کود دامی، کمپوست و ورمی کمپوست وقتی در خاک مصرف می‌شوند، فعالیت‌های میکروبی خاک را توسعه می‌دهند که رشد گیاه را بهبود بخشیده و از حمله آفات و بیماری‌ها جلوگیری می‌کند و همچنین خواص فیزیکوشیمیایی خاک و همچنین فعالیت‌های بیولوژیکی را بهبود می‌بخشند (۲۵ و ۷) مطالعات نشان داده است تحمل گیاهانی که کود آلی دریافت کرده‌اند نسبت به تنش رطوبتی و حمله آفات بیشتر از گیاهانی بوده که تنها کود شیمیایی دریافت کرده‌اند (۱۶). ورمی کمپوست به علت داشتن تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب، دارای قدرت بالای جذب و نگهداری آب و مواد غذایی می‌باشد (۳) از طرفی عناصر غذایی موجود در آن مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به فرمی هستند که به آسانی برای گیاه قابل جذب و دسترسی می‌باشند (۴) یکی از ترکیبات پلیمری که در اصلاح ساختار خاک نقش مهمی دارد اسیدهیومیک است (۲۹) که از تجزیه مواد آلی در خاک حاصل می‌شود. شواهد نشان داده است که اسیدهیومیک با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه تکثیر سلولی را در کل گیاه و به ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهد (۱۰) و می‌تواند با عناصر کم مصرف خاک کمپلکس تشکیل دهد و قابلیت دسترسی آنها را برای گیاه افزایش دهد (۱۷).

بطور کلی هدف از اجرای این پژوهش بررسی واکنش عملکرد، خصوصیات مورفولوژیکی و ترکیبات فنلی به عنوان مهمترین گروه از ترکیبات مؤثره در گیاه دارویی سرخارگل در پاسخ به سطوح مختلف آب آبیاری و مدیریت کودی و اثرات متقابل آنها بود.

شرکت Omnia استرالیا و دارای ۲۶ درصد هومات پتاسیم آلی به میزان ۵۰ گرم در لیتر بود. مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم در ورمی کمپوست نیز با نمونه‌گیری از توده آن تعیین (جدول ۲) و مقدار استفاده از آن براساس تعادل در میزان عنصر نیتروژن نسبت به کود شیمیایی بود. نیاز سرخارگل به نیتروژن خالص با توجه به آزمایش خاک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. درصد نیتروژن خالص در نمونه ورمی کمپوست ۱/۶۸ درصد بود (جدول ۲). در تیمارهای ترکیبی نیمی از کود شیمیایی به کار برده شده در تیمار خالص کسر و مقدار معادل آن از ورمی کمپوست استفاده شد. اسیدهیومیک مایع به مقدار ثابت و همزمان با سایر ترکیبات کودی در مرحله توسعه برگ‌های روزتی و قبل از ساقه‌دهی به کار برده شد.

به عمل آمد. آماده‌سازی زمین اصلی در ابتدای اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ انجام و نشاءها در اواخر اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ به زمین اصلی منتقل گردید. سیستم آبیاری شامل لوله کشی پلی اتیلن بود و بالای هر کرت به تعداد خطوط کاشت شیر و در مسیر لوله اصلی کنتور نصب گردید. میزان آب آبیاری مورد نیاز در هر نوبت توسط نرم‌افزار NETWAT (۲) محاسبه گردید. اعمال تیمار آبیاری در زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها و در مرحله ۶ برگی صورت گرفت و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک هر ۷ روز یکبار ادامه یافت. تیمارهای کودی با توجه به نتایج حاصل از تجزیه خاک (جدول ۱) برآورد و در هر دو سال آزمایش در اواسط تیرماه اعمال شد. کود $NPK_{20+20+20}$ با نام تجاری Quadro 20+20+20 TE ساخت شرکت Green Has ایتالیا و اسیدهیومیک مورد استفاده با نام تجاری K-humate ساخت

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک

Table 1- The result of soil analysis

بافت خاک Soil texture	پتاسیم K (mg kg ⁻¹)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	نیتروژن N (%)	ماده آلی OM (%)	کربن آلی OC (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH
Silty-loam	180	16.6	0.089	1.15	0.898	1.63	7.6

جدول ۲- نتایج آزمایش کود ورمی کمپوست

Table 2- The result of Vermicompost analysis

پتاسیم K (mgkg ⁻¹)	فسفر P(mg kg ⁻¹)	نیتروژن N (%)	ماده آلی OM (%)	کربن آلی OC (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH
20713	1929	1.68	16.81	9.75	6.32	6.7

نسبت ریشه به اندام‌های هوایی، میانگین وزن ریشه به میانگین وزن بخش هوایی (ساقه، برگ و گل) تقسیم گردید. مقدار کل ترکیبات فنلی ریشه موجود در نمونه به روش فولین-سیوکالتو (۳۰) مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C آنالیز و توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه میانگین داده‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک ساقه: اثر سطوح تنش رطوبتی ($p \leq 0.01$) و اثر تیمارهای کودی ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل آنها ($p \leq 0.01$) بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار ورمی کمپوست و عدم تنش رطوبتی مشاهده شد. کمترین وزن خشک ساقه در تیمار تنش رطوبتی شدید و عدم مصرف کود مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای هیومیک اسید و ورمی کمپوست هر دو در شرایط تنش رطوبتی شدید نداشتند (جدول ۴) در آزمایشی افزایشی ۵۰ درصدی در وزن خشک ساقه سرخارگل در نتیجه آبیاری مشاهده شد (۲۰) که در توافق با نتایج حاصل از این

مبارزه با علف‌های هرز در هر دو سال آزمایش طی ۳ نوبت مطابق با پیشرفت مراحل رشدی گیاه و علف‌های هرز در کرت‌ها به صورت وجین دستی اعمال گردید. در پایان فصل رشد پس از حذف اثر حاشیه تعداد ۴ بوته همراه با ریشه‌ها جمع‌آوری و ریشه، ساقه، برگ و گل جدا شدند. از ریشه‌های ثانویه حدود ۵ گرم نمونه تهیه و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد جهت اندازه‌گیری ترکیبات فنلی نگهداری شد. جهت تعیین وزن خشک ساقه، برگ، گل و ریشه هر بوته، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت سپس وزن خشک هر یک توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک زیست توده بخش هوایی، وزن تر نمونه‌های برداشت شده از مساحت فوق‌الذکر با ترازو (دقت ۱ گرم) تعیین و سپس تعداد ۱۰ نمونه در آون ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و وزن خشک ثبت گردید و نسبت وزن تر به وزن خشک محاسبه شد و وزن خشک سایر نمونه‌ها با استفاده از این ضریب برآورد گردید. گل‌های برداشت شده از کل مساحت هر یک از کرت‌ها قطع و پس از جدا سازی ناخالصی‌ها، عملکرد دانه توسط ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین

آزمایش است.

وزن خشک برگ: اثر سطوح تنش رطوبتی ($p \leq 0.01$) اثر تیمارهای کودی ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل سطوح تنش رطوبتی و تیمارهای کودی ($p \leq 0.01$) بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن خشک برگ در تیمار هیومیک اسید+ورمی کمپوست و تنش رطوبتی متوسط و به دنبال آن در تیمار کود کامل+ورمی کمپوست و تنش رطوبتی متوسط مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. کمترین مقادیر وزن خشک برگ در تیمار تنش رطوبتی شدید و عدم مصرف کود مشاهده شد (جدول ۴). با تشدید تنش‌ها از میزان تأثیر مثبت کودهای آلی در افزایش وزن خشک برگ کاسته شد ولی کاربرد کودهای آلی حتی در شرایط تنش رطوبتی شدید نیز باعث افزایش وزن خشک برگ گردید بطوریکه کمترین میزان وزن خشک برگ در تیمارهای عدم کود دهی و تنش رطوبتی شدید مشاهده شد.

وزن خشک گل: اثر سطوح تنش رطوبتی ($p \leq 0.01$) و اثر تیمارهای کودی ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل سطوح تنش رطوبتی و تیمارهای کودی بر وزن خشک گل معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۳). بیشترین وزن خشک گل در تیمار ورمی کمپوست و عدم تنش رطوبتی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کود کامل+هیومیک اسید و هیومیک اسید+ورمی کمپوست هر دو در شرایط عدم تنش رطوبتی نداشت. کمترین مقادیر وزن خشک گل نیز در تیمار تنش رطوبتی شدید و عدم مصرف کود مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کود کامل و هیومیک اسید+کود کامل هر دو در شرایط تنش رطوبتی شدید، نداشت (جدول ۴). گروهی از محققین کاهش عملکرد گل سرخارگل را با افزایش شدت تنش رطوبتی مشاهده نمودند (۲۲) و در آزمایشی دیگر افزایش ۲۵ درصدی در وزن گل سرخارگل در نتیجه آبیاری مشاهده شد (۲۰).

عملکرد زیست توده: اثر سطوح تنش رطوبتی ($p \leq 0.01$) اثر تیمارهای کودی ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل آنها بر عملکرد زیست توده ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد زیست توده در تیمار ورمی کمپوست و عدم تنش رطوبتی مشاهده شد. همزمان با افزایش میزان تنش از عملکرد زیست توده سرخارگل کاسته شد و کمترین مقادیر آن در تیمار عدم مصرف کود و تنش رطوبتی شدید مشاهده شد (جدول ۴). کاهش آماس سلولی در نتیجه تنش رطوبتی در کاهش رشد و تقسیم سلولی مؤثر است که متعاقباً باعث کاهش رشد رویشی گیاه می‌گردد (۱۴). در یک بررسی بر روی تأثیر فواصل آبیاری و کودهای زیستی بر سرخارگل، کاهش وزن تر و خشک آن همراه با کاهش مقادیر آبیاری مشاهده شد (۳۴) و در آزمایشی دیگر افزایش ۵۰ درصدی در وزن خشک بخش‌های هوایی سرخارگل همراه با افزایش میزان آبیاری مشاهده شد (۲۰). افزایش عملکرد زیست توده در نتیجه مصرف ورمی کمپوست ناشی از وجود مواد

هیومیکی و وجود تأثیرات شبه هورمونی و تنظیم‌کننده رشد در آن می‌باشد (۵).

عملکرد دانه: اثر سطوح تنش رطوبتی ($p \leq 0.01$) و اثر تیمارهای کودی ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل آنها ($p \leq 0.01$) بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در تیمار ترکیبی ورمی کمپوست+هیومیک اسید+کود کامل در شرایط عدم تنش رطوبتی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ترکیبی هیومیک اسید+کود کامل و عدم تنش رطوبتی داشت. کمترین عملکرد دانه در تیمار هیومیک اسید+کود کامل و تیمار هیومیک اسید هر دو در شرایط تنش رطوبتی شدید مشاهده شدند که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۵). در آزمایشی که روی ۴ سطح تنش رطوبتی بر روی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) صورت گرفته بود همزمان با افزایش میزان تنش رطوبتی از عملکرد دانه گلرنگ کاسته شد که در توافق با نتایج آزمایش حاضر است (۱۲).

وزن خشک ریشه: اثر سطوح تنش رطوبتی ($p \leq 0.01$) اثر تیمارهای کودی ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل آنها ($p \leq 0.01$) بر وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین مقادیر وزن خشک ریشه در تیمار هیومیک اسید+ورمی کمپوست و تنش رطوبتی متوسط و به دنبال آن در همین تیمار در شرایط عدم تنش رطوبتی و در تیمار کود کامل+ورمی کمپوست و شرایط عدم تنش رطوبتی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کمترین مقادیر وزن خشک ریشه در تیمار ورمی کمپوست، هیومیک اسید و کود کامل هر سه در شرایط تنش رطوبتی شدید مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴). اعمال تیمار تنش رطوبتی در تحریک توسعه ریشه مؤثر بود. در آزمایشی افزایش وزن خشک ریشه سرخارگل با افزایش شدت تنش رطوبتی مشاهده شد (۱۵). همچنین در آزمایشی دیگر وزن ریشه همیشه‌بهار فرانسوی (*Calendula officinalis* L.) در نتیجه افزایش ورمی کمپوست به خاک، افزایش یافت (۶). برخی آزمایش‌ها به رشد سریعتر ریشه سرخارگل در نتیجه زیاد بودن نیتروژن اشاره کردند و این امر را در کاهش سطح ترکیبات فعال زیستی ریشه آن مؤثر دانستند (۱).

نسبت ریشه به اندام‌های هوایی: اثر سطوح تنش رطوبتی ($p \leq 0.01$)، اثر تیمارهای کودی ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل آنها ($p \leq 0.01$) بر نسبت ریشه به بخش‌های هوایی معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین نسبت ریشه به اندام‌های هوایی در تیمار عدم مصرف کود و تنش رطوبتی شدید مشاهده شد و کمترین نسبت ریشه به اندام‌های هوایی در تیمار ورمی کمپوست و عدم تنش رطوبتی مشاهده شد (جدول ۵). کاربرد کودهای آلی ورمی کمپوست و هیومیک اسید این نسبت را در شرایط تنش رطوبتی شدید افزایش داد و در توسعه سیستم ریشه‌ای در این شرایط مؤثر بودند.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات سطوح کم آبیاری و تیمارهای کودی بر روی صفات سرخارگل
Table 3- ANOVA (mean squares) for the effects of deficit irrigation levels and fertilizer treatments on Echinacea characteristics

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares					نسبت ریشه به اندام- های هوایی Shoot /root ratio	محتوی فنل کل ریشه Root total phenol content	
		وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک گل Flower dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک زیست توده Biomass dry weight			عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	2461*	263 ^{ns}	3586*	112 ^{ns}	317225 ^{ns}	19.7 ^{ns}	0.001 ^{ns}	15 ^{ns}
سطوح کم آبیاری Deficit irrigation levels (I)	2	153949**	139035**	352529	96586**	190854798**	3681.6**	0.018**	143**
خطای کرت اصلی Main plot error	4	222	877	212	2863	78257	14.1	0.001	6
تیمارهای کودی Fertilizer treatments (F)	7	25161**	23011**	49584**	12950**	27897933**	238.7**	0.008**	35**
سطوح کم آبیاری× تیمارهای کودی Irrigation×Fertilizer treatment (I×F)	14	10405**	5415**	6904**	3908**	4746885**	67.5**	0.003**	5*
خطای کرت فرعی Sub plot error	42	1471	1083	1263	799	304575	7.7	0.001	3
ضریب تغییرات C.V.(%)	-	10.8	10.5	9.3	8.4	5.1	8.2	9.7	8.4

^{ns}، ** و * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
^{ns}، ** and * : non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.

جدول ۴- اثرات متقابل سطوح کم آبیاری × تیمارهای خشک اندام‌های گیاه سرخارگل

Table 4- Interaction effects of water stress levels × fertilizer treatments on dry matter weight of Echinacea organs

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments					وزن خشک ساقه Stem dry weight (g m ⁻²)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g m ⁻²)	وزن خشک گل Flower dry weight (g m ⁻²)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g m ⁻²)
عدم تنش رطوبتی non water stress	کود شیمیایی کامل Humic acid+Humic acid ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Vermicompost+ Complete chemical fertilizer ورمی کمپوست+هیومیک اسید Vermicompost+Humic acid کودشیمیایی کامل+ورمی کمپوست+هیومیک اسید Complete chemical fertilizer+ Vermicompost+Humic acid شاهد				338.60 fg 322.20 f-h 541.08 a 407.39 de 450.04 dc 452.84cd 462.71cd 357.11ef	279.7 e-g 288.3 e-g 438.0 ab 362.8 cd 320.9 de 437.5 ab 430.0 ab 244.5 f-i	365.0 f-h 422.9 ef 625.7 a 591.6 ab 538.0 bc 538.0 ab 513.5 cd 336.6 gh	323.3 ef 296.5 f-h 410.0 bc 405.9 bc 444.0 ab 445.9 ab 393.7 cd 335.1 ef
	کود شیمیایی کامل Humic acid+Humic acid ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Humic acid+Complete chemical fertilizer ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Vermicompost+ Complete chemical fertilizer ورمی کمپوست+هیومیک اسید Vermicompost+Humic acid کودشیمیایی کامل+ورمی کمپوست+هیومیک اسید Complete chemical fertilizer+ Vermicompost+Humic acid شاهد				322.85 f-h 337.49 fg 451.92 cd 348.11 ef 476.91 ab 530.52 ab 358.72 ef 270.79 hi	321.6 de 293.5 ef 388.8 bc 355.0 cd 447.6 a 462.5 a 359.7 cd 289.3 e-g	340.2 gh 337.7 gh 486.7 cd 384.8 fg 476.0 de 470.6 de 376.5 fg 269.9 ij	353.9 de 355.9 de 404.2 bc 366.4 c-e 384.4 cd 467.4 a 293.5 f-h 288.6 f-i
	کود شیمیایی کامل Humic acid+Humic acid ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Humic acid+Complete chemical fertilizer ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Vermicompost+ Complete chemical fertilizer ورمی کمپوست+هیومیک اسید Vermicompost+Humic acid کودشیمیایی کامل+ورمی کمپوست+هیومیک اسید Complete chemical fertilizer+ Vermicompost+Humic acid شاهد				277.17g-i 251.95ij 224.07ij 346.15ef 271.17hi 272.44hi 281.75g-i 198.93 j	195.3 ij 223.6 ij 197.8 ij 254.0 f-h 243.3 f-i 271.9 e-h 236.6 g-j 187.5 j	232.1 j-l 207.5 kl 275.4 ij 228.3 j-l 348.2 gh 265.7 i-k 307.8 hi 178.2 l	255.3 hi 244.9 i 242.4 i 264.6 g-i 271.8 g-i 302.8 f-g 271.4 g-i 260.6 g-i

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($p \leq 0.05$) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan's multiple range test.

جدول ۵- اثرات متقابل تیمارهای آبیاری × سطوح کودی بر خصوصیات عملکردی سرخارگل

Table 5- Interaction effects of water stress levels × fertilizer treatments on yield characteristics of Echinacea				
تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	عملکرد دانه Seed yield (g m ⁻²)	عملکرد زیست توده Yield Biomass (kg ha ⁻¹)	نسبت ریشه به اندام‌های هوایی Shoot/root ratio	غلظت فنل کل ریشه Root total phenol concentration (mg g ⁻¹)
عدم تنش رطوبتی Non water stress	کود شیمیایی کامل Humic acid+Humic acid	10314 f-h	0.31 b-g	17.13 kl
	هومیك اسید+هومیك اسید Vermicompost+Humic acid	10766 e-g	0.28 g-i	16.42 l
	ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Humic acid+Complete chemical fertilizer	16351 a	0.25 i	18.44 h-l
	ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Vermicompost+Complete chemical fertilizer	14164 cd	0.29 f-i	20.09 g-j
	ورمی کمپوست+هومیك اسید Vermicompost+Humic acid	13515 d	0.33 b-f	20.48 f-i
	ورمی کمپوست+هومیك اسید Vermicompost+Humic acid	15248 b	0.29 e-i	20.16 f-i
	کود شیمیایی کامل+ورمی کمپوست+هومیك اسید Complete chemical fertilizer+Vermicompost+Humic acid	14674 bc	0.27 g-i	20.58 f-h
	شاهد Control	9797 h	0.34 b-e	17.20 j-l
	کود شیمیایی کامل Humic acid+Humic acid	10224 gh	0.35 b-d	20.98 e-h
	هومیك اسید+هومیك اسید Vermicompost+Humic acid	9956 gh	0.36 bc	19.78 g-k
تنش رطوبتی متوسط Moderate water stress	ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Humic acid+Complete chemical fertilizer	13570 d	0.30 e-h	20.57 f-i
	ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Vermicompost+Complete chemical fertilizer	11221 ef	0.33 b-f	23.98 b-d
	ورمی کمپوست+هومیك اسید Vermicompost+Humic acid	14321 cd	0.27 g-i	20.86 f-h
	ورمی کمپوست+هومیك اسید Vermicompost+Humic acid	15000 bc	0.31 b-g	24.73 a-c
	کود شیمیایی کامل+ورمی کمپوست+هومیك اسید Complete chemical fertilizer+Vermicompost+Humic acid	11322 e	0.26 hi	21.13 d-h
	شاهد Control	8537 i	0.34 b-e	17.64 j-l
	کود شیمیایی کامل Complete chemical fertilizer	7279 j	0.35 bc	24.04 b-d
	هومیك اسید Humic acid	7015 j	0.35 bc	24.06 b-d
	ورمی کمپوست Vermicompost	7163 j	0.34 b-e	22.97 c-f
	هومیك اسید+کود شیمیایی کامل Humic acid+Complete chemical fertilizer	8469 i	0.31 b-g	26.79 ab
تنش رطوبتی شدید Severe water stress	ورمی کمپوست+کود شیمیایی کامل Vermicompost+Complete chemical fertilizer	8856 i	0.31 c-h	21.93 c-g
	ورمی کمپوست+هومیك اسید Vermicompost+Humic acid	8354 i	0.36 b	27.16 a
	کود شیمیایی کامل+ورمی کمپوست+هومیك اسید Complete chemical fertilizer+Vermicompost+Humic acid	8526 i	0.32 b-g	23.91 b-e
	شاهد Control	5862 k	0.45 a	18.70 h-l

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($p < 0.05$) نمی‌باشند.
Numbers followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

نمودند (۱۵). گروهی دیگر بر خلاف مطالعه قبلی کاهش وزن خشک ریشه همراه با افزایش تنش‌های رطوبتی را در سرخارگل مشاهده

گروهی از محققین افزایش وزن ریشه سرخارگل و افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی را با افزایش شدت تنش رطوبتی مشاهده

نمودند (۳۴) ولی با توجه به نتایج آزمایش حاضر به نظر می‌رسد این تاثیر کاهشی در اندام‌های هوایی بیش از سیستم ریشه ای باشد که منجر به افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی تحت شرایط تنش رطوبتی شدید گردید. تنش رطوبتی باعث کاهش ارتفاع بوته و تعداد برگ می‌شود که کاهش وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی را به دنبال دارد (۲۸) جلوگیری از توسعه برگ‌ها در نتیجه تنش‌های رطوبتی میزان مصرف کربن و انرژی را در اندام‌های هوایی کاهش داده و سهم بیشتری از مواد آسمیله شده در ریشه توزیع می‌گردد که منجر به افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی می‌شود (۱۳ و ۹) حاصلخیزی بالاتر نیز عملکرد بخش‌های هوایی را افزایش داده و عملکرد ریشه را محدود می‌کند (۱۱). در آزمایشی کاربرد ورمی کمپوست منجر به افزایش وزن ریشه و در نتیجه افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی گردید که در توافق با نتایج آزمایش حاضر است (۶).

محتوی فنل کل ریشه: اثر سطوح تنش رطوبتی ($p \leq 0.01$)، اثر تیمارهای کودی ($p \leq 0.01$) و اثرات متقابل آنها ($p \leq 0.05$) بر میزان ترکیبات فنلی ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین محتوی ترکیبات فنلی در تیمار ترکیبی هیومیک‌اسید+ورمی کمپوست و به دنبال آن در تیمار ترکیبی هیومیک‌اسید+کود کامل هر دو در شرایط تنش رطوبتی شدید مشاهده شد. کمترین محتوی ترکیبات فنلی ریشه در تیمار هیومیک‌اسید و عدم تنش رطوبتی مشاهده شد (جدول ۵). در آزمایشی کاربرد هیومیک‌اسید در شرایط تنش رطوبتی محتوای اسید کلروژنیک را که از ترکیبات فنلی سرخارگل می‌باشد، افزایش داد

منابع

(۱۸) گروهی از محققین گزارش نمودند که هیومیک اسید محلول در آب انتشار ریشه‌های موین را افزایش می‌دهد و تعداد و کمیت آنها را با افزایش سلول‌های کورتکس و اپیدرمی افزایش می‌دهد (۳۵) با توجه به اینکه ریشه‌های تغذیه‌ای ریز و ریشه اصلی سرخارگل بالاترین میزان ترکیبات فعال زیستی را دارند (۱) افزایش میزان ریشه‌ها می‌تواند در افزایش میزان ترکیبات فنلی ریشه و همچنین افزایش توان گیاه در مواجهه با اثرات تنش‌های رطوبتی موثر باشد. در آزمایشی بیشترین میزان فنل کل ریشه سرخارگل از تیمار ورمی کمپوست و بدون مصرف کود شیمیایی بدست آمد که روند مشابهی را با نتایج آزمایش حاضر نشان می‌دهد (۲۶).

با توجه نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان چنین استدلال کرد که واکنش بخش‌های هوایی این گیاه به کاهش میزان سطوح آبیاری منفی بود ولی این روند در بخش‌های زیر زمینی معکوس بود به‌طوری که بیشترین میزان وزن خشک ریشه، نسبت ریشه به اندام‌های هوایی و ترکیبات فنلی ریشه در شرایط تنش رطوبتی شدید مشاهده گردید و تنش رطوبتی شدید تأثیری بر عملکرد ریشه آن نداشت و از طرفی شاهد تأثیر مثبت کودهای آلی در افزایش عملکرد در این گیاه بودیم و بیشترین مقادیر ترکیبات فنلی ریشه که هدف نهایی از تولید این گیاه می‌باشد در تیمارهای ترکیبی هیومیک‌اسید+ورمی کمپوست مشاهده شد لذا با توجه این امر تولید این گیاه در ۵۰ درصد نیاز رطوبتی معادل ۳۰۰ میلی‌متر آبیاری در طی دوره رشد یکساله و استفاده از تیمارهای کودی حاوی ترکیبات هیومیکی و ورمی کمپوست با توجه به رویکردهای کشاورزی پایدار قابل

- 1- Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2005. Commercial Echinacea Production. Edmonton, Alberta .Canada. Available at <http://www.agric.gov.ab.ca/publication>
- 2- Alizadeh A., and Kamali G.A. 2008. Crop Water Requirements in Iran. Emam Reza University Press .Mashhad. 227p. (In Persian)
- 3- Arancon N., Edwards C.A., Bierman P., Welch C., and Metzger J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: 1.Effect on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.
- 4- Atiyeh R.M, Arancon N., Edwards C.A., and Metzger J.D. 2001. The influence of pig manure on the growth earthworm-processed and productivity of marigolds. Bioresource Technology 81: 103-108.
- 5- Atiyeh R., Lee S., Edwards C., Arancon N., and Metzger J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.
- 6- Bachman C.R., and Metzger J.D. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting subtract amended with vermicompost. Bioresource Technology 99: 3155-3161.
- 7- Bending G.D., Turner M.K., and Jones J.E. 2002. Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional diversity of soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry 34: 1073-1082.
- 8- Cheong Y.H., Kim K.N., Pandey G.K., Gupta R., Grant J.J., and Luan S. 2003. CLB1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. The Plant Cell 15: 1833-1845.
- 9- Dat J., Vandenabeele S., Vranova E., Van Montagu M., Inze D., and Van Breusegem F. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Science 57: 779-795.
- 10- Dursun A., Guvenc I., and Turan M. 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. Acta Agrobotanica 56: 81-88.
- 11- Franze C.H. 1983. Nutrient and Water Management for Medicinal and Aromatic Plants. Acta Horticulturae 132: 203-215.

- 12- Hojati M., Modarres-Sanavy S.A.M., Karimi M., and Ghanati F. 2011. Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 33(1): 105-112.
- 13- Hopkins W.G., and Huner N.P. 2004. Introduction to Plant Physiology (Third Edit). John Wiely and Sons, Inc. New York. 560 p.
- 14- Goksoy A.T., Demir A.O., Turan Z.M., and Daustu N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crop Research* 87: 167-178.
- 15- Gray D.E., Pallardy S.G., Garrett H.E., and Rottinghaus G.E. 2003. Acute drought stress and plant age effects on alkamide and phenolic acid content in purple coneflower roots. *Planta Medica* 69: 50-55.
- 16- Jahan M., and Nassiri Mahallati M. 2012. Soil Fertility and Bio fertilizers. An Agro ecological Approach. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 250 p. (In Persian)
- 17- Khan M., and Scullion J. 2002. Effects of metal (Cd, Cu, Ni, Pb or Zn) enrichment of sewage-sludge on soil micro-organisms and their activities. *Applied Soil Ecology* 20: 145-155.
- 18- Khorasaninejad S., Alizadeh Ahmadabadi A., and Hemmati K. 2018. The effect of humic acid on leaf morphophysiological and phytochemical properties of *Echinacea purpurea* L. under water deficit stress. *Scientia Horticulturae* 239: 314-323.
- 19- Kindscher K. 2016. *Echinacea Herbal Medicine with a Wild History*. Springer International Publishing. Switzerland. 238 pp.
- 20- Kreft S. 2005. Cichoric acid content and biomass production of *Echinacea purpurea* plants cultivated in Slovenia. *Pharmaceutical Biology* 43(8): 662-665.
- 21- Malik A.A., Suryapani S., and Ahmad J. 2011. Chemical vs organic cultivation of medicinal and aromatic plants: the choice is clear. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plant* 1(1): 5-13.
- 22- Nickolee Z., Kjelgren R., Cerny-Koenig R., Kopp K., and Koenig R. 2006. Drought responses of six ornamental herbaceous perennials. *Scientia Horticulture* 109(3): 267-274.
- 23- Omid Beygi R. 2010. Production and Processing of Medicinal Plants. Volume 4 First edition. Behnashr Publications. Mashhad. 423 p. (In Persian)
- 24- Omid Beygi R. 1998. Silymarin and Silybin production from wild and cultivated milk thistle seeds. *Iranian Journal of Agricultural Science* 29(2): 413-421. (In Persian with English abstract)
- 25- Pathma J., and Sakthivel N. 2012. Microbial Diversity of Vermicompost Bacteria That Exhibit Useful Agricultural Traits and Waste Management Potential, vol. 1. Springer Plus, pp. 26.
- 26- Razavi Nia M. 2012. Investigation of the effect of organic, chemical and combined fertilizers on quantitative and qualitative yield of *Echinacea*. Master's degree Thesis, Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University. (In Persian)
- 27- Selmar D., and Kleinwächter M. 2013. Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. *Industrial Crops and Products* 42: 558-566.
- 28- Siddique K.H.M., Walton G.H., and Seymour. 1993. A comparison of seed yields of winter grain legumes in Western Australia. *Australian Journal of Express Agriculture* 33: 915-922.
- 29- Singer M.J., and Bissonnais L.Y. 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a Mediterranean Climate. *Geomorphology* 24: 79-85.
- 30- Slinkard K., and Singleton V.L. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture* 28: 49-55.
- 31- Taherkhani T., Rahmani N., Moradi A., and Zandi P. 2011. Assessment of nitrogen levels on flower yield of *Calendula* grown under different water deficit stress using drought tolerant indices. *Journal of American Science* 7: 591-598.
- 32- Tejada M., Gonzales J.L. Garcina-Martinez A.M., and Parrado J. 2008. Effect of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresource Technology* 99(6): 1758-1767.
- 33- Xiong L., Schumaker K.S., and Zhu J.K. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *The Plant Cell* 14: 165-183.
- 34- Yousef R.M.M., Khalil S.E., and El-Said N.A.M. 2013. Response of *Echinacea purpurea* L. to irrigation water regime and bio fertilization in sandy soils. *World Applied Sciences Journal* 26(6): 771-782.
- 35- Zandonadi D.B., Santos M.P., Dobbss L.B., Olivares F.L., Canellas L.P., Binzel M.L., Okorokova-Façanha A.L., and Façanha A.R. 2010. Nitric oxide mediates humic acids-induced root development and plasma membrane H⁺-ATPase activation. *Planta* 231: 1025-1036.



The Effect of Water Stress, Chemical and Organic Fertilizers on Biomass, Seed Yield and Root Phenolic Compounds of Purple Coneflower (*Echinacea purpurea* L.)

B. Soltanian¹- P. Rezvani Moghaddam^{2*}- J. Asili³

Received: 31-07-2019

Accepted: 12-10-2020

Introduction: Nowadays the demand for medicinal plants is increasing in the pharmaceutical industries. *Echinacea* spp. is an herbaceous, perennial plant containing valuable substances which belong to different chemical groups, most notably phenolic compounds. Echinacea is the most well-known and most important treatment for the immune system and protects against cough, cold and fever. Drought stress can be a major factor in increasing the content of secondary metabolites in many medicinal plants. Organic fertilizers are known to be one of the fertility factors for soil and plant nutrition due to the impacts on the physical, chemical and biological properties of soil. The purpose of this study was to investigate the response of yield and phenolic compounds as the most important group of active compounds in Echinacea in response to different levels of water stress, chemical and organic fertilizer management and their interactions.

Materials and Methods: This experiment was carried out during 2016 and 2017 years at the experimental Field of Ferdowsi University of Mashhad, located at 10 km East of Mashhad. The split plot based on factorial design was implemented in 3 Replications. The studied factors in this experiment in the main plot were water stress at three levels, including 1- Non-Water stress ($6000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), 2- Moderate Water Stress ($4500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), 3- Severe Water stress ($3000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). In sub plots, fertilization treatments applied in eight levels, including, 1- NPK fertilizer ($500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); 2-Humic acid ($20 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$); 3-Vermicompost ($6000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); 4-Humic acid+NPK ($20 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1} + 500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); 5. Vermicompost+NPK ($3000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + 250 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); 6-vermicompost+humic acid ($3000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + 20 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$); 7. Vermicompost+Humic acid+NPK ($3000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + 20 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1} + 250 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) and 8.control. The amount of irrigation needed at each turn was calculated by NETWAT software. In combined treatments, half of the NPK fertilizer which used in the pure treatment was replaced with the equivalent amount of vermicompost. Constant amount of liquid humic acid was applied at the same time with vermicompost and NPK in rosette leave developing and before stem-elongation phase. The total amount of phenolic compounds in the sample was evaluated by the Folin-Ciocalteu method. Data were analyzed with MSTAT-C statistic software and means compared by Duncan Multiple Range Test.

Results and Discussion: The most amounts of stem dry matter, flower dry matter and biomass were observed at vermicompost and non-stress treatment and the least amount of them was obtained from control and severe water stress condition. The highest amounts of leaf and root dry weight were obtained under vermicompost+humic acid and moderate water stress treatments and the least amount of leaf dry weight was observed at control and severe water stress treatments. At the same time with the increase of water stress, the impact of organic fertilizers on leaf dry weight decreased, however the application of organic fertilizers increased the leaf dry weight even under severe stress conditions. Maximum seed yield was observed under vermicompost+humic acid+NPK and NPK treatments with severe water stress condition. With increase in the stress level, root to shoot ratio was increased and the maximum amount of that was obtained in control treatment under severe water stress condition and the minimum amount of that was obtained at vermicompost and non-stress treatment. The application of vermicompost and humic acid increased root to shoot ratio in severe stress conditions and it were effective in developing root systems in these conditions. Maximum amounts of phenolic compounds were observed under humic acid+vermicompost treatment with severe stress condition and minimum of these compounds were obtained under humic acid treatment at no-stress.

Conclusion: The response of aerial parts of plant was associated with a decrease in irrigation levels, however

1 and 2- Ph.D. Graduate in Agroecology and Professor, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.

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

3- Professor, Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, I.R.IRAN

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.82030

this trend was reversed in underground sections. Thus, the maximum amount of root dry weight, root to shoot ratio and root phenolic compounds were observed in severe stress treatment. The highest amount of Phenolic compounds of the root, the ultimate goal of this plant, were observed under humic acid+vermicompost combination treatments. Therefore the production of this plant in terms of supplying 50% of the required moisture content (is equivalent to 300 mm of irrigation during the one-year growth period) and the use of fertilizer treatments containing humic acid and vermicompost compounds is recommended.

Keywords: Humic acid, Medicinal plants, NPK chemical fertilizer, Vermicompost



مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی اثر تنش خشکی بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی سه جمعیت بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana* Benth.)

حشمت امیدی^{۱*} - فاطمه پیر جلیلی^۲ - خدیجه احمدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۳

چکیده

کمبود آب یکی از اصلی‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که بر رشد و عملکرد محصول تأثیر منفی می‌گذارد. بالنگو (*Lallemantia royleana* Benth.) گیاهی از خانواده نعنائیان و دارای کاربردهای دارویی متعددی است. بنابراین تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تغییرات صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز جمعیت‌های بالنگو شیرازی تحت تنش خشکی انجام شد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده با دو شامل تنش خشکی (قابلیت رطوبت خاک ۰/۵، ۳/۵، ۶/۵ و ۹/۵- اتمسفر) به‌عنوان عامل اصلی و جمعیت بالنگو شیرازی (مشهد، کرمان و طالقان) به‌عنوان عامل فرعی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۳-۹۴ با سه تکرار در دانشگاه شاهد اجرا گردید. تنش خشکی تأثیر معنی داری بر مؤلفه‌های رشد، اجزای عملکرد، عملکرد دانه، عملکرد روغن، محتوای نسبی آب و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز داشت. با کاهش مقدار آب خاک، صفات ارتفاع بوته (۲۴/۷۳ سانتی‌متر)، تعداد شاخه‌های فرعی (۵/۴۴)، وزن تر (۱۷/۳۶ گرم) و خشک بوته (۳/۸۰ گرم)، وزن هزار دانه (۱/۵۱ گرم)، شاخص برداشت (۶/۴۱ درصد)، عملکرد دانه (۱۵۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۳۷/۷۷ کیلوگرم در هکتار) کاهش پیدا کردند. صفات طول ریشه و محتوای آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به ترتیب افزایش ۲۴/۰۲ و ۶۶/۶۳ درصدی در تنش شدید نسبت به عدم تنش داشتند. بیشترین عملکرد دانه و روغن در جمعیت مشهد تحت عدم تنش خشکی حاصل شد. در شرایط تنش نسبتاً شدید جمعیت طالقان با افزایش عملکرد دانه و روغن به ترتیب با میانگین ۳۱۵/۷۵ و ۸۶/۵ کیلوگرم در هکتار روبرو شد. در سطوح تنش خشکی کمترین کاهش در برخی خصوصیات رشدی، عملکرد دانه و عملکرد روغن بذر در جمعیت کرمان مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، عملکرد روغن، عملکرد دانه، کم آبی، گیاه دارویی

مقدمه

برخی خصوصیات دارویی، غذایی و سلامتی برای انسان دارند (۲۹) و (۳۴). روغن حاصل از دانه‌های جنس *Lallemantia* کاربرد فراوان در طب سنتی، صنایع غذایی و رنگرزی دارند (۱۶). آب یکی از عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای در رشد و نمو و میزان مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد. خشکی و کم‌آبی از عوامل مؤثر بر کمیت تولید بوده که در پارامترهای مواقع باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد محصول نیز می‌گردد (۸). شناسایی زمان بحرانی و زمان‌بندی آبیاری بر مبنای برنامه‌ای دقیق و اساسی برای گیاه، اساس نگهداری آب و بهبود عملیات آبیاری و قابلیت تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی است (۱۰). شرایط کم آبی علاوه بر کاهش رشد گیاه، باعث تحریک پاسخ‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی متعددی مانند بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و تعرق، کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی، انباشت مواد محلول و آنتی‌اکسیدان‌ها و بیان ژن‌های خاص تنشی می‌گردد (۱۳).

گونه‌های مختلف گیاهان دارویی تحت آبیاری کامل و تنش

رویکرد روز افزون به استفاده از گیاهان دارویی در سطح جهانی اهمیت کشت و تولید این گیاهان را روشن‌تر می‌سازد. در حال حاضر تقاضا برای گیاهان دارویی به عنوان تولیدات قابل مصرف در صنایع بهداشتی و دارویی در حال افزایش است (۲۳). گیاه دارویی بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana* Benth.) متعلق به خانواده‌ی Lamiaceae، گیاهی علفی، یک ساله، ساقه ساده یا منشعب، ارتفاع بین ۱۰-۳۰ سانتی‌متری کرک‌ها انبوه و کوتاه و سفید مایل به خاکستری می‌باشد (۴۲). بذرهای بالنگو منابع خوبی از پلی‌ساکارید، فیبر (۲۹/۶۶٪)، روغن (۲۸-۲۰٪) و پروتئین (۱۸٪) بوده و دارای

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشیار، دانش آموخته و دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

(Email: omidi@shahed.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.82643

خشکی واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان به وسیله عوامل محیطی تغییر می‌یابد و تنش خشکی عامل مؤثری در رشد و همچنین تولید ترکیب‌های طبیعی گیاهان دارویی می‌باشد (۱۴). طبق اظهار نظر محققین، گیاهان هنگامی که در معرض کم‌آبی قرار می‌گیرند ترکیب‌های ثانویه بیش‌تری را در مقایسه با شرایط آبی عادی، انباشته می‌کنند (۳۶). تنش خشکی موجب افزایش متابولیت‌های ثانویه و کاهش بیوماس تر و خشک چهار گونه خشخاش (۱۹) و افزایش فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی و کاهش صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی شاهدانه (۴۲) گردید.

بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه (*Foeniculum vulgare*) به تنش خشکی نشان داد که با تشدید خشکی، مقدار ماده خشک و ارتفاع گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد میوه در چتر و وزن هزار دانه در تمام ژنوتیپ‌ها کاهش یافت (۹). در بررسی اثر تنش آبی بر گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) مشخص گردید که وزن خشک ریشه، شاخه و گل‌ها در پاسخ به تنش خشکی کاهش یافت (۱۵). ارزیابی واکنش جمعیت‌های مختلف بالنگو نظیر عملکرد کمی و کیفی در سطوح مختلف خشکی اهمیت زیادی دارد که در این تحقیق به بررسی تغییرات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و برخی ترکیبات بیوشیمیایی جمعیت‌های بالنگو شیرازی مشهد، کرمان و طالقان تحت تنش خشکی پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی گیاهان دارویی دانشگاه شاهد طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. مزرعه پژوهشی دارای طول جغرافیایی ۵۱ درجه و هشت دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۹۰ متر، میانگین بارندگی ۲۱۶ میلی‌متر و میانگین دما ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد بود. مشخصات خاک و آب و هوای مزرعه تحقیقاتی گیاهان دارویی در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. طرح آزمایش به صورت کرت‌های خردشده و در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل چهار سطح خشکی از مرحله گلدهی به بعد به عنوان فاکتور اصلی (۱- متوسط پتانسیل رطوبت خاک در حد ۰/۵- اتمسفر به عنوان شاهد (FC)، ۲- پتانسیل رطوبت خاک حدود ۳/۵- اتمسفر به عنوان تنش ملایم، ۳- پتانسیل رطوبت خاک حدود ۶/۵- اتمسفر به عنوان تنش نسبتاً شدید، ۴- پتانسیل رطوبت خاک ۹/۵- اتمسفر به عنوان تنش شدید) و سه جمعیت بالنگو شامل مشهد، کرمان و طالقان به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. برای انتخاب بذرها بالنگو، ابتدا توده‌های بومی (وحشی) هر منطقه جمع‌آوری و طی چند سال کشت شدند. بذر جمعیت‌های بالنگو استان‌های خراسان رضوی (شهر مشهد)، کرمان (شهر کرمان) و البرز (شهر

طالقان) برای کشت در این مطالعه انتخاب شدند.

در تاریخ ۲۶ اسفند ماه ۱۳۹۳، در کرت‌هایی به مساحت ۹ مترمربع و فاصله بین بوته‌ها ۵ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر، جمعیت‌های گیاه بالنگو به‌طور هم‌زمان کشت شدند. فاصله هر کرت با کرت مجاور یک متر در نظر گرفته شد. بذرها در شیارهای به عمق ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر در ۱۰ ردیف در هر کرت کشت شدند و روی بذرها تا ارتفاع سه سانتی‌متر با خاک سبک یا ماسه بادی پوشانده شدند. اعمال تنش خشکی در مرحله‌ی ۱۰ درصد گلدهی مزرعه گیاه دارویی بالنگو صورت گرفت. دو ماه قبل از اعمال تنش خشکی، به منظور ثبت پتانسیل خاک دستگاه اکویتنسومتر ساخت کشور آلمان شرکت اکوماتیک مدل (EQ15 SN:02385) در منطقه ریشه گیاه در خاک قرار داده شد. پس از نصب دستگاه، خاک به‌طور کامل اشباع شده و روند تغییرات مکش خاک (و محتوای رطوبت خاک) تا پایان اعمال تنش‌ها ثبت شد. هر ماه داده‌ها از حسگر دستگاه به رایانه منتقل و قرائت می‌شد. بر اساس قرائت داده‌های میکروپروسسور و تجزیه تحلیل داده‌ها توسط رایانه و رسیدن به پتانسیل آبی مورد نظر زمان اعمال تنش مشخص شد. پس از محاسبه پتانسیل‌های رطوبتی خاک، اعمال سطوح تنش بعد از مرحله گلدهی به روش آبیاری نشتی (جوی و پشته‌ای) در زمان‌های ۳، ۷، ۱۱ و ۲۰ روز به ترتیب برای پتانسیل‌های رطوبتی ۰/۵-، ۳/۵-، ۶/۵- و ۹/۵- اتمسفر انجام شد (۳۳).

به منظور بررسی صفات مورفولوژیک، ۷ بوته از هر کرت با در نظر گرفتن اثر حاشیه انتخاب شد. برای تعیین عملکرد دانه تک بوته و محاسبه اجزای آن، حدود چهار مترمربع از هر کرت در زمان رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شد. ارتفاع بوته، طول ریشه، تعداد شاخه فرعی، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، اجزای عملکرد، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن و آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارتفاع بوته و طول ریشه با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شدند. محاسبه محتوای نسبی آب^۱ (RWC)، با استفاده از معادله زیر و روش لویت (۲۶) به دست آمد:

$$RWC = (FW - DW / TW - DW) \times 100$$

در این رابطه، FW وزن تر برگ‌ها، DW وزن خشک برگ‌ها، TW وزن آماس برگ‌ها و RWC محتوای نسبی آب محاسبه شد. جهت تعیین روغن دانه از دستگاه سوکسله استفاده شد (۴۰). عملکرد روغن دانه از حاصل ضرب درصد روغن و عملکرد دانه به دست آمد. برای اندازه‌گیری آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، نمونه‌گیری قبل از اعمال آخرین دور تنش انجام گرفت. در تاریخ ۷ تیر ۱۳۹۴ از هر کرت با در نظر گرفتن اثرات حاشیه حدود ۲ گرم برگ برداشت شد.

میلی مولار به حجم ۲۵۰ سی سی رسید. جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر دنبال گردید. اطلاعات حاصل، از طریق برنامه آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

سنجش آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز: سنجش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به روش (۱۹) انجام گرفت. فسفات پتاسیم با pH=7.8 (که شامل KH_2PO_4 ۴۰۰ میلی مولار در ۵۰ سی سی تهیه شد و K_2HPO_4 ۴۰۰ میلی مولار در ۵۰ سی سی آب مقطر تهیه شد) ۲۵ سی سی از فسفات پتاسیم با pH=7.8، متیونین ۱۳ میلی مولار، NBT ۷۵ میکرومولار، ریوفلاوین ۲ میکرومولار و EDTA ۰/۱

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil of research farm

بافت خاک Soil texture	اجزای بافت خاک Components of soil texture			کربن آلی O.C (%)	اسیدیته pH	شوری EC (dS.m ⁻¹)	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)
	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)						
لوم Loam	20	36	44	0.57	7.71	1.2	0.05	7.6	270

جدول ۲- آمار هواشناسی ماهانه منطقه مورد مطالعه

Table 2- Monthly weather statistics in area of study

	ماه‌های سال ۱۳۹۳-۹۴ Months 2014-2015											
	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند March.	فروردین April.	اردیبهشت May.	خرداد June.	تیر July.	مرداد Aug.	شهریور Sept.	مهر Oct.	آبان Nov.	آذر Dec.
بیشینه دما Maximum temperature (°C)	17	9.18	24.2	31.4	35.4	14.4	44	43	37.8	34.4	18.8	16.8
کمینه دما Minimum temperature (°C)	-5.6	-11	0.5	0	13.8	15.4	19	19	15.8	5.4	-0.2	-2.9
میانگین دما Mean temperature (°C)	4.6	4.6	12.2	18.3	24.6	29.2	32	31	27	17.3	8.9	6.2
مجموع بارش ماهانه Total monthly rainfall (mm)	2.5	10.5	14.8	6	9.1	2.3	0.8	0	0	7.4	15.2	8.4

نتایج و بحث

طول ریشه

باشد. پژوهشگران در بررسی اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد گیاه دارویی بالنگو بیان کردند که در اثر تنش خشکی طول ریشه گیاه بالنگو شیرازی افزایش پیدا کرد (۳ و ۳۳). در شرایط عدم تنش خشکی ریشه‌ها قطورتر هستند و در شرایط تنش خشکی ریشه‌ها نازک و دارای وزن کمی هستند که این مسئله موجب کاهش عملکرد ریشه در شرایط بدون تنش می‌شود. طبق یافته‌های محققین گیاهان آویشن باغی تحت تنش خشکی دارای طول ریشه بلندتر و نازک‌تر بود و طول ریشه آن ۲۶/۶ درصد نسبت به عدم تنش افزایش یافت (۱۷) که با نتایج پژوهش حاضر نیز مطابقت دارد. اثر تنش خشکی بر صفت طول ریشه در گیاه دارویی مرزه با افزایش سطوح تنش خشکی روند افزایشی را نسبت به شاهد نشان داد، رفتار ریشه گیاه متأثر از تنش رطوبتی خاک بوده و با افزایش تنش رطوبتی به‌عنوان یک عامل محدود کننده، ریشه‌ها به دنبال رطوبت بوده و در اعماق که رطوبت بیشتری در دسترس بوده است، توسعه بیشتری یافته‌اند (۳۸).

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی بر مؤلفه‌های رشدی گیاه بالنگو شیرازی اثر داشته است. اولین تغییراتی که در اثر تنش خشکی بوجود می‌آید تغییرات کمی در رشد است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که خشکی، جمعیت و اثر متقابل آنها تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد بر طول ریشه داشتند (جدول ۳). در بین هر سه جمعیت افزایش تنش باعث گسترش بیشتر ریشه به بخش‌های عمیق‌تر خاک شده است. و بیشترین رشد طول ریشه را می‌توان در جمعیت مشهد و تنش نسبتاً شدید با میانگین ۷/۸۷ سانتی متر مشاهده شد. در جمعیت مشهد در عدم تنش خشکی طول ریشه-ای برابر با جمعیت کرمان در تنش شدید مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به تغییر در جهت گسترش طول ریشه با افزایش شدت تنش خشکی در جمعیت‌های مختلف بالنگو، چنین به نظر می‌رسد که در این گیاه افزایش طول ریشه سازوکار سازگاری تحت اثر تنش خشکی

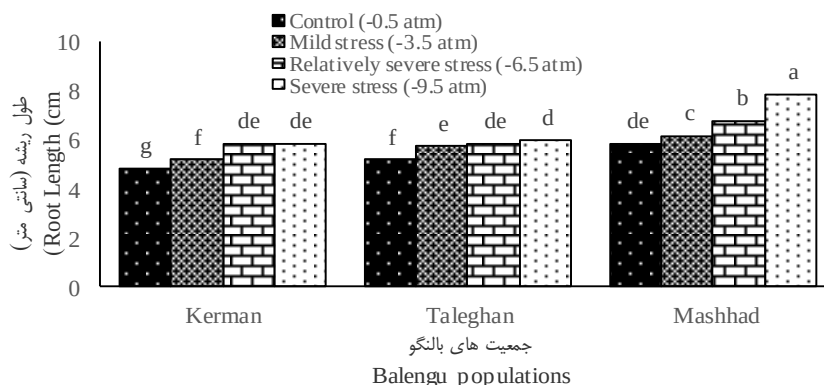
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات مورد مطالعه جمعیت‌های بالنگو شیرازی تحت تنش خشکی

Table 3- ANOVA (mean of squares) for some traits of Balangu populations under drought stress

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول ریشه Root length	ارتفاع بوته Plant height	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	تعداد شاخه‌های فرعی Number of branches	تعداد چرخه گل در بوته Number of flower cycle per plant	تعداد فندقه در هر چرخه گل Number of nut in flower cycle
تکرار Replication	2	8.22 ^{ns}	115.94 ^{ns}	4.34 ^{ns}	106.78 ^{ns}	19.44 ^{ns}	6.59 ^{ns}	31.44 ^{ns}
خشکی Drought	3	0.81 ^{**}	156.70 ^{**}	29.56 ^{**}	192.56 ^{**}	16.51 ^{**}	0.26 ^{ns}	823.77 ^{**}
خطای اصلی Error a	3	0.07	17.68	1.97	20.54	6.74	0.04	0.11
جمعیت Population	2	5.10 ^{**}	26.16 ^{**}	15.17 [*]	612.64 ^{**}	17.36 [*]	0.50 ^{ns}	1030.11 ^{**}
خشکی × جمعیت Drought × Population	6	1.31 ^{**}	5.92 ^{ns}	7.68 ^{ns}	83.45 ^{ns}	1.76 ^{ns}	0.68 [*]	167.44 ^{**}
تکرار × جمعیت Replication × Population	6	-	44.475	1.59	66.52	-	0.09	-
خطا Error	16	0.001	20.25	3.49	34.51	3.08	0.18	0.11
ضریب تغییرات C.V. (%)		0.74	14.99	15.11	16.72	24.69	8.07	1.57

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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



شکل ۱- اثر متقابل خشکی × جمعیت بر طول ریشه بالنگو شیرازی

Figure 1- Interaction effect of drought × population on root length of Balangu populations (DMRT, $p \leq 0.05$)

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که ارتفاع بوته تحت اثر خشکی و جمعیت قرار گرفت ($p \leq 0.01$). با افزایش خشکی ارتفاع بوته کاهش پیدا کرد، به طوری که در عدم تنش ارتفاع بوته با میانگین ۳۴/۵۱ سانتی‌متر به ارتفاع ۲۴/۷۳ سانتی‌متر در تنش شدید بدست آمد. در بین جمعیت‌ها، جمعیت کرمان ارتفاع بوته (۲۲/۹ سانتی‌متر) کوتاه‌تری نسبت به دیگر جمعیت‌ها نشان داد و در جمعیت مشهد ارتفاع بوته (۲۶/۷ سانتی‌متر) افزایش نشان داد (جدول ۴). ارتفاع گیاهان تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی، شرایط محیطی نظیر رطوبت، نور، تغذیه، کمیت و کیفیت نور قرار می‌گیرد (۷). معمولاً ارتفاع بوته

جزء مهمی در تعیین عملکرد دانه نیست ولی ارقامی که ارتفاع بلندتری دارند دارای عملکرد بیولوژیک بیشتری هستند (۷). در اثر کمبود آب، تورژانس سلولی و در نتیجه رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها دچار کاهش می‌گردد. به همین دلیل، اولین اثر محسوس کم آبی از اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد. به دنبال کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه نیز کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در این شرایط، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (۷). نیکول و همکاران (۳۰) همزمان با افزایش تنش رطوبتی شاهد کاهش ارتفاع بوته سرخارگل بودند.

آنان کاهش ارتفاع در سرخارگل را در نتیجه تنش تنش رطوبتی ناشی از کاهش تعداد گره‌ها و طول میانگره‌ها دانستند.

جدول ۴- برخی خصوصیات بالنگو شیرازی تحت اثرات اصلی تنش خشکی و جمعیت
Table 4- Some of Balangu characteristics under drought stress and population

محتوای نسبی آب RWC (%)	تعداد شاخه‌های فرعی Number of branches	وزن خشک بوته Plant dry weight (g)	وزن تر بوته Plant fresh weight (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	سطوح تنش خشکی و جمعیت Drought stress level and population
65.85a	8.66a	7.83a	28.35a	34.51a	شاهد (۰/۵- اتمسفر) Control (-0.5 atm)
40.12b	7.55ab	4.75b	21.73b	31.78ab	تنش ملایم (۳/۵- اتمسفر) Mild stress (-3.5 atm)
30.70b	6.77ab	4.32b	20.48b	29.03bc	تنش نسبتاً شدید (۶/۵- اتمسفر) Relatively severe stress (-6.5 atm)
26.05b	5.44b	3.80b	17.36b	24.73c	تنش شدید (۹/۵- اتمسفر) Severe stress (-9.5 atm)
39.03b	6.41b	2.38c	15.75c	28.60c	کرمان Kerman
46.12a	8.50a	4.46a	29.78a	29.89b	طالقان Taleghan
36.88b	6.41b	4.69b	20.42b	31.55a	مشهد Mashhad

*میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت آماری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد هستند

*Means with the same letters in each column are no different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

وزن تر و وزن خشک بوته

اثر تنش خشکی و جمعیت بر وزن تر و خشک گیاه بالنگو معنی دار شد و اثر برهم کنش خشکی و جمعیت بر این صفات تأثیر معنی-داری نداشت (جدول ۳). با مقایسه میانگین داده‌ها وزن تر بوته در عدم تنش شدید (۱۷/۳۶ گرم) به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد (۲۸/۳۵ گرم) کاهش یافت. در بین جمعیت‌های بالنگو تفاوت معنی‌داری در وزن تر بوته مشاهده شد و وزن تر بوته در جمعیت‌های طالقان، مشهد و کرمان به ترتیب با میانگین‌های ۲۹/۷۸، ۲۰/۴۲ و ۱۵/۷۵ گرم بدست آمد (جدول ۴). همچنین کاهش وزن خشک گیاه تحت شرایط تنش می‌تواند ناشی از تخصیص بیشتر بیوماس تولیدی گیاه به سمت ریشه‌ها در این شرایط باشد (۵). مقایسه میانگین اثر خشکی نشان داد که با افزایش تنش وزن خشک کاهش پیدا کرد. در عدم تنش خشکی وزن خشک بوته با میانگین ۷/۸۳ گرم و تنش شدید ۳/۸۰ گرم بدست آمد. در جمعیت طالقان وزن خشک را در ۶/۴۶ گرم و در جمعیت کرمان ۲/۳۸ گرم بدست آمد (جدول ۴). تنش کم آبی رشد گیاه را با تأثیر بر فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال یون‌ها، کربوهیدرات‌ها و متابولیسم عناصر و افزایش‌دهنده‌های رشد را کاهش می‌دهد (۲۴). در

همین راستا، تنش کم‌آبی ممکن است باعث کاهش آسمیلاسیون CO_2 در برگ‌ها، مقدار ATP و سطح آنزیم ریبولوز بیس فسفات گردد. مقادیر کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و این به-طور مستقیم بر تولید بیوماس گیاه اثر می‌گذارد (۳۷). وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه دارویی مرزه در افزایش تنش خشکی کاهش یافت و بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه مرزه در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد) گزارش شده است (۳۸).

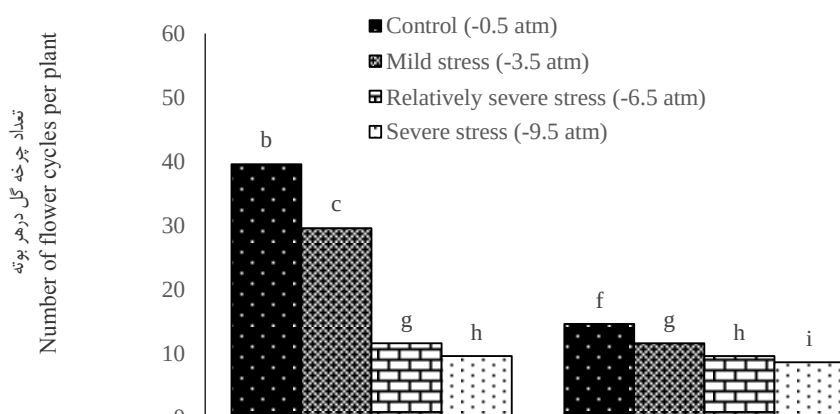
تعداد شاخه‌های فرعی در بوته

طبق نتایج واریانس، خشکی و جمعیت بر تعداد شاخه‌های فرعی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری شد (جدول ۳). مقایسه میانگین تنش خشکی نشان داد که با افزایش خشکی تعداد شاخه‌های جانبی کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین تعداد شاخه جانبی مربوط به تیمار شاهد با ۸/۶۶ شاخه جانبی و تنش شدید با ۵/۴۴ شاخه جانبی کمتری داشت. در مقایسه میانگین اثر جمعیت نیز مشاهده شد که جمعیت‌های کرمان و مشهد (۶/۴۱) تعداد شاخه‌های جانبی کمتری نسبت به جمعیت طالقان با میانگین ۸/۵۰ شاخه جانبی دارند (جدول ۴). نتیجه‌ی تحقیقی در گیاه کف نشان داد که شاخه‌دهی زیاد تحت

تعداد چرخه گل در بوته

خشکی، جمعیت و اثر برهمکنش بر صفت تعداد چرخه گل در بوته در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). با افزایش سطح خشکی تعداد چرخه گل در بوته کاهش پیدا کرد و در بین سه جمعیت تحت تنش خشکی این کاهش در تعداد چرخه گل در بوته نیز قابل مشاهده است. جمعیت مشهد در عدم تنش با ۴۹ عدد چرخه گل در بوته بیشترین و جمعیت‌های طالقان و کرمان در تنش ۹- اتمسفر با ۹/۶ عدد کمترین تعداد چرخه گل در بوته را به خود اختصاص دادند (شکل ۲). سلطانیان و همکاران (۳۹) شاهد افزایش تعداد گل در بوته و اندازه گل در گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea* spp.) با افزایش میزان آبیاری بودند که در توافق با نتایج این آزمایش است. کاهش آماس سلولی در نتیجه تنش‌های رطوبتی در کاهش رشد و تقسیم سلولی مؤثر است که متعاقباً باعث کاهش رشد رویشی گیاه می‌گردد (۲۰).

وضعیت خشکی، صفتی نامطلوب به حساب می‌آید، زیرا سبب مصرف بیهوده رطوبت خاک و اتلاف آن می‌شود (۳۲). در این تحقیق مشاهده گردید که تعداد شاخه‌های جانبی کاهش یافت، محدود شدن شاخه‌دهی در شرایط کم‌آبی را می‌توان به عنوان یک سازوکار سازگاری برای جمعیت‌های گیاه بالنگوشیرازی در نظر گرفت. پژوهشگران در بررسی اثر کم آبیاری با تیمارهای ۴۰۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بر آویشن باغی گزارش دادند که با افزایش شدت تنش خشکی، ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن تر و وزن خشک اندام رویشی کاهش یافت (۱۰). کم آبیاری موجب کاهش تعداد شاخه گل دهنده و ارتفاع ساقه در گیاه دارویی گل گاوزبان شد، کاهش رشد و توسعه گیاه می‌تواند به دلیل اختلال در تقسیم میتوز، کاهش تورژسانس و رشد و توسعه سلولی باشد (۴۱). کاهش تعداد شاخه فرعی در اثر تنش خشکی در گیاه ریحان نیز گزارش شده است (۲۱).



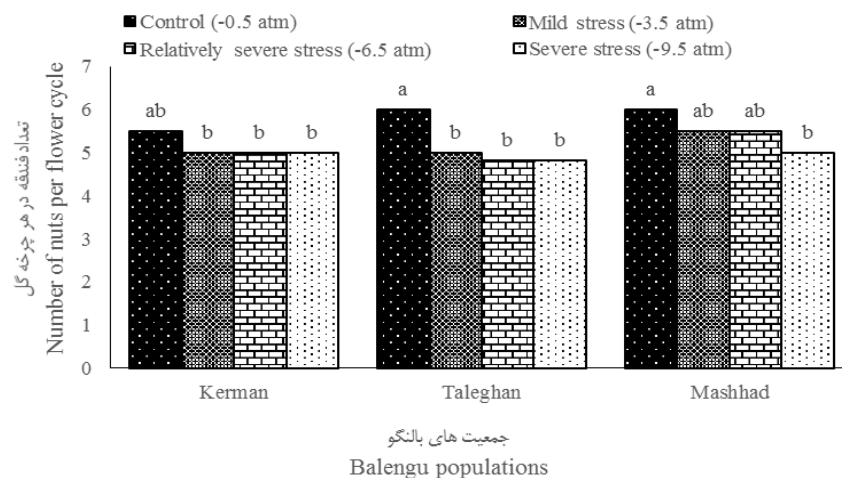
شکل ۲- اثر متقابل خشکی × جمعیت بر تعداد چرخه گل در هر بوته بالنگو شیرازی

Figure 2- Interaction effect of drought × population on flower cycle per Balangu plant (DMRT, $p \leq 0.05$)

شدید نیز بین جمعیت‌های مشهد و طالقان از نظر آماری تفاوتی نداشت و جمعیت کرمان در پتانسیل رطوبت ۹- اتمسفر با ۲/۰۶ عدد کمترین تعداد دانه در فندقه را داشتند (شکل ۴). نورزاد و همکاران (۳۱) بررسی کردند که تنش خشکی شدید سبب کاهش تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر گیاه دارویی گشنیز شد، و کمترین تعداد دانه در بوته در تنش شدید مشاهده شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. گزارش شده است که صفت تعداد کپسول در بوته سیاهدانه تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت (۱۸). همچنین گزارش شده است با اعمال تنش خشکی تعداد دانه در کپسول در ارقام سیاهدانه کاهش یافت (۲۷) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

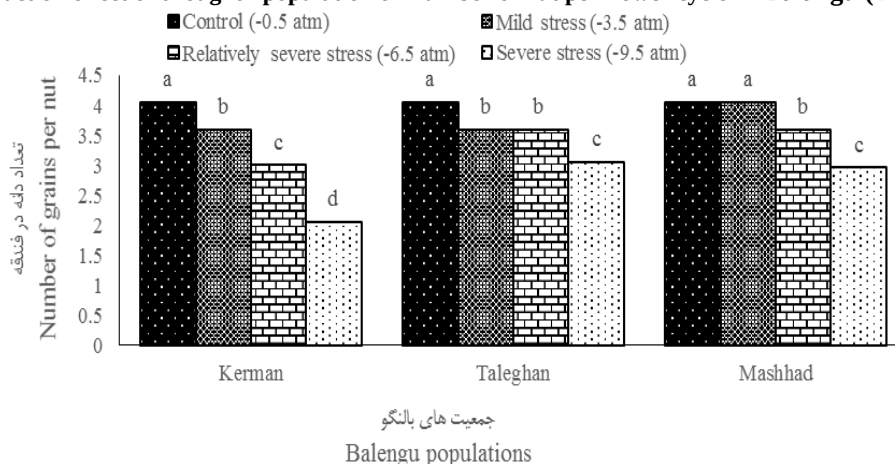
تعداد فندقه در هر چرخه گل و تعداد دانه در فندقه

خشکی و جمعیت بر صفت تعداد فندقه در چرخه گل غیر معنی‌دار و اثر متقابل این دو بر آن در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد فندقه در چرخه گل مربوط به جمعیت‌های طالقان و مشهد به ترتیب در ۵/۰- اتمسفر (عدم تنش خشکی) و در هر سه جمعیت کرمان، طالقان و مشهد در تنش ۹- اتمسفر دارای کمترین تعداد فندقه در هر چرخه گل بودند (شکل ۳). تیمارهای به کار رفته در این پژوهش بر صفت تعداد دانه در فندقه در سطح یک درصد معنی دار شدند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی و جمعیت نشان داد که در عدم تنش خشکی بین سه جمعیت تفاوتی نداشت و جمعیت‌ها دارای ۴/۰۶ عدد دانه در هر فندقه بودند. در تنش



شکل ۳- اثر متقابل خشکی × جمعیت بر تعداد فندقه در هر چرخه گل بالنگو شیرازی

Figure 3- Interaction effect of drought × population on number of nut per flower cycle in Balangu (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۴- اثر متقابل خشکی × جمعیت بر تعداد دانه در فندقه بالنگو شیرازی

Figure 4- Interaction effect of drought × population on number of seed per nut of Balangu (DMRT, $p \leq 0.05$)

یافته را تأمین کرده است (۳۵). در پژوهشی با بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه دارویی گشنیز، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به عدم تنش خشکی بود و کمترین وزن هزار دانه در تنش شدید بدست آمد (۳۱) که هم‌راستا با پژوهش حاضر بود.

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت اثر تیمارهای مورد بررسی قرار گرفت و اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر این صفت داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی و جمعیت‌های بالنگو نشان داد که با افزایش سطح خشکی از ۰/۵- تا ۹- اتمسفر به ۹- اتمسفر عملکرد دانه کاهش یافت. جمعیت مشهد در شرایط عدم تنش میزان عملکرد بیشتری نسبت به دیگر جمعیت‌ها داشت و در شرایط تنش ۳/۵- اتمسفر نیز جمعیت‌های طالقان و مشهد عملکرد بیشتری در این سطح تنش نسبت به جمعیت کرمان داشتند.

وزن هزاردانه

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر ساده خشکی و جمعیت و همچنین اثر متقابل خشکی در جمعیت بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی وزن هزاردانه جمعیت‌های بالنگو کاهش پیدا کرد. در جمعیت مشهد در سطوح تنش ۳/۵- و ۶/۵- اتمسفر وزن هزار دانه افزایش پیدا کرد و کمترین وزن هزاردانه در تنش شدید ۹- اتمسفر مربوط به جمعیت طالقان (۱/۴۴ گرم بود (شکل ۵)). وزن هزار دانه نشان دهنده وضعیت و طول دوره زایشی هر گیاه است و از آنجایی که با آغاز گلدهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت و ذخیره مقادیری از مواد فتوسنتزی می‌نمایند، باید بین وزن هزار دانه هنگامی که گیاه در حال تنش رطوبتی قرار می‌گیرد با سطح شاهد تفاوت وجود داشته باشد. در مواردی که تفاوتی دیده نشد، گیاه از طریق کاهش تعداد دانه حداقل مواد مورد نیاز برای دانه‌های تکامل

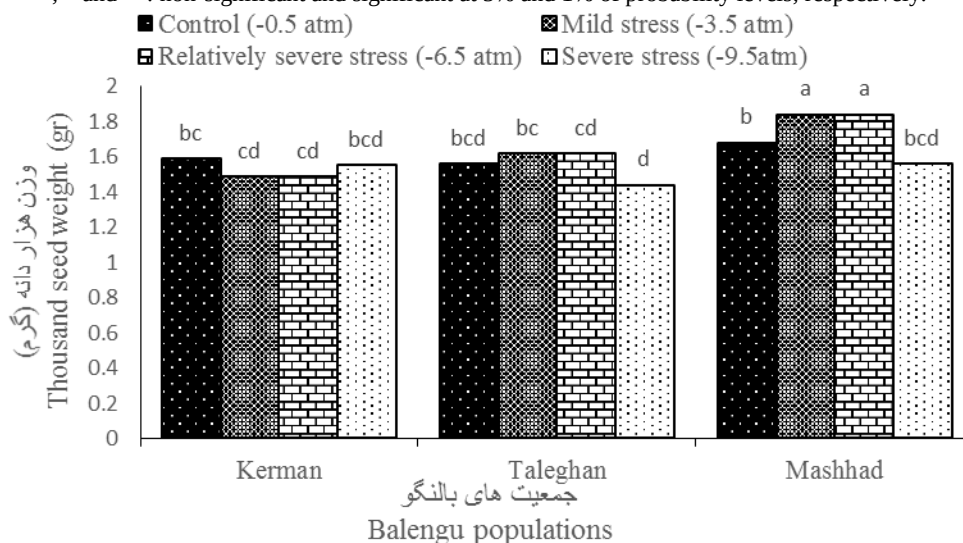
ادامه‌ی جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه جمعیت‌های بالنگو تحت تنش خشکی

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) Balangu populations different under stress

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	تعداد دانه در فندقه Number of seed per nut	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	محتوای نسبی آب RWC	عملکرد روغن Oil yield	آنزیم سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase enzyme
تکرار Replication	2	6.68 ^{ns}	0.002 ^{ns}	20.13 ^{ns}	8.02 ^{ns}	41.19 ^{ns}	2131.97 ^{ns}	0.54 ^{ns}
خشکی Drought	3	2.43**	0.037 ^{ns}	350090.94**	104.44**	2842.46**	20152.36**	103.12**
خطای اصلی Error a	6	0.32	0.004	4137.59	11.59	138.79	384.75	2.54
جمعیت Population	2	1.65**	0.071 ^{ns}	225325.92**	147.001**	280.46*	12455.98**	99.48 ^{ns}
خشکی × جمعیت Drought × Population	6	0.93**	0.018 ^{ns}	89268.27**	93.51**	36.9 ^{ns}	180.83**	54.33**
خطا Error	16	0.02	0.001	3756.13	3.05	54.5	383.56	1.35
ضریب تغییرات C.V (%)		4.43	4.56	16.99	16.67	18.15	22.23	10.25

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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



شکل ۵- اثر متقابل خشکی × جمعیت بر وزن هزار دانه بالنگو شیرازی

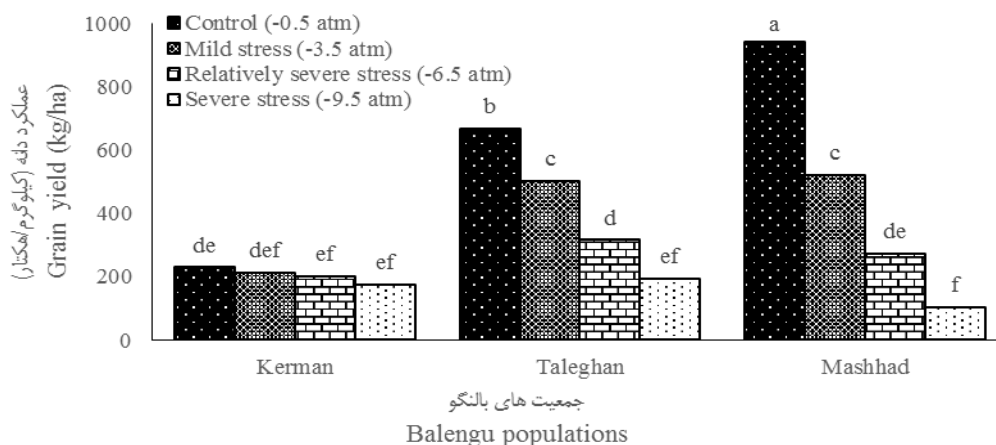
Figure 5- Interaction effect of drought × population on 1000- seed weight of Balangu (MSRT, $p \leq 0.05$)

(۲۸). در تحقیق مشابهی، احمدی و امیدی (۳) کاهش عملکرد دانه و عملکرد پیکر رویشی بالنگو شیرازی را در اثر تنش آبی به کاهش تاج پوشش و فتوسنتز نسبت دادند. نورزاد و همکاران (۳۱) گزارش دادند که تنش خشکی به‌طور مؤثری سبب کاهش عملکرد دانه گیاه دارویی گشنیز در تنش شدید در مقایسه با عدم تنش خشکی شد. در شنبليله نیز عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه) در اثر تنش خشکی کاهش یافت (۱۲). در اسفرزه، بومادران، مریم گلی و بابونه نیز تشدید تنش خشکی از وزن

در بین جمعیت‌های بالنگو بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه در تنش شدید به ترتیب مربوط به جمعیت‌های طالقان و مشهد با میانگین‌های ۱۹۴/۴۳ و ۱۰۱/۵۷ کیلوگرم در هکتار بود. جمعیت مشهد بیشترین کاهش عملکرد را نسبت به سطح شاهد ۹۴۰/۷۸ کیلوگرم در هکتار داشت (شکل ۶). طی بررسی اثر دور آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی شاهدانه به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود

کاهش عملکرد دانه در اثر افزایش تنش خشکی با نتایج تحقیق مطابقت دارد.

اندام هوایی و عملکرد دانه کاسته شد (۲۵). کمبود آب سبب کاهش عملکرد دانه، اندام رویشی و همچنین کاهش رشد زیره سبز شد (۴).

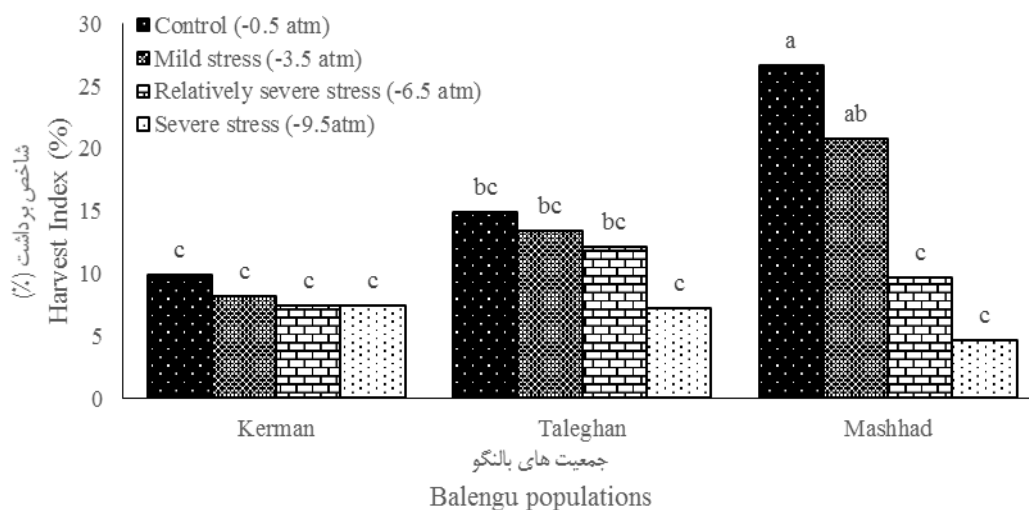


شکل ۶- اثر متقابل خشکی × جمعیت بر عملکرد دانه بالنگو شیرازی
Figure 6- Interaction effect of drought × populations on grain yield per plant of Balangu (MSRT, $p \leq 0.05$)

می‌رسد کاهش تعداد چرخه گل در بوته و تعداد فندقه در هر چرخه گل که سهم مهمی در تولید عملکرد دانه بالنگو دارند از دلایل مهم کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش محسوب شوند. احمدی و امید (۲) نیز کاهش شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را در گیاه دارویی بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana* Benth.) را با افزایش تنش خشکی گزارش دادند. طی بررسی اثر تنش خشکی و تاریخ کشت بر گیاه دارویی بالنگو شیرازی، تنش خشکی موجب کاهش صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت شد (۳۳).

شاخص برداشت

شاخص برداشت بیانگر چگونگی تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام اقتصادی گیاه (دانه)، نسبت به کل مواد تولیدی ذخیره شده در گیاه است. شاخص برداشت از بدست آمدن عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بدست آمد. تیمارهای به کار رفته در این آزمایش تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشتند ($p \leq 0.05$) (جدول ۳). با توجه به شکل ۷، جمعیت مشهد بیشترین و کم‌ترین شاخص برداشت را به ترتیب با ۲۷/۷ کیلوگرم در هکتار در عدم تنش ۰/۵- اتمسفر و با ۴/۶ کیلوگرم در هکتار در تنش شدید ۹- اتمسفر داشت. به‌نظر



شکل ۷- اثر متقابل خشکی × جمعیت بر شاخص برداشت بالنگو شیرازی
Figure 7- Interaction effect of drought × populations on harvest index of Balangu (MSRT, $p \leq 0.05$)

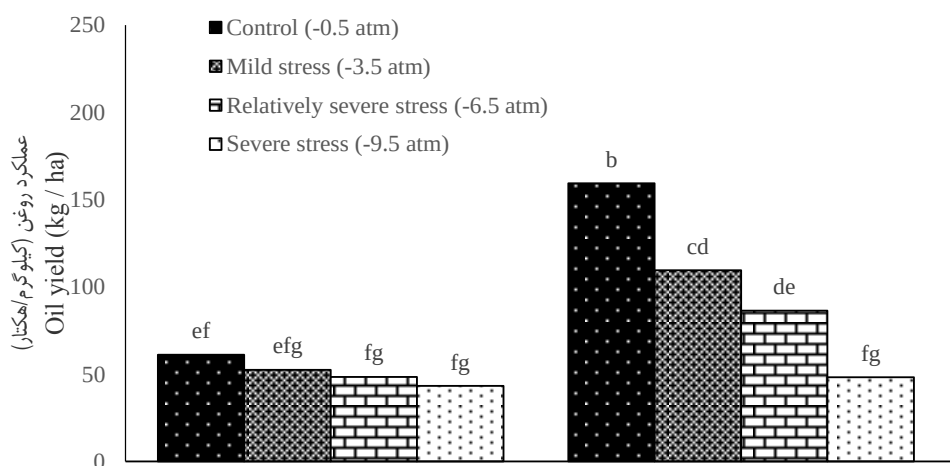
محتوای آب نسبی

براساس جدول تجزیه واریانس اثر خشکی و جمعیت بر محتوای آب نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش خشکی میزان محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. به طوری که در تنش شدید میانگین ۲۶/۰۵ درصد و عدم در تنش میانگین ۶۵/۸۵ درصد بدست آمد. در بین جمعیت‌های بالنگو نیز جمعیت طالقان ۴۶/۱۲ درصد بیشترین و جمعیت مشهد با ۳۶/۸۸ درصد کمترین میزان محتوای آب نسبی را داشت (جدول ۳). کاهش محتوای آب نسبی، نشان‌دهنده از دست رفتن تورژسانس است که منجر به محدود شدن آب قابل دسترس برای فرآیند توسعه سلولی و در نتیجه کاهش رشد و نمو گیاه می‌شود. مشابه این پژوهش کاهش میزان محتوای آب نسبی در اثر تنش خشکی در گیاه آویشن نیز گزارش شده است (۲۷). همچنین نتایج بررسی روند تغییرات محتوای آب نسبی در گیاه دارویی کدوی تخم کاغذی نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی میزان آن با کاهش مواجه شد (۴۶) که با یافته های این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد روغن

صفت عملکرد روغن تحت تأثیر خشکی، جمعیت و اثر متقابل خشکی در جمعیت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲).

با افزایش خشکی عملکرد روغن دانه به شدت کاهش یافت و سیر نزولی پیدا کرد. کمترین عملکرد روغن دانه را تنش نسبتاً شدید ۹- اتمسفر دارد. جمعیت مشهد عملکرد روغن دانه خود را در سطح شاهد با ۲۲۷/۴ کیلوگرم بر هکتار افزایش داد و کمترین آن را در سطح تنش نسبتاً شدید با ۲۱/۶۵ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داده است. این تغییرات کاهشی عملکرد روغن در جمعیت‌های طالقان و کرمان کمتر مشاهده شد و در جمعیت کرمان کمترین کاهش را در تنش شدید نسبت به عدم تنش نشان داد. جمعیت‌ها در پاسخ به تنش‌ها رفتارهای متفاوتی نشان می‌دهند که تحت تأثیر اثرات ژنتیکی گیاه می‌باشد (شکل ۸). احمدی و امیدی (۲) گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد روغن جمعیت‌های گیاه دارویی بالنگو گردید. طبق یافته‌های پژوهش راستی و همکاران (۳۳) تنش خشکی باعث کاهش عملکرد روغن دانه گیاه بالنگو شیرازی تحت تنش خشکی شد که با نتایج تحقیق هم‌خوانی دارد. در بررسی زارعی و همکاران (۴۴) بر گیاه کلزا، تنش خشکی کاهش چشمگیری بر درصد روغن دانه نداشت و عملکرد روغن دانه تحت تأثیر کمبود رطوبت خاک قرار گرفته است. به نظر می‌رسد که دلیل این امر ناشی از کنترل بیشتر درصد روغن دانه توسط عوامل ژنتیکی و تأثیرپذیری بالای عملکرد روغن از تغییرات عملکرد دانه نسبت به درصد روغن بوده است.



شکل ۸- اثر متقابل خشکی × جمعیت بر عملکرد روغن بالنگو شیرازی
Figure 8- Interaction effect of drought × population on oil yield of Balangu (MSRT, $p \leq 0.05$)

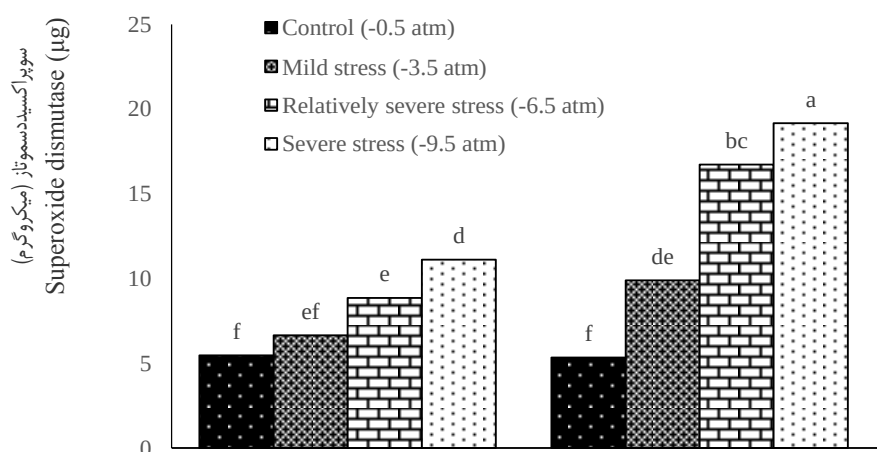
محتوای آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

تیمارهای خشکی، جمعیت و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز بافت برگ تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند (جدول ۲). با افزایش خشکی میزان آنزیم بافت تازه برگ دو برابر شد. بنابر نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل بیش‌ترین میزان

محتوای آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مربوط به جمعیت طالقان در سطح تنش ۹/۵- اتمسفر با (۱۹/۱۶ میکروگرم) و جمعیت‌های طالقان و کرمان در سطح تنش ۰/۵- اتمسفر با میانگین ۵/۴۸ میکرو گرم با کمترین میزان این آنزیم روبرو شدند (شکل ۹). در این آزمایش محتوای آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در اثر تنش خشکی افزایش یافت

(۴۵). افزایش فعالیت آنزیم‌ها در شرایط تنش ممکن است به‌عنوان شروع فرآیندهای سازشی سلول‌ها در برابر تنش‌ها قلمداد کرد (۲۲). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های گیاه در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال در گیاه یونجه محتوای آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در پاسخ به تنش خشکی افزایش یافت (۴۵). افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تحت تنش خشکی در گیاه پریوش نیز گزارش شده است (۱).

و این افزایش محتوای آنزیم را در هر سه جمعیت تحت تنش می‌توان مشاهده کرد. جمعیت طالقان محتوای آنزیم بیشتری در تنش شدید نسبت به دیگر سطوح تیماری داشت. آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز اولین خط دفاعی را بر علیه رادیکال‌های فعال اکسیژن در سلول تشکیل می‌دهند (۶) و احیای رادیکال‌های سوپر اکسید را به پراکسید هیدروژن و اکسیژن مولکولی کاتالیز می‌کنند. پراکسید هیدروژن حاصل در مرحله بعدی بوسیله آنزیم‌های پراکسید پاکسازی می‌شود



شکل ۹- اثر متقابل خشکی × جمعیت بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در بالنگو شیرازی

Figure 9- Interaction effect of drought × population on superoxide dismutase enzyme activity in Balangu (MSRT, $p \leq 0.05$)

جدول ۵- تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه بالنگو شیرازی به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل

Table 5- Stepwise regression analysis for Balangu grain yield as a dependent variable and other traits as an independent variable

صفت اضافه‌شده به فرمول Adjective added to the formula	مراحل رگرسیون گام به گام Steps of Stepwise		
	1	2	3
عدد ثابت Intercept	-601.17	-576.67	-325.59
وزن هزار دانه 1000-seed weight	798.89	714.19	681.53
تعداد دانه در هر فندقه Number of seed per nut	-	22.45	106.20
تعداد چرخه گل در بوته Number of flower cycle per plant	-	-	-15.93
خطای استاندارد Standard Error	106.88	19.99	4.01
ضریب تبیین جزئی Partial R-Square	0.131	0.050	0.012
ضریب تبیین مدل Model R-Square	0.763	0.814	0.886
F	17.85**	8.46**	3.04*

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **: significant at 5% and 1% of probability level, respectively.

نتایج رگرسیون

برای تعیین سهم هر کدام از صفات در عملکرد دانه جمعیت‌های بالنگوی شیرازی از روش رگرسیون گام به گام استفاده شد. عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. بر اساس نتایج جدول ۵، صفت وزن هزار دانه با ضریب تبیین ۰/۱۳۱ درصد، میزان توجیه تغییرات عملکرد را به ۰/۷۶۳ درصد رسانید. صفت تعداد دانه در فندقه با ضریب تبیین ۰/۵۰ درصد، ضریب تبیین مدل را به ۰/۸۱۴ درصد رسانید. صفت چرخه گل در بوته با ضریب تبیین ۰/۱۲ درصد، ضریب تبیین مدل را به ۰/۸۸۶ درصد رسانید. به طور کلی چنین استنباط می‌شود که در جمعیت‌های بالنگو صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در فندقه و تعداد چرخه گل در هر بوته به طور معنی‌داری، عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

X1: وزن هزار دانه، X2: تعداد دانه در هر فندقه، X3: تعداد چرخه گل در بوته

$$Y = -a + b_1x_1 + b_2x_2 - b_3x_3$$

$$\text{عملکرد دانه} = -325/59 + 681/53 X_1 + 106/20 X_2 - 15/93 X_3$$

$$R^2 = 0/886 \text{ تعدیل شده}$$

۸۸/۶ درصد تغییرات عملکرد دانه به وسیله متغیرهای وزن هزار دانه، تعداد دانه در هر فندقه و تعداد فندقه در هر چرخه گل کنترل می‌شود (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این تحقیق گویای آن است که تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی باعث افزایش طول ریشه و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و همچنین کاهش صفات مورفولوژیک، اجزاء عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوای نسبی آب، عملکرد دانه و روغن بذر جمعیت‌های گیاه دارویی بالنگو شد. در تنش نسبتاً شدید بیش‌ترین عملکرد دانه و روغن بذر مربوط به جمعیت طالقان بود و در تنش ملایم جمعیت مشهد بیش‌ترین عملکرد دانه و روغن را داشت. بنابراین با توجه به تنش اعمال شده معرفی جمعیت‌های با عملکردهای بالا در تنش‌های نسبتاً شدید می‌تواند راندمان مصرف آب و مدیریت آبیاری را در پی داشته باشد. با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و لزوم توجه به کشت این گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک، در شرایط تنش نسبتاً شدید جمعیت طالقان در شرایط اقلیمی مشابه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مسئولین دانشکده علوم کشاورزی، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی علوم پایه و آزمایشگاه زراعت دانشگاه شاهد به دلیل فراهم کردن امکانات این تحقیق قدردانی کنند.

منابع

- 1- Abaspour Esfaden M., Kallaterjari S., and Fatehi F. 2019. The effect of salicylic acid and L-arginine on morpho-physiological properties and leaf nutrients of *Catharanthus roseus* under drought stress. Journal of Horticultural Science 33: 417-432. (In Persian with English abstract)
- 2- Ahmadi K., and Omid H. 2017. Evaluate the effect of drought stress on the quantity and quality of medicinal plant populations Balangu (*Lallemantia royleana* Benth.). Environmental Stresses in Crop Sciences 10: 307-318. (In Persian with English abstract)
- 3- Ahmadi K., and Omid H. 2019. Evaluation of morphological characteristics, yield components and catalase enzymes activity of *Lallemantia royleana* Benth. Under drought stress. Agroecology 11: 757-774. (In Persian with English abstract)
- 4- Ahmadian A., Ghanbari A., and Golvi M. 2009. The interaction effect of water stress and animal manure on yield components, essential oil and chemical composition of *Cuminum cyminum*. Iranian Journal of Field Crop Science 40: 173-180. (In Persian with English abstract)
- 5- Albouchi A., Bejaoui Z., and El Aouni M.H. 2003. Influence of moderate or severe water stress on the growth of *Casuarina glauca* Sieb. Seedlings. Sécheresse 14: 137-142.
- 6- Alscher R.G., Erturk A.N.D., and Heath L.S. 2002. Role of superoxide (SODs) in controlling oxidative stress in plants. Journal Experimental Botany 372: 1331- 1341.
- 7- Arabzadeh N. 2012. Physiologic responses of *Haloxylon aphyllum* to consecutive tensions of dryness and study of their role in improving resistance to dryness of vase twigs. Asian Journal of Plant Sciences 11: 28-35. (In Persian with English abstract)
- 8- Asgari E., and Ehsanzadeh P. 2015. Osmoregulation mediated differential responses of field-grown fennel genotypes to drought. Industrial Crops and Products 76: 494-508. (In Persian with English abstract)
- 9- Ashraf M., and Foolad M.R. 2007. Roles of glycine, betaine and proline in improving plant abiotic stress

- resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59: 206-216.
- 10- Babaee K., Amini Dehghi M., Secondary Teacher A.S.M., and Jabbari R. 2010. Effect of drought stress on morphological traits, proline content and percentage of thymol in Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research* 26: 251-239. (In Persian with English abstract)
- 11- Baher Z.F., Mirza M., Ghorbani M., and Rezaii M.B. 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal* 17: 275-277. (In Persian with English abstract)
- 12- Bazzazi N., Khodambashi M., and Mohammadi S. 2013. The effect of drought stress on morphological characteristics and yield components of medicinal plant fenugreek. *Journal of Crop Production and Processing* 3: 11-23. (In Persian with English abstract)
- 13- Bettaieb I., Zakhama N., Wannes W.A., Kchouk M.E., and Marzouk B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae* 120: 271-275.
- 14- Davoodnia B., Ahmadi J., and Fabriki-Ourang S. 2017. Evaluation of drought and salinity stresses on morphological and biochemical characteristics in four species of Papaver. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants* 18: 24-36. (In Persian with English abstract)
- 15- Dehghani M.S., Naeemi M., Gholamalipour Alamdari E., and Jabbari H. 2019. Effects of chitosan foliar application on quantitative and qualitative characteristics of under water deficit German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) stress conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 35: 121-133. (In Persian with English abstract)
- 16- Emami A., Shams Ardekani M.R., and Mehregan, A. 2004. Illustrated culture of medicinal plants. Research Center for Traditional Medicine and Materia Medica, martyr Beheshti University of Medical Sciences. (In Persian with English abstract)
- 17- Ghaderi A.A., Fakheri B., and Mahdi Nezhad N. 2017. Evaluation of the morphological and physiological traits of thyme (*Thymus vulgaris* L.) under water deficit stress and foliar application of ascorbic acid. *Journal of Agricultural Crops Production* 19: 817-835. (In Persian with English abstract)
- 18- Ghorbanli M., Bakhshi Khaniki G.R., SalimiElizei S., and Hedayati M. 2011. Effect of water deficit and its interaction with ascorbate on proline, soluble sugars, catalase and glutathione peroxidase amounts in *Nigellasativa* L. *Iran Journal Medcinal and Aromatic Plants* 26: 466-476. (In Persian with English abstract)
- 19- Giannopolitis C.N., and Ries S.K. 1977. Superoxide dismutase I. occurrence in higher plants. *Plant Physiology* 59: 309-314.
- 20- Goksoy A.T., Demir A.O., Turan, Z.M., and Daustu N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crop Research* 87: 167-178.
- 21- Hassani A., Omidbaigi R., and Heidari Sharifabad H. 2002. Effect of different soil moisture levels on growth, yield and accumulation of compatible solutes in basil (*Ocimum basilicum*). *Soil and Water Sciences* 17: 210-219. (In Persian with English abstract)
- 22- Hazzoumi Z., Moustakime Y., Elharchli H. and Joutei K.M. 2015. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and water stress on growth, phenolic compounds, glandular hairs, and yield of essential oil in basil (*Ocimum gratissimum* L.). *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 2:1-11.
- 23- Hecl J., and Sustrikova A. 2006. Determination of heavy metals in chamomile flower drug-an assurance of quality control. Program and Abstract book of the 1st International Symposium on Chamomile Research, Development and Production, p: 69.
- 24- Jaleel C.A., Manivannan P., Wahid A., Farooq M., Al-Juburi H.J., Somasundaram R., and Panneerselvam R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology* 11:100-105. (In Persian with English abstract)
- 25- Lebaschy M.H., and Sharifi Ashoorabadi E. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research* 20: 249-261.
- 26- Levitt J. 1980. Response of plants to environmental stresses: water, radiation, salt and other stresses. Collegiate Press, New Yourk. pp: 187-211.
- 27- Mardanlo E., Dehdari M., and Mirshekari A. 2018. Evaluation of drought tolerance in some black cumin (*Nigella sativa* L.) landraces. *Journalof Plant Production* 24: 103-117. (In Persian with English abstract)
- 28- Motamedi Sharak H., Hemmati Kh., and Khorasaninezhad S. 2019. Effect of foliar application of abscisic acid on morpho-physiological and biochemical traits of *Cannabis sativa* L. under soil moisture conditions. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants* 25: 12-24. (In Persian with English abstract)
- 29- Naghibi F., Mosaddegh M., Mohammadi Motamed S., and Ghorbani A. 2005. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 2: 63–79. (In Persian with English abstract)
- 30- Nickolee Z., Kjelgren R., Cerny-Koenig R., Kopp K., and Koenig R. 2006. Drought responses of six ornamental herbaceous perennials. *Scientia Horticulture* 109: 267-274.
- 31- Norzad S., Ahmadian A., Moghaddam M., and Daneshfar E. 2014. Effect of drought stress on yield, yield

- components and essential oil in coriander treated with organic and inorganic fertilizers. *Journal of Crops Improvement* 16: 289-302. (In Persian with English abstract)
- 32- Ogbonnaya C.L., Nwalozie M.C., Roy-Macauley H., and Annerose D.J.M. 1998. Growth and water relations of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under water deficit on a sandy soil. *Industrial Crops and Products* 8: 65-76.
- 33- Rasti S., Omid H., and Fotokian M.H. 2012. The effect of planting date and drought on quality and quantity characteristics Balangu Shirazi (*Lallemantia royleana* (wall) Benth.). Master Thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahed University. (In Persian with English abstract)
- 34- Razavi S.M.A., and Karazhiyan H. 2009. Flow properties and thixotropy of selected hydrocolloids; Experimental and modeling studies. *Food Hydrocolloids* 23: 908-912. (In Persian with English abstract)
- 35- RezaeiChiyaneh E., and Pirzad A. 2014. Effect of salicylic acid on yield, component yield and essential oil of Black cumin (*Nigella sativa* L.) under water deficit stress. *Iran Journal Agriculture Research* 12: 427-437. (In Persian with English abstract)
- 36- Selmar D., and Kleinwachter M. 2013. Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. *Industrial Crops and Products* 42: 558-566.
- 37- Silva E.N., Ribeiro R.V., Ferreira-Silva S.L., Viegas R.A., and Silveira J.A.G. 2010. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. *Journal of Arid Environments* 74: 1130-1137.
- 38- Sodaii zadeh H., Shamsaie M., Tajamoliyan M., Mirmohammady maibody A.M., and Hakim zadeh M.A. 2016. The effects of water stress on some morphological and physiological characteristics of *Satureja hortensis*. *Journal Plant Production Function* 5: 1-12. (In Persian with English abstract)
- 39- Soltanian B., Rezvani Moghaddam P., and Asili J. 2020. Effects of water deficit stress and fertilizer sources on morphological characteristics and phenolic compounds in medicinal plant purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 36:130-141. (In Persian with English abstract)
- 40- Soxhlet F. 2003. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Polytechnisches Journal*. (Dinglers) 1879. 232,461.
- 41- Taghizadeh Tabari Z., Asghari H.R., Abbasdokht H., and Babakhanzadeh sajirani E. 2020. Effects of biochar and salicylic acid on physiological and morphological characteristics of European borage (*Borago officinalis* L.) under water deficit conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 31: 98-111. (In Persian with English abstract)
- 42- Talebi S.M. 2006. Investigation of morphology, anatomy and chemotaxonomy of genus (Lamiaceae) in Iran, M.Sc. in Plant Biosystematics, Shahid Beheshti University. (In Persian with English abstract)
- 43- Tatrai Z.A., Sanoubar R., Pluhar Z., Mancarella S., Orsini F., and Gianquinto G. 2016. Morphological and physiological plant responses to drought stress in *Thymus citriodorus*. *International Journal of Agronomy* 20: 1-8. (In Persian with English abstract)
- 44- Zarei G., Shamsi H., and Dehghani S.M. 2010. The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Journal of Research in Agricultural Science* 6: 29-37. (In Persian with English abstract)
- 45- Zeid I.M., and Shedeed Z.A. 2006. Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. *Biology Plantarum* 50: 635-640.
- 46- Zeynali M., Maleki Zanjani B., Moradi P., and Farid Shekari1 F. 2019. Effects of drought stress on some physiological traits, yield and yield component in four varieties of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 32: 439-452. (In Persian with English abstract)



Evaluation of the Effect of Drought Stress on Morphophysiological Characteristics of Three Populations of Balangu (*Lallemantia royleana* Benth.)

H. Omidi^{1*}-F. Pirjalili²- Kh. Ahmadi³

Received: 10-11-2019

Accepted: 14-10-2020

Introduction: Water deficit is one of the major abiotic stresses, which adversely affects crop growth and yield. Plants use two different strategies, including drought avoidance and drought tolerance to grow under drought stress. Drought avoidance species are able to have a normal growth, which is due to: 1) efficient and fast metabolism, 2) high uptake of water and nutrients, and 3) little production of secondary metabolites under deficient water conditions. While drought tolerance species maintain their regular growth, under drought stress, by: 1) adjustment of osmotic potential, 2) changes in cell wall properties, and 3) production of antioxidants and secondary metabolites, these species under prolong drought, and irrespective of plant type, plant produces higher rate of secondary metabolites, as a non-enzymatic mechanism. Such products are able to maintain plant activities, under oxidative stress, and in the presence of high rate of reactive oxygen species. Medicinal plants, including Balangu (*Lallemantia royleana* Benth.), are cultivated across different parts of the world including Iran for food and biodiesel purposes. Investigating the effects of drought stress on the production of secondary compounds by medicinal plants is an important issue. According to the previous studies drought stress increases the production of secondary compounds affecting the quality of medicinal plants. This must be considered when developing tolerant medicinal plants under stress, especially if the quality of medicinal plants is of higher importance than their quantity. The tolerance of medicinal plants is different under stress. Due to the importance of drought and its effects on the growth and the quality of medicinal plants, in this research the effects of stress intensity and plant species on the growth and physiology (including the medicinal contents) of Balangu plants were investigated. To our knowledge, there are not much data on such effects. The objectives of this study were to investigate the effects of drought stress on: 1) Balangu growth and yield, and 2) Balangu physiology including the activities of morphological traits, yield components and oil yield and the production of antioxidant enzyme affecting plant medicinal content.

Materials and Methods: This study was conducted to investigate grain yield, yield components, and superoxide dismutase enzyme in three populations of Balangu (*Lallemantia royleana* Benth.) under drought stress. This study was conducted as a split plot experiment based on randomized complete block design with three replications at the experimental field of Shahed University during 2013-2014 growing season. The main factor consisted of four levels of drought stress (soil moisture content of -0.5, -3.5, -6.5 and -9 atm) and three Balangu Shirazi populations (Mashhad, Kerman and Taleghan) as sub-factors were considered. The main factor included drought stress levels at four levels (soil moisture content of -0.5, -3.5, -6.5 and -9 atm) and three Balangu Shirazi populations (Mashhad, Kerman and Taleghan) were considered as sub-plots. Measured traits were included root length, plant height, fresh and dry weight per plant, grain yield, grain yield components, mucilage percent and yield. In order to study the morphological traits, seven plants of each plot were selected with consideration of marginal impacts. About four square meters of each plot was harvested at maturity for determination of yield and its components. The analysis of variance was done through SAS 9.12 statistical program and the means were compared by Duncan's multiple range test in 5% level.

Results and Discussion: A set of yield and biochemical properties of three different species of Balangu which were affected by drought levels were determined. According to the analysis of variance the yield and biochemical properties of Balangu were significantly affected by drought, and there were significant differences between three species. The results showed that drought stress had a significant effect on growth components, yield components, grain yield, and oil yield and superoxide dismutase enzyme. With decrease of soil water content, plant height traits (24.73 cm), the number of branches (5.44), fresh (17.36 g) and dry (3.80 g) weight of plant, 1000-grain weight (1.51 g), harvest index (6.41 %), grain yield (157 kg.ha⁻¹) and oil yield (37.77 kg.ha⁻¹) decreased. Root length and superoxide dismutase content increased by 24.02 and 66.63% under severe stress

1, 2 and 3- Associate Professor, Graduate M.Sc. and Ph.D. Student of Crop Physiology, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: omidi@shahed.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.82643

compared to no stress condition, respectively. The highest grain and oil yield was obtained in Mashhad population under drought stress. In relatively severe stress conditions, the grain and oil yield of Taleghan population increased with the mean of 315.75 and 86.5 kg.ha⁻¹, respectively. Under drought stress levels, the lowest reduction was observed in some growth characteristics and grain yield of Kerman population.

Conclusion: Overall, the results of this study demonstrated that drought stress at flowering stage increased root length and superoxide dismutase enzyme of the studied populations. Furthermore morphological traits, grain yield components, harvest index, relative water content, grain yield and seed oil of Balangu populations were decreased. The highest seed and oil yield gained under moderate stress which belongs to Taleghan population and Mashhad population revealed the highest seed and oil yield under mild stress. Therefore, given the high stresses, introducing high-yielding populations under relatively severe stresses can lead to water use efficiency and irrigation management. Finally, the production of Taleghan population under relatively severe conditions such as arid and semi-arid cropping systems is recommended.

Keywords: Antioxidant, Dehydration, Grain yield, Medicinal plant, Oil yield



مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر اسید اسکوربیک بر رشد رویشی نهال‌های زیتون رقم 'باغملک' در شرایط کم آبی

نوراله معلمی^{۱*} - اسماعیل خالقی^۲ - زینب جعفری زاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۷

چکیده

تنش کم آبی به خصوص برای درختان جوان محدودیت‌هایی را ایجاد می‌کند که می‌تواند بر روند رشد رویشی گیاه تأثیرگذار باشد. اسید اسکوربیک یکی از ترکیباتی است که تا حدودی مقاومت گیاهان به تنش را بالا می‌برد. لذا پژوهشی با هدف بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسید اسکوربیک (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بر نهال‌های زیتون رقم 'باغملک' در شرایط کم آبی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گردید. در این آزمایش تیمارهای آبیاری شامل (۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد آب قابل استفاده) بود. نتایج اثر برهمکنش آبیاری و اسید اسکوربیک نشان داد که در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید اسکوربیک و تیمار ۳۳ درصد آب قابل استفاده نسبت به شاهد وزن تر ریشه از ۳۶/۱۱ به ۵۷/۷۹ گرم، وزن خشک ریشه از ۱۸/۱۶ به ۲۷/۲۹ گرم، طول ساقه از ۶۲/۳۳ به ۶۸ سانتی‌متر و سطح برگ از ۵۹۵۸ به ۷۱۲۳ سانتی‌متر مربع افزایش یافت. همچنین در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید اسکوربیک و ۶۶ درصد آب قابل استفاده در مقایسه با شاهد وزن تر ریشه از ۳۷/۶۶ به ۵۱/۴۹ گرم، وزن خشک ریشه از ۲۱/۷۴ به ۲۲/۶۵ گرم، وزن تر ساقه از ۲۷/۴۷ به ۳۷/۰۴ گرم، وزن خشک ساقه از ۲۳/۶۱ به ۲۵/۷۸ گرم، طول ساقه از ۶۱ به ۶۷ سانتی‌متر و سطح برگ از ۶۷۲۲ به ۷۵۴۹ سانتی‌متر مربع افزایش یافت. اثر متقابل اسید اسکوربیک و تیمار کم آبی نشان داد که غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید اسکوربیک باعث افزایش محتوی نسبی آب در هر سه تیمار آبی به ترتیب ۵۹، ۵۰ و ۵۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (حدود ۴۰ درصد) گردید. همچنین پتانسیل آب ساقه در تیمار آبی ۳۳ درصد تا حدود ۴/۳- مگاپاسکال کاهش یافت درحالی‌که استفاده از غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید اسکوربیک باعث گردید تا پتانسیل آب ساقه تا حدود ۳/۹- افزایش یابد. به طور کلی نتایج نشان داد که تیمار اسید اسکوربیک در نهال‌های زیتون باعث کاهش اثر منفی تنش کم آبی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل آب ساقه، خصوصیات رویشی، محتوی نسبی آب

مقدمه

(۲۲). تنش کم آبی به شرایطی اطلاق می‌شود که آب قابل دسترس گیاه کمتر از حد مورد نیاز برای حداکثر رشد باشد (۱۶). همچنین تنش کم آبی نه تنها گیاه را در سطح سلول، بافت و اندام تحت تأثیر قرار می‌دهد (۷)، بلکه تحقیقات انجام شده روی نهال‌های جوان زیتون نشان می‌دهد که تنش کم آبی رشد رویشی و تجمع ماده خشک را نیز کاهش می‌دهد (۳ و ۴). یکی از اثرات کم آبی کاهش محتوی نسبی آب برگ می‌باشد. در این رابطه می‌توان به تحقیقات چارتزولاکیس و همکاران^۴ (۹) بر روی رقم کرونا یکی زیتون اشاره کرد. تحقیقات لالور^۵ (۲۰) نشان داد که با کاهش محتوی نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای برگ کاهش یافت. یکی دیگر از تأثیرات نامطلوب تنش خشکی، کاهش میزان پتانسیل آب گیاه می‌باشد. بررسی‌های انجام شده روی رقم پیکوال زیتون نشان داد که به دنبال تنش کم آبی پتانسیل آب گیاه کاهش یافت (۲۷). در گیاهانی که

توسعه باغ‌های زیتون به منظور تولید بیشتر میوه جهت استحصال روغن یکی از اهداف مهم باغبانی می‌باشد که می‌تواند به تولید داخلی این محصول استراتژیک کمک کند. با عنایت به افزایش توسعه سطح زیر کشت باغ‌های میوه و با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک ایران و کاهش میانگین نزولات جوی بررسی اثرات تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه زیتون، جزء برنامه‌های کاری محققین باغبانی به شمار می‌رود (۲). خشکی یک پدیده هواشناسی است که در طی آن میزان بارندگی از مقدار تبخیر و تعرق بالقوه کمتر می‌باشد که در بخش‌های وسیعی از دنیا در زمان‌های مختلف اتفاق می‌افتد و در نتیجه به تولید موفقیت‌آمیز محصولات آسیب می‌رساند

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد میوه کاری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

(Email: n.moalleemi@scu.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.83327

4- Chartzoulakis et al.

5- Lawlor

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۹۵-۱۳۹۴ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۲۲ متر از سطح دریا انجام شد. در طی آزمایش که از آبان ماه سال ۱۳۹۴ تا خرداد ماه ۱۳۹۵ انجام شد، دمای متوسط روزانه 35 ± 10 و دمای متوسط شبانه 25 ± 5 و رطوبت نسبی 33 ± 5 درصد متغیر بود. نور گلخانه بطور طبیعی تامین می‌شد و تنظیم دمای گلخانه در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد از طریق سیستم خنک کننده پنکه و پوشال^۵ به صورت خودکار صورت گرفت. آزمایش بر روی نهال‌های دو ساله تهیه شده از مرکز تولید نهال امام رضا واقع در شهرستان باغملک، انجام شد. در آبان ماه نهال‌ها به اهواز منتقل و بلافاصله تعویض گلدان‌ها انجام گرفت. نهال‌ها به گلدان‌های پلاستیکی مشکی به ابعاد ۲۲ سانتی‌متر قطر و ۳۵ سانتی‌متر ارتفاع و با ترکیب یک سوم خاک زراعی، یک سوم ماسه و یک سوم کود حیوانی پوسیده منتقل شدند. به منظور استقرار نهال‌ها در شرایط جدید از آبان ماه تا اول بهمن ماه به طور معمول و بسته به نیاز آبی گیاه، آبیاری شدند. از بین نهال‌های موجود تعداد ۷۲ نهال که از نظر اندازه و شکل کاملاً مشابه و سالم بودند انتخاب شدند. از ابتدای بهمن ماه نهال‌های انتخاب شده تحت تیمار سه روش آبیاری ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد آب مورد نیاز و چهار سطح اسید اسکوربیک صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی گرم در لیتر با سه تکرار (در هر تکرار ۲ گلدان به عنوان واحد آزمایشی) قرار گرفتند. محلول‌پاشی با اسید اسکوربیک (تهیه شده از شرکت مرک آلمان) در دو زمان اسفند ۱۳۹۴ و فروردین ۱۳۹۵ بر روی نهال‌ها انجام گرفت. به منظور اعمال تنش کم آبی از روش خالقی و همکاران (۱۹) و با استفاده از شش گلدان به عنوان مرجع و روش وزنی استفاده شد. نحوه محاسبه آب قابل استفاده بدین صورت بود که ۲۴ ساعت بعد از آبیاری کامل گلدان‌های مرجع (زمانی که میزان رطوبت گلدان‌ها به حالت ظرفیت مزرعه رسید)، گلدان‌ها وزن شدند و این وزن به عنوان وزن اولیه در نظر گرفته شد. پس از ده روز مجدداً گلدان‌های مرجع وزن شدند و به عنوان وزن ثانویه در نظر گرفته شد. اختلاف وزن اولیه و ثانویه به عنوان ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز (شاهد) در نظر گرفته شد. سپس گلدان‌ها با توجه به نوع تیمار آبیاری ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد آب قابل استفاده، آبیاری شدند. آبیاری گلدان‌ها هر ده روز یک بار انجام می‌شد.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های رطوبت نسبی برگ، پتانسیل آب ساقه گیاه و مقاومت روزنه‌ها یک هفته قبل از پایان آزمایش و در خرداد ماه از نهال‌ها نمونه‌برداری انجام گرفت. پتانسیل آب ساقه با

تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند با ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد نظیر پراکسید هیدروژن و هیدرواکسیدیل به گیاه صدمه وارد می‌شود (۳۴ و ۳۷). گونه‌های اکسیژن فعال^۱ که در اثر تنش در گیاهان ایجاد می‌شود باعث تخریب پروتئین‌ها (۱۷)، اسیدهای نوکلئیک (۶) و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (۱۰) می‌گردد.

اسید اسکوربیک که یک مولکول کوچک و قابل حل در آب می‌باشد، یکی از مهمترین آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی است (۳۲) که به عنوان سوپراترای اولیه در سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن نظیر پراکسید هیدروژن نقش دارد (۱۱). همچنین اسید اسکوربیک بر روی فرایندهای مختلف گیاهان نظیر تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول‌ها، توسعه دیواره سلولی و رشد گیاهان اثر می‌گذارد (۲۹). استفاده از اسید اسکوربیک به منظور بهبود خصوصیات رویشی و کیفیت میوه در گیاهان مختلف و توسط پژوهشگران متعدد انجام شده است. به عنوان نمونه می‌توان به تحقیقات شالتا و نیومن^۲ (۳۲) در گوجه فرنگی که باعث بهبود خصوصیات رویشی و کیفیت میوه گردید، فاتح و همکاران (۱۴) در فلفل دلمه‌ای که باعث افزایش سطح برگ و کیفیت میوه شد، ال بانا و همکاران^۳ (۱۲) در سیب زمینی که باعث افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و عملکرد شد، واسل و همکاران^۴ (۳۵) در انگور که باعث افزایش سطح برگ، قطر شاخه میوه دهنده و کیفیت میوه گردید و پور قاسمی و همکاران (۳۰) در الترنانتر که افزایش محتوی نسبی آب برگ را باعث گردید، اشاره کرد. در درختان جوان زیتون نیز به منظور بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد در شرایط تنش از اسید اسکوربیک در مقایسه با ترکیباتی نظیر پرولین و جاسمونیک اسید (۱۳) و یا استفاده از اسید اسکوربیک با کود زیستی فسفره (۲۵) استفاده شده است.

تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های صنعتی که موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای شده و بدنال آن گرم شده هوا و افزایش میزان تبخیر و تعرق می‌شود (۲۸)، تنش‌های زیادی را به نهال‌های تازه کشت شده زیتون ایجاد می‌کند که بعضاً باعث خشک شدن نهال‌های تازه کشت شده می‌شود. لذا چنانچه نهال‌های تازه کشت شده را با استفاده از روش‌هایی در مقابل تنش کم آبی مقاوم نمود از تلفات آنها جلوگیری بعمل می‌آید. اسید اسکوربیک یکی از مواد ارزان قیمت می‌باشد که می‌تواند گیاهان جوان را در مقابل تنش کم آبی مقاوم نماید. لذا هدف از این پژوهش بررسی تأثیر اسید اسکوربیک روی نهال‌های زیتون رقم محلی باغملک در شرایط تنش کم آبی می‌باشد.

1- ROS (Reactive Oxygen Species)

2- Shalata, & Neumann

3- EL- Banna et al.

4- Wassel et al.

5- Fan & Pad Cooling System

وزن خشک برگ تحت تأثیر میزان آبیاری قرار نگرفت. بیشترین مقدار وزن تر ساقه، طول ساقه، سطح برگ، وزن تر برگ، وزن خشک ساقه و طول ساقه مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده بود.

مقایسه میانگین‌های اثر اسید اسکوربیک بر خصوصیات رویشی نهال‌های زیتون رقم باغملک نشان داد (جدول ۳) که غلظت ۲۵۰ میلی گرم در لیتر اسید اسکوربیک به طور معنی‌داری باعث افزایش وزن تر ساقه (۲۵/۰۹ گرم)، وزن خشک ساقه (۷/۹۵ گرم)، وزن تر ریشه (۶۲/۴۵ گرم)، وزن خشک ریشه (۲۴/۴۲ گرم)، قطر ساقه (۸/۴ میلی‌متر)، تعداد برگ (۱۵۳/۸)، سطح برگ (۷۴۹۱ سانتی‌متر مربع)، وزن تر برگ (۱۳/۳۱ گرم) و وزن خشک برگ (۷/۹۵ گرم) نسبت به شاهد گردید. افزایش غلظت اسید اسکوربیک به ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر نه تنها باعث افزایش معنی‌دار خصوصیات رویشی نسبت به غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر نشد بلکه در برخی از شاخص‌های رویشی کاهش نشان داده است (جدول ۳).

اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و غلظت‌های متفاوت اسید اسکوربیک بر خصوصیات رویشی نهال‌های زیتون اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). با کاهش میزان آبیاری از ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده به ۶۶ درصد آب قابل استفاده و با استفاده از اسید اسکوربیک ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر، وزن تر ساقه از ۲۷/۴۷ گرم به ۳۷/۰۴ گرم نسبت به عدم استفاده از اسید اسکوربیک افزایش یافت. همچنین وزن خشک ساقه در شرایط کم آبی ۶۶ درصد آب قابل استفاده و بکار بردن ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید اسکوربیک در مقایسه با عدم استفاده از آن از ۲۳/۶۱ گرم به ۲۵/۸۷ گرم افزایش یافت. علاوه بر این در شرایط کم آبی شدید (۳۳ درصد آب قابل استفاده) اسید اسکوربیک تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن تر و خشک ساقه نداشت.

بیشترین وزن تر ریشه مربوط به آبیاری ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده و غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید اسکوربیک با مقدار ۷۸/۰۸ گرم بود و کمترین مقدار وزن تر ریشه در آبیاری ۳۳ درصد آب قابل استفاده با مقدار ۳۶/۱۱ گرم بدست آمد. با کاهش میزان آبیاری و استفاده از اسید اسکوربیک تا حدودی وزن تر و خشک ریشه نسبت به شاهد افزایش یافت. وزن تر و خشک ریشه در شرایط تنش آبی شدید (۳۳ درصد آب قابل استفاده) و با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید اسکوربیک به ترتیب ۵۷/۷۹ گرم و ۲۷/۲۹ گرم بود.

طول و قطر ساقه نیز تحت تأثیر مقدار آبیاری و غلظت اسید اسکوربیک قرار گرفت. بیشترین طول ساقه مربوط به آبیاری ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید اسکوربیک با مقدار ۷۴ سانتی‌متر بود. با کاهش میزان آبیاری به ۶۶ درصد تبخیر و تعرق بیشترین طول ساقه به میزان ۷۳/۶۷ سانتی‌متر و در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید اسکوربیک حاصل شد. علی‌رغم اینکه اسید اسکوربیک ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش طول ساقه در تیمار آبیاری ۳۳ درصد آب قابل استفاده (۶۷/۷۲ سانتی‌متر) شد ولی

دستگاه محفظه فشار (مدل SKPM1400 ساخت کشور انگلستان) و با روش کامرون و همکاران^۱ (۸)، محتوی نسبی آب برگ به روش ریچی و هانسون^۲ (۳۰) و مقاومت روزنه با دستگاه پرومتر (مدل AP4 ساخت کشور انگلستان) و به روش خالقی (۱۸) اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش ارتفاع گیاه با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد. سپس با جدا کردن گلدان‌های پلاستیکی و شستشو دادن خاک اطراف ریشه بخش‌های ریشه، برگ و ساقه نهال‌ها جدا شد و بلافاصله سطح برگ هر نهال با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل Delta T-Devices ساخت کشور انگلستان)، قطر ساقه (در محل اتصال ساقه به ریشه) با کولیس دیجیتالی و وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ بوسیله ترازوی دیجیتالی با دقت دو رقم اعشار اندازه‌گیری شد. برای خشک کردن برگ، ساقه و ریشه از آون و دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت استفاده شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجراء گردید. تیمارها شامل تنش کم آبی در سه سطح ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد آب قابل استفاده و اسید اسکوربیک در چهار سطح صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. به منظور تجزیه تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار MSTATC استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح ۵ و ۱ درصد انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل رسم گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات رویشی

جدول تجزیه واریانس خصوصیات رویشی (جدول ۱) نشان داد که تیمار آبیاری بر وزن تر ساقه، وزن تر ریشه و سطح برگ نهال‌های زیتون در سطح احتمال یک درصد و وزن تر برگ، وزن خشک ساقه و طول ساقه در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشت. تیمار اسید اسکوربیک بر وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، طول ساقه و سطح برگ در سطح احتمال یک درصد موثر بود. اثر متقابل اسید اسکوربیک و آبیاری نیز بر وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه، طول ساقه و وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد برگ در سطح احتمال پنج درصد تأثیر داشت.

جدول مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری بر خصوصیات رویشی (جدول ۲) نشان داد که با کاهش مقدار آب قابل استفاده گیاه از وزن تر ساقه، طول ساقه، سطح برگ، وزن تر برگ، وزن خشک ساقه و طول ساقه کاسته شد. وزن خشک ریشه، قطر ساقه، تعداد برگ و

اختلاف معنی داری با تیمارهای ۶۶ و ۱۰۰ درصد نداشت. عدم استفاده از اسید اسکوربیک و اعمال تنش کم آبی باعث کاهش قطر ساقه گردید به طوری که کمترین قطر ساقه (۶/۴۹ میلی متر) مربوط به آبیاری ۳۳ درصد و عدم استفاده از اسید اسکوربیک بود. استفاده از

اسید اسکوربیک تا غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر با عث بهبود قطر ساقه تا ۸/۴۹ میلی متر در شرایط آبیاری ۳۳ درصد آب قابل استفاده گردید.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آبیاری و اسید اسکوربیک بر خصوصیات رویشی نهال های زیتون رقم 'باغملک'

Table 1- ANOVA for irrigation and ascorbic acid effect on growth characteristics of olive cv. 'Baghmelek'

میانگین مربعات Mean of squares											
منابع تغییرات S. O.V	درجه آزادی df	سطح برگ Leaf area	تعداد برگ Leaf number	قطر ساقه Stem diameter	طول ساقه Stem length	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight
بلوک Block	2	2246.86 ns	44.05 ns	3.30 ns	1.16 ns	31.54 ns	9.76 ns	12.79 ns	34.24*	3.81 ns	921ns
آبیاری Irrigation	2	11968100.77**	249.05ns	2.06 ns	60.667*	524.35**	4.98 ns	232.05**	25.43*	13.53*	1.0 ns
اسید اسکوربیک Ascorbic acid	3	10606875.52**	451.63ns	4.44 ns	346.97**	3330.73**	143.30**	243.01**	98.67**	47.68**	15.42**
آبیاری×اسید اسکوربیک Irrigation ×Ascorbic acid	6	3265253.88ns	1129.27*	9.58*	195.11**	2144.26**	210.71**	555.12**	191.59**	19.99 ns	15.08**
خطا Error	22	9035463.92	1483.37	11.48	175.83	624.21	58.88	192.88	88.91	29.88	12.63
ضریب تغییرات C.V. (%)		9.37	5.44	8.97	4.11	11.6	7.57	8.37	8.94	1.11	1.5

ns, **, و * به ترتیب بدون اختلاف و اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

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

جدول ۲- اثر آبیاری بر خصوصیات رویشی نهال های زیتون رقم 'باغملک'

Table 2- The effect of irrigation on growth characteristics of olive cv. 'Baghmelek'

آبیاری Irrigation	سطح برگ Leaf area (cm ²)	تعداد برگ Leaf number	قطر ساقه Stem diameter (mm)	طول ساقه Stem length (cm)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)
100% ET _{Crop}	7575 ^a	153.6 ^a	8.26 ^a	70.42 ^a	53.49 ^a	21.28 ^a	38.93 ^a	32.27 ^a	12.32 ^a	7.34 ^a
66% ET _{Crop}	6988 ^b	161.7 ^a	8.17 ^a	68.58 ^{ab}	46.19 ^b	21.43 ^a	33.96 ^b	22.86 ^{ab}	11.46 ^{ab}	7.33 ^a
33% ET _{Crop}	6169 ^c	147.3 ^a	7.71 ^a	67.25 ^b	44.78 ^b	22.13 ^a	33.21 ^b	21.33 ^b	10/82 ^b	6.98 ^a

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال یک درصد با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly ($p \leq 0.01$) based on Duncan's multiple range test.

جدول ۳- اثر اسید اسکوربیک بر خصوصیات رویشی نهال‌های زیتون رقم 'باغملک'

Table 3- The effect of ascorbic acid on growth characteristics of olive cv. 'Baghmelek'

اسید اسکوربیک Ascorbic acid (mg l ⁻¹)	سطح برگ Leaf area (cm ²)	تعداد برگ Leaf number	قطر ساقه Stem diameter (mm)	طول ساقه Stem length (cm)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)
0	6589 ^b	153.6 ^a	7.58 ^b	63.56 ^b	39.61 ^c	21.41 ^b	22.72 ^b	5.51 ^a	11.17 ^{bc}	7.51 ^a
250	7491 ^a	153.8 ^a	8.41 ^a	67.69 ^a	62.45 ^a	24.42 ^a	25.09 ^a	7.95 ^a	13.31 ^a	7.95 ^a
500	7375 ^a	151.1 ^{ab}	8.37 ^a	70.00 ^a	39.11 ^c	18.80 ^c	21.27 ^b	7.22 ^a	10.11 ^c	7.22 ^a
750	6188 ^b	145.0 ^b	7.84 ^{ab}	71.78 ^a	51.45 ^b	21.83 ^b	20.87 ^b	6.17 ^b	11.53 ^b	6.17 ^b

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

جدول ۴- اثر متقابل آبیاری × اسید اسکوربیک بر خصوصیات رویشی نهال‌های جوان زیتون رقم 'باغملک'

Table 4- Interaction effect of irrigation × ascorbic acid on growth characteristics of young olive cv. 'Baghmelek'

آبیاری Irrigation	اسید اسکوربیک Ascorbic acid (mg L ⁻¹)	سطح برگ Leaf area (cm ²)	تعداد برگ Leaf number	قطر ساقه Stem diameter (mm)	طول ساقه Stem length (cm)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)
100% ET _{Crop}	0	7087 ^{bcd}	151.7 ^{ab}	8.92 ^a	67.33 ^{bcd}	45.07 ^{cd}	24.32 ^b	35.53 ^b	22.14 ^{bcd}	12.88 ^{ab}	6.83 ^{cd}
	250	7801 ^{ab}	158.7 ^{ab}	8.24 ^{ab}	74.00 ^a	78.08 ^a	23.33 ^{bc}	46.86 ^a	28.43 ^a	13.35 ^{ab}	8.45 ^{ab}
	500	8666 ^a	156.0 ^{ab}	7.92 ^{ab}	70.33 ^{abc}	33.11 ^{ef}	13.95 ^e	43.70 ^a	25.21 ^{ab}	10.50 ^{cde}	7.45 ^{bc}
	750	6745 ^{b-e}	148.0 ^{abc}	7.98 ^{ab}	70.0 ^{abc}	57.70 ^b	23.51 ^{bc}	29.63 ^{cd}	17.30 ^e	12.54 ^{abc}	6.62 ^{cd}
66% ET _{Crop}	0	6722 ^{b-e}	157.3 ^{ab}	7.33 ^{bc}	61.00 ^e	37.66 ^{def}	21.74 ^{bc}	27.47 ^d	23.61 ^{bc}	11.29 ^{b-e}	7.30 ^{bc}
	250	7549 ^{ab}	143.0 ^{bc}	8.96 ^a	67.00 ^{cd}	51.49 ^{bc}	22.65 ^{bc}	37.04 ^b	25.87 ^{ab}	12.61 ^{abc}	9.00 ^a
	500	7422 ^{bc}	154.0 ^{ab}	8.69 ^{ab}	73.67 ^a	53.62 ^{bc}	20.89 ^{cd}	33.90 ^{bc}	19.27 ^{de}	9.84 ^e	7.31 ^{bc}
	750	6255 ^{cde}	152.3 ^{ab}	7.68 ^{abc}	72.67 ^{ab}	42.01 ^{de}	20.44 ^{cd}	37.44 ^b	22.71 ^{bcd}	12.09 ^{a-d}	5.71 ^d
33% ET _{Crop}	0	5958 ^{de}	151.7 ^{ab}	6.49 ^c	62.33 ^{de}	36.11 ^{def}	18.16 ^d	34.81 ^{bc}	22.42 ^{bcd}	9.35 ^e	8.41 ^{ab}
	250	7123 ^{bcd}	159.7 ^a	8.02 ^{ab}	68.0 ^{bc}	57.79 ^b	27.29 ^a	34.42 ^{bc}	20.98 ^{cde}	13.97 ^a	6.41 ^{cd}
	500	6032 ^{de}	143.3 ^{bc}	8.49 ^{ab}	66.0 ^{cde}	30.60 ^f	21.55 ^{bc}	29.49 ^{cd}	19.33 ^{de}	9.99 ^{de}	6.89 ^{cd}
	750	5563 ^e	134.7 ^c	7.85 ^{ab}	72.67 ^{ab}	54.63 ^b	21.53 ^{bc}	34.11 ^{bc}	22.59 ^{bcd}	9.97 ^{de}	6.20 ^{cd}

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

تغرق گردید.

اعمال تنش کم آبی و استفاده از اسید اسکوربیک باعث افزایش وزن تر برگ گردید به طوری که در گیاهان آبیاری شده با ۳۳ درصد تبخیر و تعرق و غلظت ۲۵۰ میلی گرم در لیتر اسید اسکوربیک (۱۳/۹۷ گرم) با گیاهان کامل آبیاری شده (تیمار ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق) اختلاف معنی‌داری نداشت. این مسئله نشان‌دهنده تاثیر مثبت اسید اسکوربیک در گیاهان تحت تنش کم آبی می‌باشد. علی‌رغم اینکه بیشترین وزن خشک برگ (۹ گرم) در شرایط تیمار آبی ۶۶ در

تعداد برگ نهال‌های زیتون رقم باغملک کمتر تحت تاثیر اسید اسکوربیک قرار گرفتند. با اعمال تنش آبیاری تا حد ۳۳ درصد تبخیر و تعرق و استفاده از ۷۵۰ میلی گرم در لیتر اسید اسکوربیک کمترین تعداد برگ به میزان ۱۳۴/۷ برگ حاصل شد. بین سایر تیمارها از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با اعمال تنش آبی سطح برگ نیز کاهش یافت ولی محلول‌پاشی اسید اسکوربیک با غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش سطح برگ (۸۶۶۶ سانتی‌متر مربع) در نهال‌های آبیاری شده با ۱۰۰ درصد تبخیر و

صد تبخیر و تعرق و غلظت ۲۵۰ میلی گرم در لیتر اسید اسکوربیک حاصل شد ولی با شرایط تیمار آبی ۱۰۰ در صد تبخیر و تعرق و بکارگیری اسید اسکوربیک تفاوت معنی داری نداشت.

یکی از وظایف اصلی آب در گیاه، ایجاد آماس سلول و باز شدن روزنه های برگ که نهایتاً منجر به افزایش تبادلات گازی و انجام عمل فتوسنتز در گیاه می شود. بدنال عمل فتوسنتز و تثبیت کربوهیدرات در گیاه شرایط لازم برای رشد فراهم می گردد. اما بدنال اعمال تنش کم آبی در گیاه و تداوم دوره خشکی، رشد شاخه ها و تولید برگ و افزایش سطح برگ کاهش می یابد، ولی ممکن است رشد ریشه ها در این شرایط تحریک شود (۳۶). نتایج تحقیقات احمدی و بیکر (۱) نشان داد که عدم تامین آب کافی مورد نیاز گیاه باعث کاهش فشار آماس سلول های در حال رشد می گردد و این مسئله بر ارتفاع گیاه و توسعه سطح برگ اثر منفی دارد. فرایند تقسیم و طویل شدن سلول نسبت به تنش خشکی بسیار حساس می باشد. چنانچه تنش کم آبی در ابتدای دوره رشد گیاه اتفاق بیفتد، سطح برگ کاهش می یابد و به دنبال آن میزان فتوسنتز و تثبیت کربوهیدرات کم می شود که این مسئله روی الگوی مصرف آب تاثیر گذار است (۲۱). یکی از راهکارهایی که گیاه در مقابل تنش خشکی از خود نشان می دهد کاهش سطح برگ می باشد و این مسئله یک نوع سازگاری برای مقابله با تنش خشکی محسوب می شود (۱۵). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اعمال تنش کم آبی موجب کاهش سطح برگ و بدنال آن کاهش رشد، ارتفاع، وزن تر و خشک برگ گردید (جدول ۲). نتایج مشابهی توسط محققین دیگر (۲، ۳، ۴ و ۱۸) گزارش شده است. تحقیقات حاصل از بررسی اثر تنش کم آبی بر میزان رشد و نمو رقم کالامون زیتون طی پنج سال نشان داد که در درختان تحت شرایط عدم آبیاری در مقایسه با آبیاری نرمال، ارتفاع و حجم تاج درختان به طور معنی داری کاهش یافت (۲۶). همچنین بررسی های انجام شده بر روی پنج رقم زیتون که تحت تنش کم آبی (بدون آبیاری، ۳۳ و ۶۶ درصد تبخیر و تعرق) قرار داشتند، متناسب با شدت تنش کم آبی در مقایسه با شاهد قطر تنه درختان کاهش یافت (۲۴).

یکی از راه های کم کردن اثرات تنش کم آبی و بهبود فرایندهای رشدی گیاه، کاربرد برگی اسید اسکوربیک می باشد. به عنوان مثال کاربرد برگی اسید اسکوربیک در فلفل دلمه ای نه تنها باعث افزایش سطح برگ گردید بلکه کیفیت میوه نیز افزایش یافت (۱۴). استفاده از اسید اسکوربیک در گوجه فرنگی باعث افزایش قابل توجه شاخص های رشدی و عملکرد آن شد (۳۲). کاربرد برگی اسید اسکوربیک در سیب زمینی باعث افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و وزن تر و خشک غده گردید (۱۲). در انگور استفاده از اسید اسکوربیک توام با میکروالمنت ها موجب افزایش سطح برگ و قطر ساقه های میوه دهنده شد (۳۵). نتایج حاصل از این پژوهش در کاربرد برگی اسید اسکوربیک در نهال های زیتون تحت تنش کم آبی نشان داد که استفاده از اسید

اسکوربیک علاوه بر افزایش در تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه افزایش گردید، بلکه موجب بهبودی در محتوی نسبی آب برگ، پتانسیل آب ساقه گیاه و افزایش مقاومت روزنه ای گردید. تحقیقات انجام شده توسط سایر پژوهشگران در مورد زیتون نظیر ال سید و همکاران^۱ (۱۳) و مقصود و همکاران^۲ (۲۵) در شرایط تنش موید نتایج حاصل از این پژوهش می باشد. تحقیقات انجام شده در نحوه اثر اسید اسکوربیک در گیاهان نشان می دهد که اسید اسکوربیک بر فرایندهای مختلف گیاهی نظیر تقسیم سلولی، بزرگ شده سلول ها، توسعه دیواره سلولی و نهایتاً رشد گیاهان اثرگذار می باشد. (۲۹). ضمناً موقعی که گیاهان تحت تنش کم آبی قرار می گیرند، رادیکال های آزاد اکسیژن نظیر پراکسید هیدروژن در گیاه افزایش می یابد و گیاه دچار آسیب های اکسیداتیو می شود. در چنین شرایطی اسید اسکوربیک که یکی از آنتی اکسیدان های گیاهی می باشد، به عنوان سوپراترای اولیه در سم زدایی گونه های فعال اکسیژن نظیر پر اکسید هیدروژن نقش دارد (۱۱).

خصوصیات فیزیولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس برخی خصوصیات فیزیولوژیکی بیانگر آن است که تیمار آبیاری بر محتوی نسبی آب برگ در سطح یک درصد اثر معنی داری داشت. اسید اسکوربیک بر محتوی نسبی آب برگ، مقاومت روزنه و پتانسیل آب ساقه و اثر متقابل تیمار آبیاری و اسید اسکوربیک بر محتوی نسبی آب برگ و پتانسیل آب ساقه گیاه در سطح یک درصد تاثیر معنی داری داشت (جدول ۵).

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف آبیاری و اسید اسکوربیک نشان داد که در هر سه سطح آبیاری بیشترین محتوی نسبی آب برگ متعلق به غلظت ۲۵۰ میلی گرم در لیتر اسید اسکوربیک بود (شکل ۱)، در حالی که کمترین محتوی نسبی آب برگ مربوط به تیمار آبیاری ۳۳ درصد تبخیر و تعرق و غلظت ۷۵۰ میلی گرم در لیتر اسید اسکوربیک بود. با توجه به شکل ۲ مشخص گردید بیشترین مقاومت روزنه مربوط به تیمار شاهد بود ولی بین تیمار شاهد و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر اسید اسکوربیک از نظر مقاومت روزنه برگ اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد دیده نشد. کمترین مقاومت روزنه برگ مربوط به غلظت ۲۵۰ و ۷۵۰ میلی گرم در لیتر اسید اسکوربیک بود که با شاهد در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری داشتند.

1- El Sayed et al.

2- Maksoud

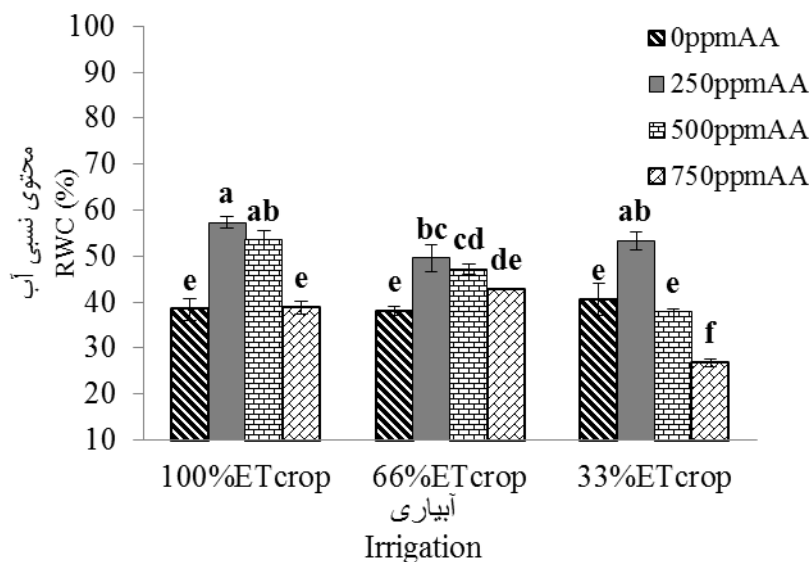
جدول ۵- تجزیه واریانس اثر آبیاری و اسید اسکوربیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نهال‌های زیتون رقم 'باغملک'
Table 5- ANOVA for the effect of irrigation and ascorbic acid on some of physiological characteristics of olive cv. 'Baghmelek'

میانگین مربعات Mean squares				
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب Relative water content	مقاومت روزنه‌ای برگ Leaf stomata resistant	پتانسیل آب ساقه Stem water potential
بلوک Block	2	6.797 ^{ns}	0.343 ^{ns}	0.063 ^{ns}
آبیاری Irrigation	2	168.692 ^{**}	0.176 ^{ns}	0.038 ^{ns}
اسید اسکوربیک Ascorbic acid	3	536.166 ^{**}	2.457 ^{**}	0.167 ^{**}
آبیاری × اسید اسکوربیک Irrigation × Ascorbic acid	6	92.143 ^{**}	0.401 ^{ns}	0.081 ^{**}
خطا Error	22	11.374	0.624	0.037
ضریب تغییرات C.V. (%)		7.72	15.93	1.78

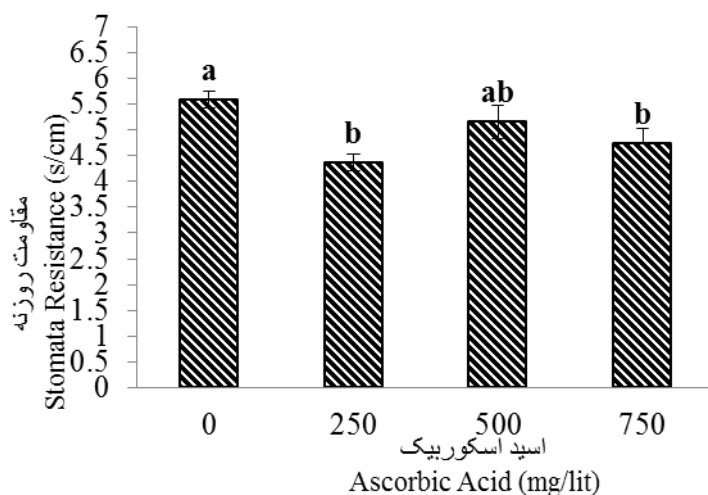
ns, **, * و *: به ترتیب بدون اختلاف و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
ns, **, * and *: non-significant, significant at 1% and 5% of probability levels, respectively.

افزایش پتانسیل آب ساقه گیاه خواهد شد. در تیمارهای ۱۰۰ و ۶۶ درصد تبخیر و تعرق بین غلظت‌های مختلف اسید اسکوربیک و شاهد از نظر پتانسیل آب ساقه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

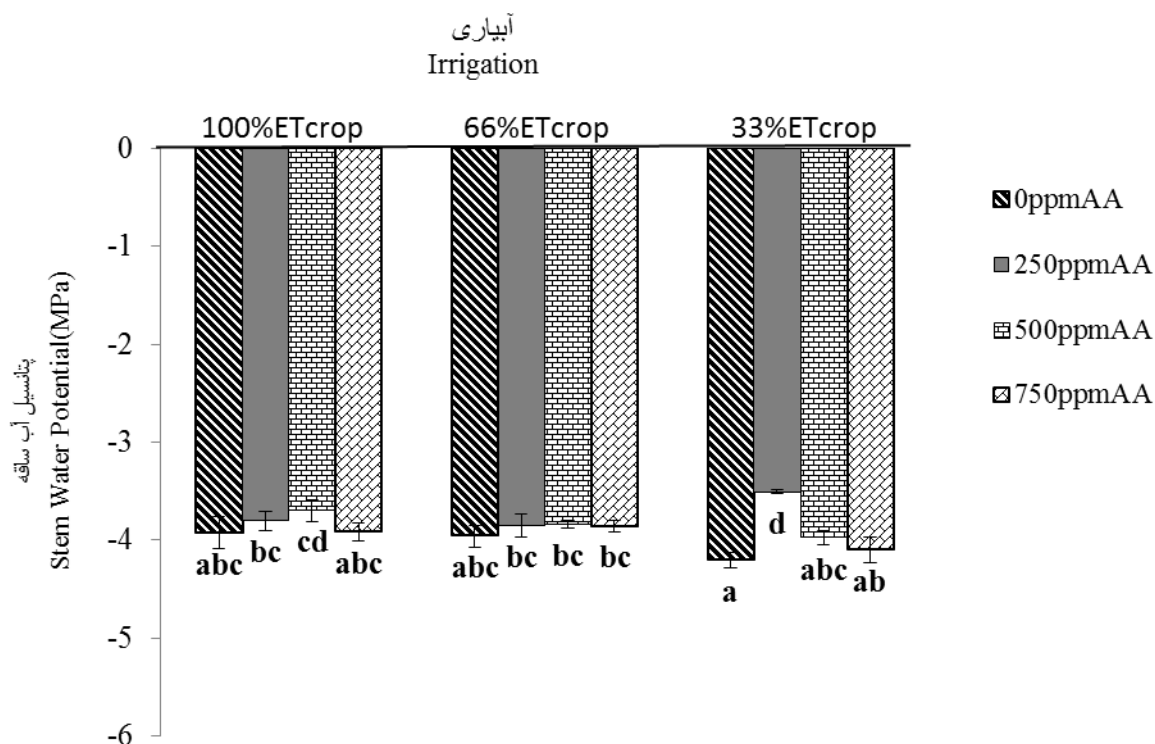
اثر متقابل تیمارهای آبیاری و اسید اسکوربیک بر میزان پتانسیل آب ساقه گیاه (شکل ۳) نشان داد که هر قدر گیاه در شرایط کم‌آبی قرار گیرد اسید اسکوربیک با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث



شکل ۱- اثر متقابل آبیاری × اسید اسکوربیک بر محتوای نسبی آب برگ نهال‌های زیتون رقم 'باغملک'
Figure 1- The interaction effect of irrigation × ascorbic acid on leaf relative water content of olive cv. 'Baghmelek'



شکل ۲- اثر اسید اسکوربیک بر مقاومت روزنه برگ نهالهای زیتون رقم 'باغملک'
Figure 2- The effect of ascorbic acid on stomata resistance of olive cv. 'Baghmelek'



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری و اسید اسکوربیک بر پتانسیل آب ساقه نهالهای زیتون رقم 'باغملک'
Figure 3- The interaction effect of irrigation × ascorbic acid on stem water potential of olive cv. 'Baghmelek'

سلول‌های مریستمی و در نتیجه کند شدن رشد برگ، توقف تولید برگ، تسریع در پیری و ریزش برگ‌ها موثر می‌باشد (۲۳). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش کم‌آبی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ و پتانسیل آب ساقه و افزایش مقاومت روزنه

شاخص‌هایی نظیر محتوای نسبی آب برگ، پتانسیل آب ساقه و مقاومت روزنه‌ای وضعیت آبی گیاه را مشخص می‌کند. با اعمال تنش کم‌آبی این شاخص‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرند. احتمالاً کاهش محتوای نسبی آب در برگ‌ها در اثر تنش کم‌آبی روی تقسیم سلولی

محدودیت برای تبادل گازی موجب کاهش کلیه شاخص‌های رشد گیاه گردید. حال آنکه کاربرد برگ‌ی اسید اسکوربیک با تاثیرگذاری بر فرایندهای مختلفی نظیر تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها، توسعه دیواره سلولی و نهایتاً رشد گیاه، منجر به افزایش شاخص‌های رشدی گردید. همچنین استفاده از اسید اسکوربیک باعث افزایش محتوی نسبی آب برگ و پتانسیل آب ساقه گیاهان تحت تنش کم‌آبی شد. لذا در پایان بر اساس نتایج این پژوهش توصیه می‌شود برای نهال‌های زیتون در شرایط تنش کم‌آبی از کاربرد برگ‌ی اسید اسکوربیک با غلظت ۲۵۰ میلی گرم دلتر و در اسفند و فروردین ماه استفاده گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز بخاطر تامین هزینه انجام این پژوهش در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد و از گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی بخاطر همکاری در انجام آزمایشات، کمال تشکر و قدردانی را بعمل می‌آورند.

ای شده است. کاهش محتوی نسبی آب برگ در واکنش به تنش کم آبی نشانگر این است که تامین آب از ریشه‌ها با میزان خروج آب از برگ‌ها هماهنگ نیست (۲۱).

نتایج این پژوهش نشان داد که کاهش محتوی نسبی آب برگ باعث کاهش فرایندهای رشدی گیاه شده که احتمالاً ناشی از کاهش فشار آماس سلول‌های می‌باشد. با خارج شدن آب از خاک و عدم جایگزین آن، پتانسیل آب ریشه کم می‌شود در نتیجه صعود آب به اندام هوایی با مشکل مواجه می‌شود (۵). همچنین تنش کم آبی موجب بسته شدن روزنه‌های برگ و کاهش تبادلات گازی می‌گردد و بدنبال آن فتوسنتز کاهش می‌یابد که نتیجه آن کاهش فرایندهای رشدی گیاه می‌شود (۲۱). نتایج این پژوهش نشان داد که تنش کم آبی موجب افزایش مقاومت نسبی روزنه‌ها و کاهش فرایندهای رشدی گیاه می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه تنش کم‌آبی با تاثیر منفی آن بر فشار آماس سلول‌ها و افزایش مقاومت روزنه‌های سلول‌های برگ، از طریق

منابع

- Ahmadi A., and Biker A.D. 2000. Stomatal and non stomatal limitation of photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. Iranian Journal of Agriculture Science 31(4): 813-825. (In Persian with English abstract)
- Arji I. 2003. Effects of drought stress on physiological characteristics, morphological and biochemical some of olive varieties. PhD thesis. Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University, 213 p. (In Persian)
- Arzani K., and Argi I. 2000. The effect of water stress and deficit irrigation on young potted olive cv. "Local-Roghani Roodbar". Acta Horticulture 537(2): 879-875.
- Arzani K., and Argi I. 2002. The response of young potted olive plants cv. 'Zard' to water stress and deficit irrigation. Acta Horticulture 586: 419-422.
- Barzegar A., and Moallemi N. 2014. Soil-Water and Plant Relationship. Shahid Chamran university of Ahvaz press. 233 p.
- Basaga H.S. 1989. Biochemical aspects of free radicals. Journal of Biochemistry & Cell Biology 68: 989-998.
- Beck E.H., Fettig S., Knake C., Hartig K., and Bhattarai T. 2007. Specific and nonspecific responses of plants to cold and drought stress. Journal of Biosciences 32: 501-510.
- Cameron R.W.F, Harrison-Murray R.S., and Seott M.A. 1999. The use of controlled water stress to manipulate growth of container- grown Rhododendron cv. Happy. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 47: 161-169.
- Chartzoulakis K., Bosabalidis A.M., Patakas A., and Vemmos S. 2000. Effect of water stress on water relation gas exchange and leaf structure of olive tree. Acta Horticulture 537: 241-247
- Chen W.P., Li P.H., and Chen T.H.H. 2000. Glycin Betaine increases chilling tolerance controlled water stress to manipulate growth of container-grown Rhododendron cv. Happy. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 47: 161-169.
- Conklin P.L., and Barth C. 2004. Ascorbic acid, a familiar small molecule intertwined in the response of plants to ozon, pathogens, and the onset of senescence. Plant and Cell and Environment 27: 959-971.
- EL- Banna E.N., Ashour S.A., and Abd Al Salam H.Z. 2006. Effect of foliar application with organic compounds on growth yield and tubers quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Agricultural Science, Monsoura University 31(2): 1165-1173.
- El Sayed M.A., El-Gammal O.H.M., Salama A.S.M. 2014. Effect of ascorbic acid, proline and jasmonic acid foliar spraying on fruit set and yield of Manzanillo olive trees under salt stress. Scientia Horticulture 176: 32-37.
- Fateh M., Barzegar T., and Razavi F. 2019. The effect of foliar application of ascorbic acid and calcium lactate of

- growth, yield and fruit quality of sweet pepper. Journal of Horticultural Science 33(1): 79-87. (In Persian with English abstract)
- 15- Hossain A.B.S., Sears R.G., Cox T.S., and Paulses G.M. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Science 30(3): 622-627.
- 16- Hubick K.T., Drakeford D.R., and Reid D.M. 1986. The effect of drought on levels of ABA, cytokinine, giberline and ethylene in aeroponically grown sunflower plants. Journal of Plant Growth Regulation 4: 139-151.
- 17- Jiang M., and Zhang J. 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant Cell Physiology 42 (11): 1265-1273.
- 18- Khaleghi E. 2012. Response of yang olive plants cv. Dezful to kaolin and water stress and mature olive trees cv. Zard to kaolin nuder specific environmental conditions of Fesa city. PhD thesis. Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University, Iran. (In Persian)
- 19- Khaleghi E., Arzani K., Moallemi N., and Barzegar M. 2014. Studying the effect of kaolin on fluorescence and chlorophyll content in leaves of olive plants (*Olea europaea* L. cv. Dezful) under water deficit stress. Plant Production 37(2): 127-139. (In Persian with English abstract)
- 20- Lawlor D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in Water stressed leaves Stomata metabolism and the role of ATP. Annals of Botany 89(7): 871-885.
- 21- Lawlor D.W., and Cornic G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment 25(2): 275-294.
- 22- Levitt J. 1980. Responses of plants to environment stresses. Water, Radiation, salt and other stresses. Academic Press. New York. 2. 607 PP.
- 23- Lobato A.K.S., Oliveira Neto C.F., Santos Filho B.G., Costa R.C.L., Cruz F.J.R., Neves H.K.B., and Lopes M.J.S. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max*) plants under water deficit. Australian Journal Crop Science 2(1): 25-32.
- 24- Magliulo V., d'Andria R., Morelli G., and Fragnito F. 1999. Growth traits of five young olive cultivars, grown under different irrigation regimes. Acta Horticulture 474: 395-398.
- 25- Maksoud M.A., Saleh M.A., El-Shamma M.S., and Fouad A.A. 2009. The beneficial effect of biofertilizers and antioxidants on olive trees under calcareous soil conditions. World Journal of Agricultural Sciences 5(3): 350-352.
- 26- Michelakis N. 1995. Effect of water availability on the growth and yield of olive trees. Olivia 56: 29-39.
- 27- Moriana A. Orgaz F. Pastor M. and Fereres E. 2003. Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. Journal of the American Society for Horticultural Science 128: 425-431.
- 28- Mossavi S.M., Falahatkar S., and Farajzadeh M. 2018. Concentration in Changes of CO₂ and CH₄ Greenhouse Gases Relation to Environmental Variable in Iran. Iranian Journal of Applied Ecology 6(4): 65-79. (In Persian with English abstract)
- 29- Pignocchi C., and Foyer C.H. 2003. Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signaling. Current Opinion in Plant Biology 6: 379-387.
- 30- Porghasemi D., Rezaeinejad A., and Chehrizi M. 2015. Effect of salinity stress on some quantitative and qualitative characteristics of *Alternanthera repens* genotypes: "Entine leaf "and "Undulate leaf. Plant Production 38(2): 65-76. (In Persian with English abstract)
- 31- Ritchie S.W., and Hanson A.D. 1990. Leaf water content and gas exchanges of wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
- 32- Shalata A., and Neumann P.M. 2001. Exogenous ascorbic acid (Vitamin C) increase resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. Journal of Experimental Botany 52: 2207-2228.
- 33- Shigeoka S., Ishikawa T., Tami M., and Miyagawa Y. 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. Journal of Experimental Botany 53(372): 1305-1319.
- 34- Smirnoff N. 1998. Plant resistance to environmental stress. Current Opinion in Biotechnology 9: 214-219.
- 35- Wassel A.H., EL-Hameed M.A., Gobara A., and Attia M. 2007. Effect of micronutrients, gibberellic acid and ascorbic acid on growth, yield and quality of white Banaty seedless grapevines. African Crop Science Conference Proceeding 8: 547-553.
- 36- Yin C., Peng Y., Zang R., Zhu Y., and Li C. 2005. Adaptive responses of populus kangdigensis to drought stress. Physiologia Plantarum 123(4): 445-451.
- 37- Zhu J.K. 2000. Genetic analysis of plant salt tolerance using Arabidopsis. Plant Physiology 124: 941-948.



The Effect of Ascorbic Acid on Vegetative Growth of Olive Plants cv. 'Baghmalek' under Water Deficit Conditions

N. Moallemi^{1*} – E. Khaleghi²– Z. Jafari zadeh³

Received: 10-11-2019

Accepted: 18-10-2020

Introduction: Plant establishment is difficult in some arid and semi-arid regions of Iran because of lacking rainfall and inadequate distribution and extreme heat. Previous studies stated that plant water parameters and growth characteristics such as plant height, fresh and dry weight of root, stem and leaf, which is known as the first reaction of plants, were decreased under drought stress. Therefore it is necessary to use practices with objectives to decrease the effects of drought stress on plants and increasing water use efficiency. Several studies showed that various morphological and physiological characteristics in plants were influenced by ascorbic acid. In fact, ascorbic acid increased plant resistance to drought stress. The purpose of this research was to investigate the effect of ascorbic acid application on growth traits of 'Baghmalek' olive under 100%, 66% and 33% ET_{crop} by analyzing growth traits and relative water content, stem water potential and stomata resistance.

Material and Methods: This research was carried out in order to assess the effects of three levels of water deficit (100, 66 and 33 percent of evapotranspiration (ET_{crop})) and four concentrations of ascorbic acid (0, 250, 500 and 750 mg l⁻¹) on some growth and physiological parameters of young olive plants cv. 'Baghmalek' as a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications. Fresh and dry root, stem and leaf weight, leaf number, leaf area, stem diameter, relative water content, stem water potential and stomata resistance were measured in this research. Two years old olive trees (*Olea europaea* cv. 'Baghmalek') were used. Seventy two plants were grown in 10 L pots, containing a mixture of field soil: sand: manure (1:1:1). Plants were sprayed with four concentrations of ascorbic acid and irrigated every 10 days, based on the amount of evapotranspiration of plant (ET_{crop}). Parameters such as relative water content, stem water potential and stomata resistance were measured at last week of the experiment and the other parameters were measured every week. Data analysis were performed using MSTATC software and means comparison were carried out by Duncan's multiple range test (DMRT) at 5% and 1% of probability levels.

Results and Discussion: The results indicated the growth quality was better in plants treated with 250 mg l⁻¹ ascorbic acid under water stress. Fresh and dry weight of root, stem and leaf growth, stem diameter, leaf number, leaf area were higher in plants treated with 250 mg l⁻¹ ascorbic acid than untreated plants. Interaction between water deficit stress × ascorbic acid revealed information in plant characters such as fresh and dry weight, stem diameter and leaf area simply declined as sources of water (from 100 to 66 and 33 percent) become limited, in particular in the trees which not receiving ascorbic acid treatments. However, application of 250 and 500 mg l⁻¹ ascorbic acid enhanced the amount of relative content of leaf and water potential of stem in trees under water deficit stress. While stomata resistance was decreased in trees receiving ascorbic acid treatments. Some researcher declared that limitation of photosynthesis could be one of the most important factors for decreasing growth under water deficit stress. In addition, relative water content, cell turgor potential, reduced cell division, cell enlargement and growth plant could be affected by water deficit stress. Also the results indicated that leaf area (5952 cm), leaf number (151.7), stem diameter (6.49 mm), stem length (63.33 cm), root dry weight (18.16 g) and leaf fresh weight (9.35 g) were obtained in irrigated plants with 33% ET_{crop} and untreated with ascorbic acid. Our results showed leaf number (158.7), stem length (74 cm), root fresh weight (78.08 g), stem fresh and dry weight (46.45 and 28.43 g, respectively) and leaf fresh and dry weight (13.35 and 8.45 g, respectively) were highest in irrigated plants with 100% ET_{crop} and treated with 250 mg l⁻¹ ascorbic acid.

Conclusion: Water deficit stress could affect directly on relative water content, cell turgor potential and reduce cell division, cell enlargement, plants photosynthesis and plant growth. The use of ascorbic acid could effect on plants resistance to drought. In addition, various morphological and physiological traits could be influence by ascorbic acid. The results of this research indicated that 250 mg l⁻¹ ascorbic acid concentration had

1, 2 and 3- Professor, Associate Professor and Graduate Student in Pomology, Department of Horticultural Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.83327

more effects on water deficit and it seems ascorbic acid can be used to reducing the negative effects of drought in some regions that rainfall shortage and drought is important problems.

Keywords: Growth traits, Relative water content, Stem water potential



مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر کاربرد کود زیستی حل کننده پتاسیم در مقایسه با سولفات پتاسیم بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی تربچه قرمز (*Raphanus sativus* L.) تحت تنش خشکی

آیسان صمدی^۱ - اکبر حسینی^{۲*} - مجید غلامحسینی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۵

چکیده

استفاده از کودهای زیستی افزون بر افزایش بهره‌وری و افزایش عملکرد گیاهان، به کاهش مصرف کودهای شیمیایی و حفظ محیط زیست کمک می‌کند. در این راستا، هدف از این پژوهش تأثیر کاربرد کودهای زیستی محتوی باکتری‌های حل کننده پتاسیم (*Pseudomonas koreensis* و *Pseudomonas vancouverensis*)، باکتری‌های حل کننده فسفر (*Pseudomonas putida*) و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (*Pantoea agglomerans*) به عنوان یک نهاده سازگار با محیط زیست بر رشد و عملکرد تربچه قرمز و تأثیر آن بر تحمل این گیاه به تنش خشکی بود. بدین منظور آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه و در گلدان با ۱۰ تیمار کاربرد کود سولفات پتاسیم، کاربرد کود زیستی باکتری حل کننده پتاسیم و کودهای زیستی باکتری‌های محرک رشد در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که اعمال تنش خشکی موجب کاهش وزن تر غده به میزان ۶۵ درصد در تیمار شاهد شد ولی در وزن تر بخش هوایی، کاهش ناشی از تنش دیده نشد. در تیمار کاربرد سولفات پتاسیم این مقدار کاهش ۵۵ درصد و در تیمار کود زیستی مقدار کاهش ۴۸ درصد بود. کاربرد توأم کود حل کننده پتاسیم و سایر کودهای محرک رشد نسبت غده به بخش هوایی را ۳۴ درصد افزایش داد در حالیکه کاربرد سولفات پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر این مورد نداشت. تنش خشکی غلظت پرولین، آمینواسیدها، قندهای محلول و نشت یونی را در برگ‌ها افزایش داد اما کاربرد سولفات پتاسیم و کودهای زیستی اثرات تنش خشکی را تعدیل نمود. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان کاربرد کودهای زیستی فوق را در برنامه تغذیه گیاه تربچه قرار داد.

واژه‌های کلیدی: آمینواسید، پرولین، حل کننده فسفر، تثبیت کننده نیتروژن، نشت یونی

مقدمه

رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی شوند. عدم تعادل غذایی در این آب‌ها ممکن است موجب رشد بی‌رویه برخی گونه‌های آبی مانند جلبک‌ها شده و زندگی سایر گونه‌ها را تهدید کند. تجمع برخی شکل‌های عناصر غذایی در گیاهان مانند تجمع نیترات در سبزیجات نیز یکی دیگر از خطرات بالقوه مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی می‌باشد (۲۲).

از سمت دیگر تنش‌های محیطی از عواملی می‌باشند که سالانه حجم زیادی از محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهد. کمبود آب یکی از مشکلات اصلی تهدید کننده تولید غذا در جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. تنش خشکی فرآیندهای مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی را در گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنش خشکی همچنین به‌طور مستقیم با کاهش تحرک عناصر غذایی در خاک، رشد گیاه را کاهش می‌دهد. کوددهی در این شرایط اگرچه سطح حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد اما جذب آب و مواد غذایی از خاک تحت تأثیر فعالیت‌های ریشه و برهم‌کنش آنها

کودهای شیمیایی نسبت به سموم و آفت‌کش‌ها ترکیبات کم‌خطرتری محسوب می‌شوند ولی همه کودهای شیمیایی استفاده شده در بخش کشاورزی به‌طور کلی توسط گیاهان جذب نمی‌شوند و بیش از ۵۰ درصد از کودهای شیمیایی مورد استفاده در خاک‌ها باقی می‌مانند (۱۶). اغلب کودهای شیمیایی به‌طور مستقیم باعث ایجاد سمیت در انسان‌ها و سایر موجودات زنده نمی‌شوند بلکه مصرف بی‌رویه آنها موجب به هم خوردن تعادل اکولوژیک محیط زیست می‌شود. عناصر غذایی موجود در کودها ممکن است وارد دریاچه‌ها،

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

(*)- نویسنده مسئول (Email: Akbar.hassani@znu.ac.ir)

۳- استادیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

با عوامل زنده و غیرزنده خاک می‌باشد (۱۳).

باکتری‌های محرک رشد گیاه، میکروارگانیسم‌های سودمندی هستند که به افزایش رشد گیاهان کمک نموده و سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها همچنین مقاومت گیاه را در برابر انواع تنش‌های زیستی و غیر زیستی از جمله خشکسالی، دماهای شدید، شوری و فلزات سمی بهبود بخشیده و باعث افزایش بهره‌وری و عملکرد گیاهان می‌شوند (۱۶). انواع مختلف میکروارگانیسم در خاک باعث کاهش بسیاری از پاتوژن‌های گیاهی و افزایش رشد گیاه توسط روش‌های مختلف مانند تولید مستقیم و غیرمستقیم فیتوهورمون‌های مختلف، کانی‌سازی و تجزیه مواد ارگانیک و بهبود قابلیت زیست‌پذیری مواد مغذی مختلف مانند آهن و فسفر می‌شوند (۲۱). بسیاری از گونه‌های باکتریایی قادر به تجزیه آلومینوسیلیکات‌ها و آزادسازی عناصر غذایی موجود در آنها می‌باشند (۱۰). گروه‌های مختلفی از میکروارگانیسم‌ها قادر به تبدیل پتاسیم نامحلول و تثبیت شده به پتاسیم محلول و قابل تبادل هستند به نحوی که ریشه گیاهان قادر به جذب آن باشد (۱۷). در حال حاضر گونه‌های میکروبی که قادر به انحلال پتاسیم در خاک باشند به‌طور تجاری در دسترس بوده و خطر زیست محیطی آنها نیز در حداقل می‌باشد. شناسایی سویه‌های میکروبی موثر که قادر به حل نمودن کانی‌های پتاسیم بوده و از پتانسیل خاک برای تامین نیاز غذایی گیاهان استفاده کنند، می‌تواند به حفظ محیط زیست و کاهش مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی کمک کند.

برخی مطالعات گزارش داده‌اند که تعدادی از میکروارگانیسم‌های خاک باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش شوری، خشکی، کمبود عناصر غذایی و سمیت عناصر می‌شود (۱۴ و ۲۱). باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در ریزوسفر با تولید محرک‌های رشد و کاهش تولید اتیلن در گیاهان تحت تنش از علائم تنش می‌کاهند (۱۸). استفاده از این میکروارگانیسم‌ها به عنوان عوامل زیستی موثر در افزایش حاصلخیزی خاک، کاهش اثرات منفی تنش و بهبود محصولات کشاورزی، مورد تحقیق بسیاری از پژوهش‌گران می‌باشد، از این رو شناخت صحیح از تأثیر آنها بر مقاومت گیاهان به تنش خشکی می‌تواند در مدیریت موثر منابع آبی در مزرعه و کاهش اثرات زیست محیطی استفاده از کودهای شیمیایی مفید باشد. مکانیسم تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی با توجه به نوع باکتری متفاوت است. برخی باکتری‌ها با تولید پیش اتیلن‌دآمیناز از تولید اتیلن در گیاهان جلوگیری نموده و موجب ایجاد مقاومت القایی سیستماتیک در گیاهان می‌شوند (۱۴). تولید برخی ترکیبات آنتی اکسیدانی نیز یکی از مکانیسم‌های مقابله با تنش خشکی توسط باکتری‌های محرک رشد می‌باشد که منجر به تخریب رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود (۱۸). برخی باکتری‌ها مانند گونه‌های سودوموناس نیز، تحت شرایط تنش خشکی تولید ترکیبات

پلی‌ساکاریدی خارج سلولی (Exopolysaccharides, EPS) می‌کنند تا از آنها در برابر تنش خشکی محافظت کند (۱۸). این ترکیبات باعث حفظ آب موجود در خاک شده و همچنین با داشتن ویژگی‌های سیمانی کننده، باعث تشکیل خاکدانه‌های پایدار در خاک شده و نقش مهمی در حفظ آب موجود در خاک و رشد گیاهان می‌کنند (۱۸).

تأثیر کاربرد مستقل باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و تأثیر هم‌زمان آن با برخی گونه‌های باکتریایی تثبیت کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر بر تحمل گیاهان به تنش خشکی نیاز به بررسی بیشتری دارد. در این پژوهش تأثیر کود زیستی حل‌کننده پتاسیم نامحلول خاک که محتوی دو گونه باکتری *Pseudomonas koreensis* و *Pseudomonas vancouverensis* می‌باشد بر رشد تربچه (*Raphanus sativus* L.) تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. گیاه تربچه به دلیل رشد سریع و کوتاه بودن دوره رشد و احتمال پاسخ به کودهای زیستی به دلیل شبکه ریشه‌ای آن انتخاب شد. یکی دیگر از دلایل انتخاب این گیاه عکس العمل آن نسبت به تنش خشکی با توجه به ذخیره آبی موجود در غده آن بود. دو گونه باکتری مورد استفاده از نوع گرم منفی، هوازی، بدون اسپور، میله‌ای، متحرک، دارای بیش از یک تاژک قطبی، با ابعاد یک در دو میکرومتر متعلق به شاخه *Proteobacteria* و خانواده *Pseudomonadaceae* بودند (۲۰). به طور کلی هدف از این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد این کود زیستی در مقایسه با کود شیمیایی سولفات پتاسیم بر رشد و برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تربچه تحت تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر رشد تربچه قرمز، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه و گلدان‌های نایلونی با ظرفیت ۶/۵ کیلوگرم خاک با ۱۰ تیمار و سه تکرار برای گیاه تربچه قرمز به شرح زیر انجام شد: ۱: شاهد بدون مصرف کود، تیمار ۲: کاربرد ۰/۶ گرم سولفات پتاسیم در هر گلدان، تیمار ۳: کاربرد کود زیستی محتوی باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، تیمار ۴: کاربرد کود زیستی محتوی باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم + کود زیستی محتوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، تیمار ۵: کاربرد کود زیستی محتوی باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم + کود زیستی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن + کود زیستی محتوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر، تیمار ۶: تیمار اول + تنش خشکی، تیمار ۷: تیمار دوم + اعمال تنش خشکی، تیمار ۸: تیمار سوم + اعمال تنش خشکی، تیمار ۹: تیمار چهارم + اعمال تنش خشکی و تیمار ۱۰: تیمار پنجم + اعمال تنش خشکی. هر تیمار در سه تکرار انجام شده و در نهایت جامعه آماری شامل ۳۰ گلدان از ۱۰ تیمار و سه تکرار برای

بقیه گیاهچه‌ها حذف شدند. ادامه آزمایش بر دو گیاه باقی‌مانده انجام شد. تیمارهای مورد نظر در مرحله سه برگی و شش برگی اعمال شدند. گلدان‌ها تا ۲۵ روز پس از کاشت به طور یکسان با آب شهری با مقدار EC برابر با ۴۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر هر سه روز یکبار آبیاری شدند. کودهای زیستی مورد نظر دو بار همراه با آب آبیاری در مرحله سه برگی و شش برگی به گلدان‌ها اضافه شدند. پس از ۲۵ روز ۱۵ گلدان مربوط به تیمارهای پنجم تا دهم تحت تنش خشکی قرار گرفتند. تنش خشکی به شکل کاهش دور آبیاری (هر ۷ روز یکبار) و کاهش حجم آب به ۲۰ درصد مقدار قبلی انجام شد. محاسبات تنش خشکی به نحوی انجام شد که خاک در سطح رطوبتی ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی قرار داشته باشد. ۴۰ روز پس از کاشت، نمونه برداری از برگ و غده انجام شد. قبل از خشک کردن نمونه‌ها، وزن تر، درصد رطوبت بافت گیاهی، مقدار پروتئین برگ و غده به روش اسید-نین هیدرین (۴)، کل آمینواسید آزاد به روش الکل-نین هیدرین (۵)، کل قندهای محلول در عصاره برگ، به روش فنل سولفوریک اسید (۱۵) اندازه‌گیری شدند. پس از خشک کردن نیز وزن خشک برگ و غده اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و جهت مقایسه میانگین‌ها، آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد استفاده قرار گرفت.

گیاه تربچه قرمز بود. تنش خشکی به گونه‌ای اعمال شد که علائم ظاهری تنش در گیاهان دیده شده و مقدار آب رسیده به همه گیاهان یکسان باشد که در این پژوهش ۵۰ میلی‌لیتر برای هر گلدان بود. کود زیستی مورد نظر از آزمایشگاه فنی شرکت زیست فناور سبز تهیه شد. در کود زیستی حل‌کننده پتاسیم محتوی مخلوط باکتری‌های *Pseudomonas koreensis* و *Pseudomonas vancouverensis* بود و جمعیت هر گونه برابر با 10^8 باکتری در هر گرم بود. کود زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن محتوی باکتری *Pantoea agglomerans* با جمعیت 10^8 باکتری در هر گرم بود. کود زیستی حل‌کننده پتاسیم نیز محتوی باکتری *Pseudomonas Putida* با جمعیت 10^8 باکتری در هر گرم بود. مقدار توصیه شرکت سازنده این کودها برابر با یک بسته ۱۰۰ گرمی در هر هکتار همراه با آب آبیاری بود که در این پژوهش مقدار مصرف کودهای زیستی معادل توصیه شرکت سازنده بود.

خاک مورد استفاده از یک قطعه زمین با خاک آهکی متعلق به مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان تهیه شد. خاک مورد نظر به گونه‌ای انتخاب شد که مقدار عناصر فسفر (۳/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و پتاسیم (۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قابل جذب آن کمتر از حد بحرانی باشد. برخی ویژگی‌های خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. پس از جوانه‌زنی بذور، دو گیاهچه قوی در خاک باقی‌مانده و

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد استفاده در این پژوهش

Table 1- Some physical and chemical properties of soil samples used in this research

ویژگی خاک Soil property	مقدار Value	روش اندازه‌گیری (۱۱، ۲۴، ۴۱) Method of analysis
هدایت الکتریکی EC	2.21 dS m ⁻¹	عصاره گل اشباع Saturated paste extract
اسیدیته pH	7.57	گل اشباع Saturated paste
کربنات کلسیم معادل ECC	141 g kg ⁻¹	تیتراسیون Titration
بافت Texture	لوم Loam	هیدرومتر Hydrometer
کربن آلی Organic carbon	4.3 g kg ⁻¹	والکلی بلک Walkley-Black
فسفر قابل جذب Available P	3.1 mg kg ⁻¹	اولسن Olsen
پتاسیم قابل جذب Available K	80 mg kg ⁻¹	استات آمونیوم Ammonium acetate

نتایج و بحث

زیست‌توده بخش هوایی و غده

نتایج آنالیز واریانس کاربرد تیمارهای مختلف بر برخی صفات گیاه تربچه در جدول ۲ آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد

که اثر تیمارهای مختلف در همه صفات بجز نشاسته برگ و غده در سطح یک درصد معنی‌دار شد. در نشاسته برگ و غده سطح احتمال معنی‌داری ۵ درصد بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر اسیدهای آلی و معدنی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت

Table 2- ANOVA for the effect of organic and inorganic acids on some quantitative and qualitative characteristics of corn

منابع تغییرات S.O.V	تیمار Treatment	بلوک Block	خطا Error	ضریب تغییرات C.V. (%)
درجه آزادی df	8	2	16	
وزن تر بخش هوایی Fresh weight of shoot	14.11 **	0.044 ns	0.13	11.3
وزن خشک بخش هوایی Dry weight of shoot	12.72 **	0.027 ns	0.10	11.8
وزن تر غده Fresh weight of tuber	27.21 **	0.024 ns	0.22	10.1
وزن خشک غده Dry weight of tuber	19.42 **	0.047 ns	0.21	9.70
نسبت غده به بخش هوایی Ratio of shoot to tuber	1.157 **	0.002 ns	0.003	7.57
پرولین برگ Proline of leaf	0.821 **	0.011 ns	0.004	3.42
پرولین غده Proline of tuber	2.647 **	0.001 ns	0.002	3.76
امینواسید برگ Amino acid of leaf	74.18 *	0.3 ns	0.004	10.10
امینواسید غده Amino acid of tuber	87.36 *	0.37 ns	0.017	8.21
نشت یونی برگ Ionic leak of leaf	122.42 *	0.98 ns	0.18	11.8
نشت یون غده Ionic leak of tuber	197.07 **	1.02 ns	0.003	7.93
قند محلول برگ Soluble sugars of leaf shoot	254.013 **	1.04 ns	0.03	9.11
قند محلول غده Soluble sugars of tuber TF	186.15 **	1.08 ns	0.08	10.25
نشاسته برگ Starch of leaf	117.23 *	1.3 ns	1.12	9.72
نشاسته غده Starch of tuber	118.43 *	1.45 ns	1.15	8.33

کننده پتاسیم هم به تنهایی و هم همراه با سایر کودهای زیستی موجب افزایش وزن تر بخش هوایی تربچه شد که با کاربرد کود شیمیایی سولفات پتاسیم اختلاف معنی‌دار نداشت.

کاربرد تیمارهای مختلف بر وزن خشک بخش هوایی گیاه تربچه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن خشک (۰/۹۷ گرم در گلدان) متعلق به تیمار سولفات پتاسیم بدون تنش خشکی (۳) و کمترین مقدار (۰/۶۵ گرم در گلدان) متعلق به تیمار شاهد بدون تنش بود. در بین تیمارهای کودی بدون تنش اختلاف معنی‌دار دیده نشد اما کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی سبب افزایش وزن خشک بخش هوایی نسبت به شاهد شد. در بین تیمارهای تحت تنش، تیمار ۱۰ (۰/۸۹ گرم در گلدان) بیشترین و تیمار ۶ (۰/۶۸ گرم

بر اساس داده‌های جدول ۳ مشخص شد که تیمارهای کودی استفاده شده در شرایط تنش و بدون تنش موجب افزایش معنی‌دار وزن تر بخش هوایی شدند. طبق مقایسه میانگین (جدول ۳) در بین تیمارهای بدون تنش بیشترین وزن تر در تیمار ۲ (۱۰/۰۳ گرم در گلدان) و کمترین آن در تیمار شاهد (۶/۵۵ گرم در گلدان) مشاهده شد و تفاوت مشاهده شده نیز معنی‌دار بود. از میان تیمارهای تنش خشکی همراه با کاربرد انواع کودهای مورد استفاده، تیمار ۸ بیشترین وزن تر (با میانگین ۹/۱۹ گرم در گلدان) و تیمار ۶ کمترین میزان وزن تر (با میانگین ۷/۰۴ گرم در گلدان) را داشتند که اختلاف معنی‌دار بود. کاربرد کود سولفات پتاسیم هم در حالت تنش و هم بدون تنش موجب افزایش وزن تر بخش هوایی شد. کود زیستی حل -

زیستی تأثیر منفی تنش خشکی را کمی تعدیل کرد ولی همچنان مقدار آن‌ها از تیمار شاهد بدون تنش کمتر بود. وزن تر غده در شرایط تحت تنش بین تیمارهای کودی اختلاف معنی‌دار نداشت. با توجه تأثیر اندک تنش خشکی بر بخش هوایی، به نظر می‌رسد در شرایط تنش، غده تربچه با کاهش مقدار آب خود به افزایش مقاومت بخش هوایی نسبت به تنش خشکی کمک می‌کند.

نتایج به دست آمده از وزن خشک غده نیز تا حدی از نتایج وزن تر پیروی می‌کرد با این تفاوت که در هر دو حالت بدون تنش و با تنش خشکی، تأثیر کود سولفات پتاسیم و کود زیستی حل‌کننده پتاسیم کمتر از تأثیر کودهای زیستی تلفیقی بود. بیشترین وزن خشک غده در تیمار ۱۰ که در آن از هر سه کود زیستی حل‌کننده پتاسیم، تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفر استفاده شده بود دیده شد. رسولی‌صدقیانی و همکاران (۱۷) نیز گزارش نمودند تلقیح میکروبی ذرت با باکتری *Bacillus* sp. سویه KSB₁₃ سبب افزایش وزن خشک بخش هوایی گیاه می‌شود که با نتایج این پژوهش تطابق دارد.

در گلدان) کمترین وزن خشک را داشتند. دردی‌پور و همکاران (۶) با کاربرد باکتری‌های محرک رشد *Azospirillum lipoferum* و *Azotobacter chroococcum* بر گیاه سویا افزایش وزن خشک گیاه را در تیمارهای دارای باکتری‌های محرک رشد مشاهده کردند. آنان همچنین گزارش کردند که وزن خشک گیاه در گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر بیشتر از گیاهان تلقیح شده با آزوسپریلوم و تیمار بدون باکتری بود که با نتایج این پژوهش همسو بود.

نتایج حاصل از تأثیر کاربرد تیمارهای مختلف بر وزن تر غده گیاه تربچه در جدول ۳ آورده شده است. طبق نتایج بدست آمده کاربرد کود سولفات پتاسیم و کودهای زیستی سبب افزایش معنی‌دار وزن تر غده در شرایط بدون تنش نسبت به تیمار شاهد شد و تأثیر کودهای زیستی در این مورد بیشتر بود. بیشترین وزن تر غده در تیمارهای ۴ و ۵ که در آن‌ها از کودهای زیستی به طور تلفیقی استفاده شده بود دیده شد. طبق نتایج، اعمال تنش خشکی موجب کاهش قابل توجه (۶۸ درصد) وزن تر غده شد که کاربرد کود سولفات پتاسیم و کودهای

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات رشدی گیاه تربچه در تیمارهای مختلف اسیدهای آلی و معدنی

Table 3- Mean comparison of growth traits of Radish (*Raphanus sativus* L.) in different treatments of organic and inorganic acids

تیمار	نسبت غده به بخش هوایی (وزن تر)	وزن خشک غده	وزن تر غده	وزن خشک بخش هوایی	وزن تر بخش هوایی
Treatment	Ratio of shoot to tuber (Fresh weight)	Tuber dry weight (g pot ⁻¹)	Tuber fresh weight (g pot ⁻¹)	Shoot dry weight (g pot ⁻¹)	Shoot fresh weight (g pot ⁻¹)
1	1.55 b	1.11 dc	10.16 c	0.65 c	6.55 c
2	1.46 b	1.47 c	14.64 b	0.97 a	10.03 a
3	1.44 b	1.36 c	13.30 b	0.91 ba	9.25 ba
4	1.93 b	1.77 ba	17.13 a	0.86 ba	8.86 b
5	2.08 a	1.91 a	17.60 a	0.85 ba	8.47 b
6	0.46 e	0.35 f	3.22 e	0.68 c	7.04 c
7	0.75 d	0.71 e	6.49 d	0.82 b	8.71 b
8	0.75 d	0.74 e	6.93 d	0.88 ba	9.19 ba
9	1.08 c	0.94 d	8.32 cd	0.71 c	7.68 bc
10	0.99 c	0.98 d	8.99 cd	0.89 ba	9.11 ba

حروف یکسان در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD ندارند.

The same letters in each column were not statistically significant at 5% of probability level based on LSD test.

خاک، رشد گیاه را کاهش می‌دهد (۱۰). کود دهی در این شرایط اگرچه سطح حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد اما جذب آب و مواد غذایی از خاک تحت تأثیر فعالیت‌های ریشه و برهم‌کنش آن‌ها با عوامل زنده و غیرزنده خاک است (۱۰). باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در ریزوسفر و سطح ریشه کلونیزه شده و باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌ها می‌شوند. این روش‌ها شامل تولید محرک‌های رشد (انواع اکسین‌ها، سیتوکینین و جبریلین)، کاهش تولید اتیلن در گیاهان تحت تنش (۱۴)، به حداقل رساندن کاهش پتانسیل آب برگ (۱۲)، جلوگیری از کاهش فتوسنتز (۱۲) و تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (۱۸) می‌باشد. از این رو مشاهده شد که در تیمارهای بدون تنش، کود

با ایجاد تنش خشکی نسبت وزن غده به بخش هوایی کاهش یافت. کاهش این نسبت ممکن است به دلیل از دست رفتن مقدار زیادی آب غده برای حفظ بخش هوایی در برابر تنش باشد. استفاده از کود سولفات پتاسیم و کودهای زیستی این نسبت را در شرایط تنش کمی بهبود بخشید و تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی بیشتر بود. بیشترین نسبت غده به ریشه در تیمار ۵ که در آن هر سه کود زیستی استفاده شده بود دیده شد. کمترین نسبت نیز در تیمار شاهد تحت تنش خشکی (۶) دیده شد. تنش خشکی فرآیندهای مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی را در گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنش خشکی همچنین به طور مستقیم با کاهش تحرک عناصر غذایی در

شیمیایی عملکرد بهتری از خود نشان داده است اما در تیمارهای تحت تنش خشکی تأثیر کودهای زیستی در کاهش اثر تنش بیشتر از کود شیمیایی بود.

پارامترهای فیزیولوژیکی

تأثیر تیمارهای مختلف بر مقدار پرولین برگ و غده تربچه در جدول ۴ آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر غلظت پرولین برگ و غده تربچه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بوده و غلظت پرولین در غده بیشتر از برگ بود. ایجاد تنش در گیاهان باعث افزایش مقدار پرولین در برگ و غده تربچه شد. در برگ‌های تیمار شاهد، بروز تنش سطح پرولین را حدود ۴۰ درصد افزایش داد درحالی که در غده غلظت پرولین در تیمار تحت تنش خشکی به ۶/۲ برابر رسید. دلیل این اختلاف ممکن است مسیرهای متفاوت تولید پرولین در برگ و غده باشد. گزارش شده است که در تربچه تولید پرولین در برگ‌ها و غده‌ها از مسیرهای متفاوتی تولید می شود و دلیل آن نیز به شرایط محیطی مانند تنشهای بستگی دارد (۲۲). در شرایط غیرتنش کاربرد کود شیمیایی و کود زیستی، غلظت پرولین در برگ‌ها را نسبت به شاهد تغییر نداد اما در غده غلظت آن را کمی افزایش داد و تأثیر کودهای زیستی و سولفات پتاسیم در این مورد یکسان بود. بیشترین پرولین تولید شده در شرایط غیر تنش در تیمار ۳ با کاربرد کود زیستی محتوی باکتری‌های حل کننده پتاسیم دیده شد. کاربرد کود زیستی در این

مورد در تولید پرولین توسط گیاهان موثر تر از کود سولفات پتاسیم بوده است. برخی باکتری‌ها قادر به القای سیستمیک در گیاهان بوده و برخی مسیرها را در آنها فعال می کنند. با توجه به افزایش غلظت پرولین در تربچه نسبت به تیمار شاهد و تیمار سولفات پتاسیم، به نظر می رسد باکتری موجود در این کود زیستی قادر به القای سیستمیک تولید پرولین در تربچه شده است (۱۴). در غده در شرایط تنش خشکی، تأثیر کودهای زیستی در افزایش غلظت پرولین بیشتر از سولفات پتاسیم بود. در برگ‌ها بیشترین سطح پرولین در تیمار ۱۰ که در آن هر سه نوع کود زیستی به طور تلفیقی استفاده شده بود دیده شد. در غده نیز بیشترین غلظت پرولین در تیمار ۹ که در آن کود زیستی حل کننده پتاسیم و تثبیت کننده نیتروژن به طور تلفیقی استفاده شده بود دیده شد. پرولین از تخریب غشا و پروتئین‌های حیاتی در گیاهان تحت تنش خشکی محافظت می کند (۱۹). بانو و فاطیما (۳) گزارش نمودند که افزایش تولید پرولین همراه با کاهش نشت الکترولیت‌ها منجر به حفظ محتوای نسبی آب برگ‌ها در ذرت تلقیح شده با ریزوبیوم و سودوموناس شد. در شرایط تنش خشکی، پرولین در حفظ پتانسیل اسمزی، حذف رادیکال‌های آزاد، حفاظت ماکرومولکول‌ها از دنا توره شدن و تنظیم پی‌اچ سلولی نقش دارد. همچنین پرولین به عنوان منبع نیتروژن و کربن برای گیاهان تحت تنش شدید عمل می کند و تحمل گیاه در برابر تنش را افزایش می دهد (۱) که با نتایج حاصل از این پژوهش تطابق داشت.

جدول ۴- اثر تیمارهای مختلف اسیدهای آلی و معدنی بر برخی خصوصیات کمی تربچه

Table 4- The effect of organic and inorganic acids on some quantitative traits of Radish (*Raphanus sativus* L.)

تیمار Treatment	نشت یونی غده Ionic Leakage of tuber (%)	نشت یونی برگ Ionic leakage of leaf (%)	امینواسید کل در غده Total Amino acid of tuber ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{DW}$)	امینواسید کل در برگ Total amino acid of leaf ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{DW}$)	پرولین غده Tuber proline ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{DW}$)	پرولین برگ Leaf proline ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{DW}$)
1	34.2 b	21.1 bc	13.89 d	12.93 c	1.48 d	0.95 d
2	27.0 c	22.2 bc	12.48 d	13.26 c	2.89 c	0.97 d
3	25.1 c	21.3 bc	11.74 d	13.41 c	2.93 c	0.96 d
4	27.3 c	20.8 c	11.43d	12.82 c	2.98 c	10.01 d
5	26.3 c	22.1 bc	11.49 d	13.69 c	2.90 c	0.98 d
6	66.85 a	32.4 a	27.11 c	18.33 b	9.21 b	1.33 c
7	38.3 b	24.4 b	34.41 a	23.47 a	13.34 a	1.57 b
8	35.2 b	25.1 b	31.16 ab	24.09 a	14.27 a	1.66 a
9	38.7 b	24.7 b	30.97 b	23.21 a	14.62 a	1.65 a
10	39.2 b	25.1 b	31.27 ab	22.94 ab	13.51 a	1.69 a

حروف یکسان در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری با استفاده از آزمون LSD ندارند.

The same letters in each column were not statistically different at the 5% of probability level based on LSD test.

برگ و غده تقریباً یکسان بود. در شرایط تنش، مقدار امینواسید در برگ و غده تربچه افزایش یافت. غلظت امینو اسید برگ در شرایط تنش حدود ۴۰ درصد افزایش یافت اما در غده ۹۵ درصد افزایش نشان داد. در شرایط تنش، کاربرد کود زیستی و سولفات پتاسیم

در جدول ۴ مقایسه میانگین تیمارهای مختلف بر غلظت امینواسید برگ و غده تربچه آورده شده است. در شرایط غیرتنش اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف در غلظت امینواسید برگ و غده وجود ندارد. همچنین غلظت امینواسیدها در شرایط غیرتنش در

سلول‌های آن به بیرون تراوش می‌کند، لذا پایداری غشا به وسیله اندازه‌گیری تراوش یون‌ها از آن ارزیابی می‌شود (۲). به نظر می‌رسد که پایداری غشای سلولی در تنش‌ها با سنتز پروتئین‌های شوک گرمایی و ویژگی‌های سیستم فتوسنتزی، از جمله آنزیم‌های کلیدی و غشاهای تیلاکوئیدی مرتبط می‌باشد (۷).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر مقدار کل قندهای محلول برگ و غده تربچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در برگ فقط تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت و بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار دیده نشد. بیشترین مقدار کل قندهای محلول در برگ در تیمار ۸ (با میانگین ۵۴/۱۷ میکرومول بر گرم وزن خشک گیاه) دیده شد. در غده‌ها در حالت بدون تنش بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. ایجاد تنش خشکی موجب افزایش مقدار کل قندهای محلول شد. مقدار کل قند محلول در تیمار تحت تنش حدود ۳۰ درصد نسبت به شاهد بدون تنش افزایش یافت. کاربرد کودهای سولفات پتاسیم و کود زیستی در تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار قندهای محلول نسبت به شاهد تنش خشکی شد. بین تیمارهای کودی در شرایط تنش خشکی اختلاف معنی‌دار دیده نشد و به نظر می‌رسد تأثیر سولفات پتاسیم و کودهای زیستی در این مورد یکسان باشد. در غده‌ها بیشترین مقدار قند کل در تیمار ۸ و کمترین مقدار نیز در تیمار ۲ دیده شد. قربانعلی و همکاران (۱۱) در مطالعه اثر تنش خشکی بر روی گیاه سویا دریافتند که افزایش شدت تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار غلظت قندهای محلول در ساقه و برگ می‌گردد. افزایش کربوهیدرات‌های محلول ممکن است ناشی از کاهش نیاز به مواد فتوسنتزی به دلیل کاهش رشد، سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیرفتوسنتزی و همچنین تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول باشد (۹).

غلظت آمینواسیدها در برگ‌ها را نسبت به شاهد افزایش داد ولی بین تیمارهای کودی اختلاف معنی‌دار دیده نشد. در غده‌ها نیز کاربرد کود زیستی و سولفات پتاسیم در شرایط تنش غلظت آمینواسیدها را نسبت به شاهد افزایش داد ولی بین تیمارهای کودی اختلاف معنی‌دار قابل توجهی دیده نشد. در برگ‌ها بیشترین غلظت آمینواسید در تیمار ۸ و در غده بیشترین غلظت در تیمار ۷ دیده شد. تجمع آمینواسیدها در گیاهان معمولاً بر اثر تنش‌های زنده و یا غیرزنده رخ می‌دهد و نوعی پاسخ به تنش می‌باشد. گزارش شده است که تحت شرایط تنش خشکی القای بیان پروتئین‌های ناقل افزایش می‌یابد (۲۲). این پروتئین‌ها به انتقال عناصر غذایی بین سلول‌ها و خروج متابولیت‌های مضر از سلول کمک می‌کنند (۲۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر مقدار نشت یونی برگ و غده تربچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. در برگ‌ها، بیشترین نشت یونی در تیمار شاهد تحت تنش دیده شد. در تیمارهای تحت تنش، بین سایر تیمارهای کودی اختلاف معنی‌دار دیده نشد. بین تیمارهای بدون تنش نیز اختلاف معنی‌دار دیده نشد. به طور کلی تنش خشکی تأثیر چندانی بر غشای سلول‌های برگ نداشت و آن مقدار تخریب کم نیز با کاربرد کود سولفات پتاسیم یا کودهای زیستی کاهش یافت. اما در غده‌ها اعمال تنش خشکی نشت یونی را افزایش داد. بین تیمارهای بدون تنش بیشترین نشت یونی در تیمار شاهد دیده شد و بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در بین تیمارهای تحت تنش خشکی نیز بیشترین نشت یونی در غده‌ها در تیمار شاهد دیده شد. کاربرد کود سولفات پتاسیم و کودهای زیستی سبب کاهش نشت یونی شد و تأثیر آن‌ها یکسان بود.

تحت تنش خشکی، غشای سلولی پایداری خود را از دست داده و در صورت قرار گرفتن برگ در یک محیط آبی مواد محلول از

ادامه جدول ۴- اثر تیمارهای مختلف اسیدهای آلی و معدنی بر برخی خصوصیات کمی تربچه

Table 4 (continued)- The effect of organic and inorganic acids on some quantitative traits of Radish (*Raphanus sativus* L.)

تیمار Treatments	نشاسته غده Tuber starch (mg g ⁻¹ DW)	نشاسته برگ Leaf starch (mg g ⁻¹ DW)	کل قندهای محلول غده Total soluble sugars of tuber (μ mol g ⁻¹ DW)	کل قندهای محلول برگ Total soluble sugars of leaf (μ mol g ⁻¹ DW)
1	16.4 ba	19.7 b	27.7 c	42.61 b
2	17.1 a	22.4 ba	26.2 c	52.37 a
3	16.2 ba	21.3 b	28.4 c	50.22 a
4	15.8 ba	23.8 ba	28.3 c	52.27 a
5	16.7 ba	21.1 b	27.2 c	51.39 a
6	11.1 c	19.7 b	36.2 b	53.65 a
7	15.9 ba	20.5 b	49.4 a	52.19 a
8	14.2 b	21.1 b	50.8 a	54.17 a
9	15.6 ba	20.9 b	51.6 a	51.09 a
10	15.9 ba	19.8 b	50.4 a	52.88 a

حروف یکسان در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD ندارند.

The same letters in each column were not statistically different at 5% of probability level based on LSD test.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر غلظت نشاسته برگ معنی‌دار نشد. بر اساس نتایج جدول ۵ غلظت نشاسته برگ بین ۱۹/۷ تا ۲۳/۸ میلی گرم بر گرم متغیر بود و بیشترین غلظت در تیمار ۴ دیده شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت نشاسته غده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد بروز تنش باعث کاهش ۳۲ درصدی غلظت نشاسته در غده نسبت به شاهد بدون تنش شد. تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده نشاسته می‌شود و غلظت نشاسته کاهش می‌یابد (۱۳). بیشترین غلظت نشاسته غده در تیمار ۲ که در آن کود سولفات پتاسیم استفاده شده بود دیده شد. بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار دیده نشد. این نتایج نشان داد که کاربرد کود سولفات پتاسیم و کودهای زیستی در شرایط تنش اثرات منفی تنش بر غلظت نشاسته را تعدیل می‌کند.

نتیجه‌گیری

منابع

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که اعمال تنش خشکی موجب کاهش وزن تر و در نهایت عملکرد کل گیاه تربچه می‌شود. در گیاه تربچه تنش خشکی، وزن تر غده را بیشتر تحت تأثیر قرار داد. گیاه تربچه در بروز تنش خشکی از آب ذخیره غده استفاده می‌کند تا برگ‌ها کمتر دچار عوارض تنش شوند. در شرایط بدون تنش کاربرد کود سولفات پتاسیم و کودهای زیستی در گیاه تربچه موجب افزایش عملکرد شد. در شرایط تنش تأثیر کودهای زیستی در جبران عوارض تنش بیشتر از سولفات پتاسیم بود. تنش خشکی غلظت پرولین، امینواسیدها و قندهای محلول را در برگ‌ها و غده تربچه افزایش داد و عوارض تنش را کاهش داد. به‌طور کلی کاربرد سولفات پتاسیم و کودهای زیستی اثرات تنش خشکی را تعدیل نمود و تأثیر کودهای زیستی در برخی موارد بیشتر بود. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان کاربرد کودهای زیستی را در برنامه تغذیه‌ای گیاهانی مانند تربچه به‌ویژه در شرایط تنش قرار داد.

- 1- Amin S., Ghadiri H., Chen C., and Marschner P. 2016. Salt-affected soils, reclamation, carbon dynamics, and biochar: a review. *Journal of Soils and Sediments* 16(3): 939-953.
- 2- Arora A., Sairam R.K., and Srivastava G.C. 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science* 1227-1238.
- 3- Bano A., and Fatima M. 2009. Salt tolerance in *Zea mays* (L.) following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. *Biology and Fertility of Soils* 45(4): 405-413.
- 4- Bates L., Waldren R. and Teare I. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39(1): 205-207.
- 5- Chen K., Kurgan L., and Rahbari M. 2007. Prediction of protein crystallization using collocation of amino acid pairs. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 355(3): 764-769.
- 6- Dardipour A., Farshadi Rad A., and Cheap M.H. 2010. The effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum lipoferum* on soil potassium release in soybean pots (*Glycine max* var. Williams). *Journal of Agricultural Ecology* 2(4): 599-593. (In Persian with English abstract)
- 7- Demin I.N., Deryabin A.N., Sinkevich M.S., and Trunova T.I. 2008. Insertion of cyanobacterial *desA* gene coding for 12-acyl-lipid desaturase increases potato plant resistance to oxidative stress induced by hypothermia. *Russian Journal of Plant Physiology* 55(5): 639-648.
- 8- DuBois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.T., and Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28(3): 350-356.
- 9- Ehdaie B., Alloush G. A., Madore M. A., and Waines, J. G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. *Crop Science* 46(5): 2093-2103.
- 10- Etesami H., and Beattie G.A. 2017. Plant-microbe interactions in adaptation of agricultural crops to abiotic stress conditions. *Probiotics and Plant Health* 163-200.
- 11- Ghorbanli M., Gafarabad M., Amirkian T., and Allahverdi Mamaghani M.B. 2013. Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in Akria and Mobil tomato cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology* 3(2): 651-658.
- 12- Kannenberg S.A., and Phillips R.P. 2017. Soil microbial communities' buffer physiological responses to drought stress in three hardwood species. *Oecologia* 183(3): 631-641.
- 13- Keller F., and Ludlow M.M. 1993. Carbohydrates metabolism in drought- stressed leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Journal of Experimental Botany* 44(8): 1351-1359.
- 14- Mayak S., Tirosh T., and Glick B.R. 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress

- in tomatoes and peppers. *Plant Science* 166(2): 525-530.
- 15- Naidu B.P. 1998. Separation of sugars, polyols, proline analogues, and betaines in stressed plant extracts by high performance liquid chromatography and quantification by ultra violet detection. *Functional Plant Biology* 25(7): 793-800.
- 16- Numan M., Bashir S., Khan Y., Mumtaz R., Shinwari Z.K., Khan A.L., and Ahmed A.H. 2018. Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants: a review. *Microbiological Research* 209: 21-32.
- 17- Rasouli Sedghiani M.H., Sadeghi Azad S., Brin M., Sepehr A. and Dolati B. 2016. The effect of silicate solubilizing bacteria on the release of potassium from the micaceous minerals and its uptake by maize. *Journal of Soil Science* 78: 89-102. (In Persian with English abstract)
- 18- Sandhya V., Ali S.Z., Grover M., Reddy G., and Venkateswarlu B. 2010. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant Growth Regulation* 62(1): 21-30.
- 19- Smirnoff N., and Cumbes Q.J. 1989. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. *Phytochemistry* 28(4): 1057-1060 .
- 20- Subramanian P., Mageswari A., Kim K., Lee Y., and Sa T. 2015. Psychrotolerant endophytic *Pseudomonas* sp. strains OB155 and OS261 induced chilling resistance in tomato plants (*Solanum lycopersicum* Mill.) by activation of their antioxidant capacity. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 28(10): 1073-1081.
- 21- Valencia-Cantero E., Hernández-Calderón E., Velázquez-Becerra C., López-Meza J.E., Alfaro-Cuevas R., and López-Bucio J. 2007. Role of dissimilatory fermentative iron-reducing bacteria in Fe uptake by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown in alkaline soil. *Plant and Soil* 291(1-2): 263-273.
- 22- Vranova V., Rejsek K., Skene K. R., and Formanek P. 2011. Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions. *Plant and Soil* 342(1-2): 31-48.
- 23- Xiao-Hui F., Zhang S.A., Xiao-Dan M., Yun-Cong L., Yu-Qing F., and Zhi-Guang L. 2017. Effect of PGPR and N source on plant growth and N, P uptake by tomato grown in calcareous soils. *Pedosphere* 27(6): 1027-1036.
- 24- Xie H., Pasternak J., and Glick B.R. 1996. Isolation and characterization of mutants of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 that overproduce indoleacetic acid. *Current Microbiology* 32(2): 67-71.
- 25- Zhang C., and Kong F. 2014. Isolation and identification of potassium-solubilizing bacteria from tobacco rhizospheric soil and their effect on tobacco plants. *Applied Soil Ecology* 82: 18-25.
- 26- Zorb C., Senbayram M., and Peiter E. 2014. Potassium in agriculture—status and perspectives. *Journal of Plant Physiology* 171(9): 656-669.



Effect of Potassium Solubilizing Biofertilizers Application Compared to Potassium Sulfate on Growth and Some Physiological Traits of Radish (*Raphanus sativus* L.) under Drought Stress

A. Samadi¹- A. Hassani^{2*}- M. Gholamhoseini³

Received: 01-12-2019

Accepted: 26-08-2020

Introduction: Plant growth promoting bacteria are beneficial microorganisms that produce plant resistance to a variety of biological and non-biological stresses, including drought, extreme temperatures, salinity, toxic metals, etc, and increase plant productivity and yield. The use of these microorganisms as biological agents in increasing soil fertility and improving agricultural productivity has been studied by many researchers, so a proper understanding of their effect on drought resistance can be effective in water resources management. Useful in field and reducing environmental effects of using chemical fertilizers. The purpose of this study was to investigate the effect of some bio-fertilizers on growth and some physiological and biochemical characteristics of red radish and in comparison with potassium sulfate application under drought stress.

Material and Methods: In order to investigate the effect of application of bio-fertilizers containing potassium-soluble bacteria (*Pseudomonas koreensis* and *Pseudomonas vancouverensis*), phosphorus-solubilizing bacteria (*Pseudomonas putida*) and nitrogen-fixing bacteria (*Pantoea agglomerans*) on plant growth and function, this experiment was done with 10 treatments and three replications in the form of completely randomized design in greenhouse. Finally the statistical population consisted of 30 pots of 10 treatments and three replications for red radish. Drought stress was applied in such a way that the apparent symptoms of stress were seen in the plants and the amount of water used was the same for all plants. The experiment was carried out in greenhouses and nylon pots with a capacity of 6.5 kg were used. The soil was prepared using a calcareous soil of Zanjan University research field. Its absorption was less than critical. Organic matter content was 0.4% and lime equivalent was 14.1% pH of soil 7.57 and EC of abstract soil paste was 2.21. Pots were treated with municipal water for 25 days after planting. EC values of water was 400 $\mu\text{S} / \text{cm}$ that irrigated the plants every three days. The desired bio-fertilizers were added to the pots with irrigation water. After 25 days, 15 pots of treatments 4 to 6 were subjected to drought stress. 40 days after planting before drying of the plants, weight, moisture content of plant tissue, leaf proline content, total free amino acid, and total soluble sugars in leaf extract were measured. Analysis of variance was performed using SAS software and LSD test at the 5% level was used to compare the means.

Results and Discussion: Results of analysis of variance showed that the effect of different treatments on aerial fresh weight was significant at 1% level. Fertilizer treatments under stress and non-stress conditions significantly increased aerial fresh weight. Among non-stress treatments, the highest fresh weight was obtained from treatment 2 (10.03 g / pot) and the lowest was in control treatment (6.55 g / pot). Among the drought stress treatments with application of different fertilizers used, treatment 8 (9.19 g / pot) had the highest and treatment 6 (7.04 g / pot) had the lowest fresh weight. Application of potassium sulfate fertilizer increased the fresh weight of aerial part both under stress and non-stress condition. Potassium soluble bio-fertilizer alone and in combination with other bio-fertilizers increased radish aerial fresh weight, which was not significantly different from potassium sulfate fertilizer. In radish, drought stress affected the tuber fresh weight more. The radish plant uses the water of the tuber reserve in drought stress so that the leaves are less susceptible to stress. In non-stress conditions, application of potassium sulfate fertilizer and bio-fertilizers in radish increased yield. Potassium sulfate effect was greater. In stress conditions, the effect of bio-fertilizers was more than potassium sulfate in stress condition. The effect of potassium soluble bio-fertilizer application was almost identical with the combined application of different biofertilizers. Drought stress increased the concentration of proline, amino acids and soluble sugars in leaves and tubers of radish. Increasing concentration of these compounds indicated

1 and 2- M.Sc. Graduate and Assistant Professor of Soil Science, Department Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: Akbar.Hassani@znu.ac.ir)

3- Assistant Professor Department of Oil Seeds, Seed and Plant Improvement Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.84228

that plants were resistant to drought. Application of potassium sulfate and bio-fertilizers decreased these concentration and the effect of bio-fertilizers was more than that of potassium sulfate. The amount of ion leakage also increased under drought stress but leakage decreased by using potassium sulfate and bio-fertilizers. Drought stress also reduced the starch concentration in leaves and tubers of radish, which is a consequence of drought stress.

Conclusion: In general, application of potassium sulfate and bio-fertilizers moderated the effects of drought stress and in some cases the effect of biofertilizers was greater. Integrated use of bio-fertilizers was not significantly different from the use of potassium soluble bio-fertilizer alone. So, the results of this study showed that the use of bio-fertilizers can be included in the plant nutrition program as a factor in reducing the negative effects of stress on plants.

Keywords: Amino acid, Ionic leak, Nitrogen solubilizer, Phosphorus solubilizer, Proline



مقاله علمی-پژوهشی

نشانگرهای مورفولوژیکی ابزاری برای بررسی تنوع ژنتیکی برخی ژنوتیپ‌های لایم (*Citrus aurantifolia*)

شاهین جهانگیرزاده خیای^{۱*} - بهروز گل‌عین^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۲

چکیده

مطالعه تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسماهای هر گیاهی باعث بهبود برنامه‌ریزی‌های اصلاحی می‌شود. مرکبات نیز به دلیل آنکه یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است از این قاعده مستثنا نیستند. بسیاری از لیموهای مناطق جنوبی بر اساس شکل ظاهری و حدس نام‌گذاری شده‌اند که می‌توان با کاربرد نشانگرهای ریختی و مقایسه آنها با ارقام و گونه‌های شناخته‌شده روابط ژنتیکی و شجره‌نامه آنها را مشخص نمود. بررسی حاضر جهت مطالعه تنوع و روابط ژنتیکی ژنوتیپ‌های لیمو توسط نشانگرهای مورفولوژیکی صورت گرفت. چهل و یک صفت کمی و کیفی در ۲۳ ژنوتیپ مختلف لیمو از سه منطقه جغرافیایی و هفت رقم شناخته‌شده مرکبات به‌عنوان شاهد بر اساس توصیف نامه معرفی‌شده برای مرکبات بررسی شد. تجزیه خوشه‌ای توسط نرم‌افزار Ntsys و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی توسط نرم‌افزار Past انجام شد. بر اساس ماتریس تشابه محاسبه‌شده دامن تشابه مابین ژنوتیپ‌ها از ۰/۱۴۱ الی ۰/۶۸۳ با متوسط ۰/۳۸۸ بود که دلالت بر وجود تنوع بالا بین ژنوتیپ‌های موردبررسی دارد. بر اساس نمودار خوشه‌ای حاصل ژنوتیپ‌ها در سطح تشابه ۰/۳۲ در چهار گروه قرار گرفتند. در تجزیه کلاستر سلطان مرکبات (*Citrus grandis*) و بالنگ (*C. medica*) به همراه پرتقال (*C. sinensis*) به‌عنوان یکی از اجداد اولیه مرکبات از سایر نمونه‌ها گروه مجزایی تشکیل دادند. گروه چهارم که بزرگ‌ترین گروه تشکیل‌شده بود تمام رقم‌های لیمو شاهد را در بر داشت که نشان از ارتباط آنها با یکدیگر بود. بر اساس آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشخص گردید که ده مؤلفه اول ۸۰/۵۲ درصد از تغییرات را در بر گرفتند. بر اساس آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشخص می‌گردد تا مؤلفه دهم ۲۶ صفت از ۴۱ صفت مورد بررسی نقش معنی‌داری در ایجاد تفاوت‌ها دارند. به‌طور کلی با توجه به مجموع نتایج مشخص شد ویژگی‌های مورفولوژیکی می‌توانند بین لیموها و دیگر نمونه‌های مرکبات تفاوت قائل شده و آنها را تشخیص دهند.

واژه‌های کلیدی: توصیف نامه، روابط فیلوژنتیکی، شاخص‌های مورفولوژی، مرکبات

مقدمه

تیره مرکبات (Rutaceae) یکی از بزرگ‌ترین خانواده‌های گیاهی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری به‌شمار می‌رود. مرکبات دربرگیرنده دسته بزرگی از میوه‌ها است که از نظر تولید و مصرف مهم‌ترین آن‌ها شامل پرتقال (*Citrus sinensis*)، نارنگی (*C. reticulate*)، لایم (*C. aurantifolia*)، لمون (*C. lemon*)، گریپ‌فروت (*C. maxima*)، نارنج (*C. aurantium*)، بالنگ (*C. medica*) و... می‌باشند (۲۸). نظریه‌های متفاوتی در مورد منشأ مرکبات بیان شده است که بر اساس روابط فیلوژنتیک می‌توان بیان

کرد که مرکبات در محدوده هندوستان تا شمال آفریقا گسترش داشته است (۳۴). لیموها (*Citrus aurantifolia* و *C. lemon*) دسته بزرگ و متنوعی در درون گروه بزرگ مرکبات می‌باشند. منشأ لایم‌ها بر اساس گزارش‌ها سوینگل جزایر هند شرقی است که از آنجا به اروپا منتقل گردیده‌اند (۶) اما منشأ لمون‌ها با دقت بالایی شناسایی نشده و این احتمال وجود دارد که لمون‌ها به دلیل شباهت بالای آنها، حاصل تلاقی بالنگ و لایم باشند. این موضوع تأیید کننده این نظریه است که بالنگ و لایم جزو مرکبات اولیه هستند (۱۰). تمام گیاهانی که جزو مرکبات‌اند به‌صورت درخت با ضخامت پوست کمتر از ۵ میلی‌متر است. برگ‌ها معمولاً ساده با شکل تخم‌مرغی تا نیزه‌ای همراه با دمبرگ که در اندازه‌های و شکل مختلف است (در میان گونه‌های متفاوت). میوه عموماً هسپریدیم^۳ خوانده می‌شود که از قاچ‌های که توسط کیسه‌های ترش‌چی پر شده، تشکیل گشته است که بذرها در

۱- استادیار، پژوهشکده چای، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران

(*) نویسنده مسئول: Email: shjahangirzadeh@gmail.com

۲- دانشیار، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.85292

قسمت مرکزی این قاچ‌ها قرار دارند. قاچ‌ها توسط پوشش عموماً سفید اندوکارپ^۱ و سپس قشر خارجی^۲ که غدد روغنی زیاد دارد، احاطه شده‌اند. رنگ قسمت گوشتی و لایه خارجی بسیار متنوع است (از سبز تا زرد، نارنجی و قرمز) (۲۸).

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه بررسی تفاوت‌های ژنتیکی گیاهان زیرمجموعه مرکبات با کاربرد نشانگرهای گوناگون صورت گرفته است. صفات مورفولوژیکی اولین و اساسی‌ترین مرحله در توصیف و طبقه‌بندی ژرم‌پلاسما هستند، و به‌عنوان اصول اصلی در اصلاح گیاهان (انتخاب و بررسی صفات موردعلاقه) به کار گرفته می‌شوند به‌گونه‌ای که این صفات ممکن است در یک رقم جدید جمع شوند (۸ و ۳۳). در گذشته به دلیل وجود توارث پذیری بالا ویژگی‌های مورفولوژی جهت شناسایی و تشخیص جنس‌های *Citrus* بکار برده می‌شده‌اند. یافتن روابط متقابل بین ویژگی‌های مورفولوژیکی ممکن است در گزینش شاخص‌های انتخاب قابل استفاده باشد و با استفاده از برخی خصوصیات ساده بتوان شاخص‌های پیچیده را گزینش و انتخاب نمود (۱۵). تفاوت در برخی از ویژگی‌های میوه ممکن است به دلیل تکثیر پذیری، اختلاف در آب‌وهوا و نحوه گرده‌افشانی باشد (۳۵). مرکبات به دلیل برخی خصوصیات خاص از قبیل سازگاری جنسی آنها با جنس‌های مرتبط و همچنین سازگاری بین‌گونه‌ای از لحاظ گوناگونی، تنوع قابل توجهی دارند (۵). علاوه بر این، از آنجاکه تفاوت گونه‌های مختلف لایم اسپرماتوفیتیک است و سابقه طولانی از نظر کشت دارند لذا ژنوتیپ‌های متفاوتی در مناطق جنوبی ایران مشاهده می‌گردد (۲۶).

امروزه از نشانگرهای ژنتیکی جهت حفاظت و مدیریت و همچنین شناسایی بهتر و مناسب‌تر ژرم‌پلاسماهای باغبانی استفاده می‌گردد (۱۶). نشانگرهای مورفولوژی که دسته بزرگی از نشانگرها می‌باشند نیز در دسته نشانگرهای ژنتیکی قرار دارند (۲۳). مالیک و همکارانش در سال ۲۰۱۲ (۲۲) در بررسی تفاوت‌های ژنتیکی ارقام پرتقال (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) در هند از نشانگرهای مورفولوژی و مولکولی RAPD استفاده نمودند. شاهین-چویک و آمووری در سال ۲۰۱۲ (۲۹) نیز از نشانگرهای مورفولوژی برای بررسی صفات کمی (QTL) جنس *Citrus* استفاده کردند. با کاربرد نشانگرهای مورفولوژی و مولکولی شناسایی و روابط ژنتیکی ماندارین‌ها (*Citrus reticulata* Blanco) توسط پال و همکاران (۲۵)، کامپوس و همکاران (۴) و کثوهر-سانتوس و همکاران (۲۰) در سه منطقه متفاوت بررسی شدند. دورچی و یاپ‌واتادافیوم (۷) در بررسی اکسپشن‌های نارنگی (*Citrus reticulata* Blanco) با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژی نتیجه‌گیری نمودند که داده‌های حاصل از

بررسی طول و عرض برگ؛ عرض، طول و قطر میوه؛ ضخامت اپی‌کارپ و تعداد بذر در میوه نسبت به ویژگی‌های گل جهت بررسی مناسب‌تر هستند. برای بررسی تنوع ژنتیکی درختان مرکباتی که تحت عنوان لایم شناخته می‌گردند نیز تحقیقات وسیعی انجام شده است (۱۷، ۱۹، ۲۶ و ۳۵)، خیاوی و همکاران (۱۹) که بر روی ۲۹ نمونه مناطق میناب، منوجان، داراب، شمال و نمونه‌های استاندارد تحت عنوان لایم مطالعاتی داشته دارای ۷ ژنوتیپ مشترک (حدود ۲۳٪) با مطالعه حاضر بود یکی از جامع‌ترین مطالعات صورت گرفته بر روی نمونه‌های مناطق کشت لایم در جنوب است.

از نشانگرهای مورفولوژیکی همچنین در بررسی گیاهان متعددی مانند هلو برای تهیه نقشه لینکاژی در ترکیب با نشانگرهای دیگر (RAPD و RFLP) (۲۷)، در کیوی برای بررسی و شناسایی ژرم پلاسما (۹) در بادام به جهت ارزیابی تنوع ژنتیکی (۳۰) استفاده شده است.

در این مطالعه برخی ژنوتیپ‌های لایم و لمون در جنوب ایران را از نظر صفات مورفولوژیکی بررسی شد تا به اطلاعات موجود از آنها اضافه کرده و بتوان از آنها در برنامه‌های بهنژادی استفاده مناسب‌تری نمود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

تعداد ده درخت از منطقه میناب به‌عنوان نوار جنوبی مرکبات کاری که محصول عمده آن مناطق لیمو است از کلکسیون ایستگاه تحقیقاتی آن شهرستان انتخاب گردید که در انتخاب نمونه‌ها باز هم سعی بر این بود که نمونه‌هایی انتخاب گردند که کل منطقه را پوشش دهند. شش درخت از منطقه منوجان به‌عنوان حفاصل مابین نوار جنوبی مرکبات کاری و منطقه مرکزی مرکبات کاری انتخاب گردیدند. جهت آنکه منطقه مرکزی مرکبات کاری ایران نیز به‌طور بیشتری تحت پوشش قرار گیرد نیز تعداد هفت درخت از منطقه داراب به‌عنوان منطقه‌ای در غرب ناحیه مرکبات کاری مرکزی برگزیده شدند. هفت نمونه از ارقام تجاری شامل مکزیکن لایم، لیمو لیسبون، بالنک، سلطان مرکبات (پوملو)، پرتقال سیاورز، راف‌لمون و پرشین لایم به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند که این نمونه‌ها از پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیر در رامسر تهیه گشتند. دلیل این گستردگی نمونه‌های شاهد کمک به افزایش دقت بررسی تنوع و تعیین مسیر تکاملی و فیلوژنتیک بود. نکته لازم به ذکر این است که تمام درختان در مرحله بلوغ بودند. این پروژه در دو سال متوالی (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) انجام شد. جدول ۱ اسامی نمونه‌های مورد بررسی و شکل ۱ مناطقی که نمونه‌های تحت پوشش قرار دادند را بیان می‌نماید.

جدول ۱- نمونه‌های لیمو اسیدی بکار رفته در بررسی مورفولوژی
Table 1- Acid lime samples used in morphological analysis

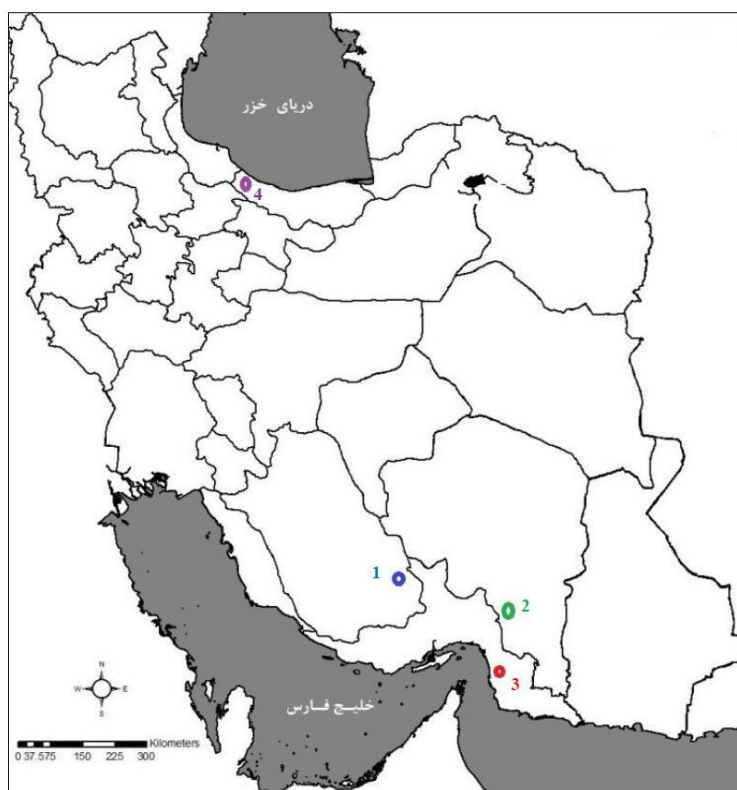
کد نمونه Plant code*	نام محلی Local name	محل جمع‌آوری Location	نام علمی Scientific name	کد نمونه Plant code*	نام محلی Local name	محل جمع‌آوری Location	نام علمی Scientific name
D1	لیمو فری Feri lime	داراب Drab	<i>Citrus</i> sp.	M1-13	ناشناس Unknown	میناب Minab	<i>Citrus</i> sp.
D2	لیمو بکرایبی Bakrai lime	داراب Drab	<i>Citrus</i> sp.	M1-14	ناشناس Unknown	میناب Minab	<i>Citrus</i> sp.
D3	ناشناس Unknown	داراب Drab	<i>Citrus</i> sp.	M2-2	ناشناس Unknown	رودان Rudan	<i>Citrus</i> sp.
D4	ناشناس Unknown	داراب Drab	<i>Citrus</i> sp.	M2-8	ناشناس Unknown	رودان Rudan	<i>Citrus</i> sp.
D5	لیمو چهارفصل Four season lime	داراب Drab	<i>Citrus</i> sp.	M2-10	ناشناس Unknown	رودان Rudan	<i>Citrus</i> sp.
D6	لیمو سنگی Rock lemon	داراب Drab	<i>Citrus</i> sp.	M4-2	ناشناس Unknown	سندرک Senderk	<i>Citrus</i> sp.
D7	لیمو خیار Cucumber lime	داراب Drab	<i>Citrus</i> sp.	M5-1	ناشناس Unknown	جنین Jaghin	<i>Citrus</i> sp.
MA5	منوجان ۵ Manojan 5	منوجان Manojan	<i>Citrus</i> sp.	M5-2	ناشناس Unknown	جنین Jaghin	<i>Citrus</i> sp.
MA6	منوجان ۶ Manojan 6	منوجان Manojan	<i>Citrus</i> sp.	S1	مکزیکن لایم Mexican lime	رامسر Ramsar	<i>Citrus aurantifolia</i>
MA7	منوجان ۷ Manojan 7	منوجان Manojan	<i>Citrus</i> sp.	S2	لیمو لیسبون Lisbon lemon	رامسر Ramsar	<i>Citrus × limon</i>
MA8	منوجان ۸ Manojan 8	منوجان Manojan	<i>Citrus</i> sp.	S3	پرتقال سیاورزی Siavaraz sweet orange	رامسر Ramsar	<i>C. sinensis</i>
MA9	منوجان ۹ Manojan 9	منوجان Manojan	<i>Citrus</i> sp.	S5	راف لمون Rough lemon	رامسر Ramsar	<i>Citrus jambhiri</i>
MA10	منوجان ۱۰ Manojan 10	منوجان Manojan	<i>Citrus</i> sp.	S6	سلطان مرکبات Pummelo	رامسر Ramsar	<i>C. grandis</i>
M1-1	رودان لایم Rudan lime	میناب Minab	<i>Citrus</i> sp.	S7	پرشین لایم Persian lime	رامسر Ramsar	<i>Citrus × latifolia</i>
M1-10	ناشناس Unknown	میناب Minab	<i>Citrus</i> sp.	S10	بالنگ Citron	رامسر Ramsar	<i>C. medica</i>

کد نمونه‌ها: D: نمونه‌های جمع‌آوری شده از منطقه داراب، MA: نمونه‌های جمع‌آوری شده از منطقه منوجان، M: نمونه‌های جمع‌آوری شده از منطقه میناب، S: نمونه‌های شاهد (از منطقه رامسر)

آنالیز مورفولوژی

برای بررسی مورفولوژی و خصوصیات ظاهری درختان در کل ۴۱ صفت کمی و کیفی (۹ صفت کمی و ۳۲ صفت کیفی) در رابطه با هر درخت، ده برگ، پنج میوه و بذر داخل پنج میوه مورد بررسی قرار گرفت. انتخاب صفات مورد بررسی بر اساس توصیف نامه توصیه شده توسط موسسه بین‌المللی بررسی ژنتیک گیاهان^۱ صورت

پذیرفت (۱۳). برای آنکه اثر محیط در بررسی کم گردد عمل نمونه‌گیری در دو سال متفاوت با سه تکرار انجام شد. جدول ۲ صفات بررسی شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱- مناطق جمع‌آوری نمونه‌های ژنوتیپ‌های لایم (*Citrus aurantifolia*) مورد بررسی: شماره ۱ داراب (۲۸,۷۵N, ۵۴,۵۳E)، شماره ۲ منوجان (۲۷,۴۰N, ۵۷,۴۹E)، شماره ۳ میناب (۲۷,۱۴N, ۵۷,۰۷E) و شماره ۴ رامسر (۳۶,۹۲N, ۵۰,۶۴E).

Figure 1- Collection sites of the studied samples of lime genotypes (*Citrus aurantifolia*) (1= Darab (54.53E, 28.75N), 2= Manojan (57.49E, 27.40N), 3= Minab (57.07E, 27.14N) and 4= Ramsar (50.64E, 36.92N)

مورفولوژی مشابه یکدیگر بودند، اگرچه برخی از آنها تفاوت‌های کوچک و کمی در ویژگی‌هایی مانند شکل درخت، زاویه شاخه، شکل نوک برگ و حاشیه پهنک، طول دم‌برگ، شکل پهنک، اندازه (طول و عرض) پهنک‌برگ و شکل بذر نشان دادند. تفاوت در برخی ویژگی‌های موردبررسی احتمالاً به تکثیر بذری، آب‌وهوای متفاوت و نحوه گرده‌افشانی بازمی‌گردد (۳۵).

جهت مشخص نمودن بهترین ضریب برای محاسبه ماتریس تشابه دویه‌دو و تجزیه کلاستر ضریب کوفنتیک برای سه ضریب دایس، جاکارد و تشابه ساده محاسبه گردید و بالاترین میزان ضریب کوفنتیک با میزان ۰/۷۹ متعلق به ضریب تشابه ساده و الگوریتم UPGMA بود. این ضریب نشان می‌دهد چه میزان از اطلاعات ماتریس تشابه محاسبه‌شده به کلاستر طراحی‌شده منتقل شده‌اند. بر این اساس، ضریب تشابه ساده برای محاسبه ماتریس تشابه و الگوریتم UPGMA برای طراحی کلاستر مورد استفاده قرار گرفتند. بالاتر بودن میزان ضریب کوفنتیک دلالت بر رابطه بیشتر ماتریس تشابه محاسبه‌شده و کلاستر طراحی‌شده است (۲۴).

جهت بررسی داده‌ها از روش به‌کاربرده توسط خیاوی و همکاران (۱۹) استفاده شد. بنابراین داده‌های حاصل جهت بررسی ابتدا توسط نرم‌افزار Ntsys و ضریب YBAR استاندارد سازی شده و سپس توسط همین نرم‌افزار ماتریس تشابه بر اساس ضریب تشابه ساده^۱ محاسبه گردید. جهت طراحی کلاستر بر اساس ماتریس تشابه از الگوریتم UPGMA در نرم‌افزار NTSYS-pc, v. 2.02 استفاده شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی^۲ برای گروه‌بندی نمونه‌ها صورت گرفت و تجزیه بای‌پلات توسط نرم‌افزار Past-pc, v. 4.03 صورت گرفت.

نتایج و بحث

شناسایی نمونه‌ها بر اساس توصیف نامه IPGRI برای مورفولوژی برگ و میوه نمونه‌های لیموی چهار استان عمده کاشت مرکبات ایران صورت گرفت. تمام نمونه‌های لیمو گزینش‌شده از نظر

1- Simple Matching Coefficient
2- Principal component analysis (PCA)

جدول ۲- صفات مورفولوژیکی مورد بررسی برخی ژنوتیپ‌های لایم (*Citrus aurantifolia*)

Table 2- Investigated morphological characters of lime genotypes (*Citrus aurantifolia*)

ردیف Row	صفات Characteristics	ردیف Row	صفات Characteristics	ردیف Row	صفات Characteristics
1	عادت رشدی درخت Tree growth habit	15	پهنای گوشوارک Petiole wing width	29	رنگ میانبر (آلبیدو) Albedo colour
2	زاویه شاخه Branch angle	16	شکل گوشوارک Petiole wing shape	30	انتهای نزدیک به خامه میوه Fruit styler end
3	شکل درخت بالغ Tree shape	17	شکل میوه Fruit shape	31	تعداد پره در هر میوه Number of segments per fruit
4	رنگ نوک شاخه Shoot tip color	18	شکل قاعده میوه Shape of fruit base	32	چسبیدگی دیواره پره‌ها به یکدیگر Adherence of segment walls to each other
5	تراکم تیغ در درخت بالغ Spine density on adult tree	19	شکل سر میوه Shape of fruit apex	33	ضخامت دیواره پره‌ها Thickness of segment walls
6	شکل تیغ Spine shape	20	رنگ پوست (اپیکارپ) میوه Fruit skin (epicarp) colour	34	محور میوه Fruit axis
7	شکل پهنک Leaf lamina shape	21	ضخامت پوست در استوای میوه Width of epicarp at equatorial area	35	رنگ گوشت (پالپ) Pulp (flesh) colour
8	حاشیه پهنک leaf lamina margin	22	وزن میوه Fruit weight	36	بافت گوشت Pulp firmness
9	نوک برگ leaf apex	23	طول میوه Fruit length	37	طول کیسه‌های ترش‌خی Vesicle length
10	طول پهنک Leaf lamina length	24	قطر میوه Fruit diameter	38	متوسط تعداد بذر در هر میوه Average number of seeds per fruit
11	عرض پهنک Leaf lamina width	25	نسبت طول به قطر میوه Ratio fruit length/ diameter	39	شکل بذر Seed shape
12	نسبت طول به عرض پهنک Ratio leaf lamina length/width	26	بافت سطح پوست میوه Fruit surface texture	40	سطح بذر Seed surface
13	طول دم‌برگ Petiole length	27	چسبندگی آلبیدو (مزوکارپ) به گوشت (اندوکارپ) Adherence of albedo (mesocarp) to pulp (endocarp)	41	رنگ بذر Seed colour
14	وضعیت گوشوارک Petiole condition	28	وضوح غدد ترش‌خی Nature (conspicuousness) of oil glands		

۱۹)، بنابراین جدا شدن سلطان مرکبات غیرطبیعی نبود. در بررسی مورفولوژی مرکبات، محدوده تنوع ژنتیکی محاسبه‌شده توسط شاخص‌های مورفولوژیکی عموماً در محدوده‌ای که در بررسی حاضر محاسبه گشته است. کوئهلر-سانتوس و همکاران (۲۰) در بررسی تنوع ژنتیکی نارنگی‌های برزیل، متوسط شباهت ۰/۶ را توسط ویژگی‌های مورفولوژیکی محاسبه نمودند. همچنین کومار و همکاران (۲۱) در نارنگی حداکثر و حداقل شباهت محاسبه‌شده توسط ویژگی‌های مورفولوژیکی را به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۱۷ مشاهده کردند. پال و همکاران (۲۵) نیز در بررسی نارنگی با استفاده از ۳۳ شاخص مورفولوژی دامنه شباهت را مابین ۰/۱۵ الی ۰/۷۳ با متوسط ۰/۴۴ به

بررسی ماتریس تشابه بر اساس ضریب تشابه ساده^۱ (SM) (جدول ۳) برای داده‌های مورفولوژیکی بیان داشت که مابین نمونه‌ها در دامنه ۰/۱۴۱ الی ۰/۶۸۳ شباهت وجود دارد. متوسط میزان تشابه نیز ۰/۳۸۸ به دست آمد. بر اساس نتایج ۶۲/۱۵ در صد مقایسه‌ها کمتر از میانگین و ۳۷/۸۵٪ بالای میانگین بودند. حداکثر میزان تشابه به دو نمونه مکزیکن لایم و پرشین لایم تعلق داشت و حداکثر میزان تفاوت نیز مابین نمونه‌های MA6 با M2-8، S6 با MA8، S1 با M1-13 و S6 با S10 مشاهده شد. در مطالعات گذشته نیز سلطان مرکبات (S6) از سایر نمونه‌ها فاصله گرفته و جداشده بود (۳، ۱۷ و

1- simple matching coefficient

دست آورند. کامپوس و همکاران (۴) نیز به وسیله نشانگرهای مورفولوژیکی به بررسی تنوع ژنتیکی نارنگی‌ها اقدام نمودند و با ۲۰ ویژگی کمی و ۱۰ صفت کیفی ضریب تشابه بین ۰/۱۵ الی ۰/۷۳ را گزارش کردند. با توجه به آنکه این دو مطالعه پال و همکاران (۲۵) و کامپوس و همکاران (۴) در داخل یک‌گونه صورت گرفته و با توجه به اینکه اکثر نمونه‌های ما نیز ویژگی مشابه مکزیکن لایم را نشان می‌دادند، می‌توان نتیجه گرفت که دامنه تفاوت محاسبه‌شده در بررسی ما نیز طبیعی است که این دامنه به‌دست‌آمده دامنه‌ای زیاد و گسترده است. خیای و همکاران (۱۹) نیز در بررسی تنوع مورفولوژیک لایم‌های سه منطقه عمده کشت این گیاه دامنه تشابهی در محدوده ۰/۱۹ الی ۰/۸۸ با متوسط ۰/۴ گزارش نموده‌اند.

در بررسی حاضر میانگین شاخص‌های برگ شامل طول برگ، عرض برگ و طول دم‌برگ به ترتیب برابر ۷۹/۵۱، ۷۴/۲۵ و ۱۷/۴۵ میلی‌متر بود که ۳۳/۳۳ در صد نمونه‌ها طول برگ کمتر از متوسط ۶/۶۷٪ عرض برگ کمتر از متوسط و ۱۰٪ نیز طول دم‌برگ کمتر از متوسط داشتند. در رابطه با میوه نیز متوسط ضخامت پوست در استوای میوه ۴/۰۵ میلی‌متر، وزن میوه ۹۹/۹۷ گرم، طول و قطر میوه نیز به ترتیب ۵۸/۰۶ و ۵۱/۵۳ میلی‌متر محاسبه شد که در ۳۰٪ نمونه‌ها ضخامت پوست کمتر از حد متوسط بود. ۲۶/۶۷٪، ۳۳/۳۳٪ و ۳۳/۳۳٪ نمونه‌ها نیز میانگین کمتر از اندازه محاسبه‌شده برای وزن، طول و قطر میوه را نشان دادند.

در رابطه با این ویژگی‌ها، شاخص‌های برگ (عرض و طول پهنک و طول دم‌برگ) و میوه (ضخامت پوست در استوا میوه، وزن، طول و قطر میوه) باید خاطر نشان نمود که نمونه‌های M1-14، S6 یا همان سلطان مرکبات و S10 یا همان بالنگ در اکثر ویژگی بالاتر از حد متوسط بودند. اگر این نمونه‌ها از میانگین حذف و مجدد میانگین گیری شود به دلیل آنکه میزان محاسبه‌شده برای آن فوق‌العاده بالا است، مشاهده می‌شود که اکثر ژنوتیپ‌های لیمو مورد بررسی در ویژگی‌های مطرح‌شده مشابه دو نمونه لایم استاندارد مورد بررسی (مکزیکن لایم و پرشین لایم) می‌باشند.

همانطور که در کلاستر طراحی‌شده (شکل ۲) مشاهده می‌گردد نمونه‌ها در میزان تشابه ۰/۳۲ به چهار گروه اصلی تقسیم گردیدند. گروه اول شامل تنها یک نمونه (S6) یا سلطان مرکبات بود که این موضوع نشان از فاصله زیاد این نمونه از دسته لایم‌ها و لمون‌ها می‌باشد. در مطالعات پیشین نیز این نمونه به‌عنوان اجداد اولیه مرکبات مطرح‌شده بود (۳). در مطالعه خیای و همکاران (۱۹) نیز دو نمونه سلطان مرکبات و ژنوتیپ جمع‌آوری‌شده بانام لیمو گلاب امل نیز در همین محدوده تشابه از سایر نمونه‌های لایم و لمون جدا شده‌اند. جدا شدن سلطان مرکبات از سایر نمونه‌های دیگر مرکبات با استفاده از نشانگرهای مولکولی در مطالعات عابدین پور و همکاران (۱)، العنباری و همکاران (۲) و گولسن و روز (۱۲) مشاهده‌شده بود.

گروه دوم تماماً نمونه‌های منطقه میناب را شامل می‌شد. نکته مهم اولیه که از این گروه‌بندی به دست آمد تفکیک شدن نمونه‌های لیمو منطقه نواری شمال دریای عمان از سایر نمونه‌های لیمو (چه تجاری و چه ژنوتیپ‌های جمع‌آوری‌شده) بود. در مطالعه‌های خیای و همکاران (۱۹) و راهب و همکاران (۲۶) که نمونه‌هایی از منطقه میناب را بررسی نموده‌اند مسیر تفکیکی مشابهی را نشان دادند و در مطالعات آنها نیز نمونه‌های منطقه میناب گروه خاص خود را تشکیل داده‌اند. تشکیل یک گروه شاخص برای نمونه‌های میناب می‌تواند به دلیل مسیر تکاملی خاص برای این نمونه‌ها باشد، به‌طوری‌که در این منطقه فقط کاشت لیمو رایج بوده و تقریباً هیچ‌گونه مرکبات دیگری وجود ندارد که جریان ژنی را به این منطقه وارد نماید و همچنین تکثیر لیموها در این منطقه از راه بذر است و به دلیل ذکرشده در بالا، حفاظت‌شدگی ژنوتیپ‌ها در این منطقه طبیعی به نظر می‌رسد. گروه سوم نیز تنها دو نمونه پرتقال محلی (S3) و بالنگ (S10) که به‌عنوان شاهد در بررسی قرار داشتند را شامل بود. قرارگیری بالنگ در میانه‌های کلاستر با موضوع جد اولیه بودن این گیاه (۳) برای انواع مرکبات کاملاً همخوانی دارد. از این دو نمونه، رقم پرتقال فاقد رابطه ژنتیکی گزارش‌شده با لیموها (لایم و لمون) است. بالنگ نیز که به‌عنوان یکی از اجداد اولیه لمون‌ها مطرح است (۳) از نظر ویژگی‌های مورفولوژیکی تفاوت‌های بارزی با لمون‌ها دارد، بنابراین جدا شدن این نمونه‌ها منطقی و اصولی است. نتایج گزارش‌شده در بررسی‌های صورت گرفته توسط نشانگرهای مولکولی نیز جدا شدن این نمونه‌ها از لیموها را گزارش کرده‌اند (۲، ۱۱، ۳۱ و ۳۲).

اما در گروه چهارم که شامل ۱۷ نمونه (۵۶/۶۶ در صد کل نمونه‌ها) بود پیچیدگی بیشتری مشاهده می‌شد زیرا که نمونه‌های شاهد لایم و لمون و ناحیه مرکزی مرکبات کاری ایران که خود دو منطقه داراب و منوجان را شامل می‌شد در برداشت. در این گروه در حد تشابه ۲۸٪ ابتدا رقم لیمو لیسبون از سایر نمونه‌ها جدا گشت و در ادامه نمونه‌های منطقه منوجان زیرگروه خاص خود را تشکیل دادند و تنها یک نمونه از این منطقه (MA10) در زیرگروه سوم به همراه نمونه‌های منطقه داراب و سه رقم مکزیکن لایم، پرشین لایم و رافلمون قرار گرفت. این جدا شدن و تشکیل یک زیرگروه خاص برای نمونه‌های منطقه منوجان بر اساس داده‌های مورفولوژیکی می‌تواند نشان از مسیر تکاملی جداگانه‌ای از نمونه‌های هم‌گروه باشد. دلایل مشابه، دلایل ذکرشده برای حفاظت‌شدگی نمونه‌های میناب، برای نمونه‌های این منطقه نیز صادق است. اما از آنجایی که نمونه‌های انتخابی از این منطقه محدود بودند، با قاطعیت نمی‌توان در رابطه با این موضوع که آیا این جمعیت از سایر نمونه‌ها باید جدا گردند یا خیر، اظهار نظر نمود.

جدول ۳- ماتریس تشابه بر اساس داده‌های مورفولوژیکی برخی ژنوتیپ‌های لایم (*Citrus aurantifolia*)
Table 3- Similarity matrix based on the morphological data of lime genotypes (*Citrus aurantifolia*)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	MA5	MA6	MA7	MA8	MA9	MA10	M1-1	M1-10	M1-13	M1-14	M2-2	M2-8
D1	1.000																		
D2	0.537	1.000																	
D3	0.439	0.390	1.000																
D4	0.537	0.463	0.463	1.000															
D5	0.488	0.488	0.512	0.439	1.000														
D6	0.390	0.415	0.463	0.439	0.439	1.000													
D7	0.390	0.390	0.463	0.415	0.463	0.390	1.000												
MA5	0.341	0.341	0.341	0.390	0.317	0.415	0.341	1.000											
MA6	0.439	0.293	0.415	0.366	0.390	0.341	0.366	0.341	1.000										
MA7	0.415	0.366	0.488	0.439	0.415	0.415	0.439	0.439	0.488	1.000									
MA8	0.341	0.293	0.366	0.366	0.415	0.268	0.415	0.488	0.415	0.512	1.000								
MA9	0.390	0.366	0.366	0.317	0.415	0.268	0.268	0.317	0.463	0.463	0.415	1.000							
MA10	0.390	0.293	0.488	0.341	0.463	0.439	0.390	0.390	0.463	0.463	0.366	0.463	1.000						
M1-1	0.341	0.415	0.293	0.366	0.341	0.293	0.171	0.366	0.390	0.341	0.341	0.390	0.317	1.000					
M1-10	0.317	0.341	0.317	0.390	0.366	0.268	0.220	0.390	0.415	0.268	0.366	0.341	0.317	0.561	1.000				
M1-13	0.293	0.317	0.317	0.341	0.268	0.293	0.195	0.341	0.293	0.341	0.244	0.195	0.317	0.463	0.341	1.000			
M1-14	0.415	0.317	0.341	0.415	0.293	0.244	0.293	0.341	0.390	0.415	0.390	0.268	0.293	0.415	0.488	0.415	1.000		
M2-2	0.366	0.293	0.415	0.366	0.390	0.317	0.317	0.366	0.317	0.390	0.317	0.268	0.366	0.488	0.512	0.439	0.439	1.000	
M2-8	0.220	0.293	0.220	0.268	0.195	0.268	0.220	0.244	0.146	0.220	0.171	0.171	0.244	0.439	0.341	0.390	0.317	0.366	1.000
M2-10	0.390	0.244	0.366	0.366	0.341	0.244	0.366	0.317	0.341	0.341	0.244	0.220	0.415	0.366	0.415	0.512	0.439	0.561	0.341
M4-2	0.390	0.366	0.463	0.390	0.439	0.293	0.293	0.390	0.293	0.415	0.415	0.366	0.366	0.463	0.512	0.439	0.390	0.561	0.293
M5-1	0.366	0.220	0.366	0.341	0.341	0.268	0.341	0.317	0.341	0.366	0.366	0.268	0.341	0.415	0.463	0.390	0.512	0.512	0.317
M5-2	0.293	0.220	0.220	0.317	0.366	0.244	0.268	0.293	0.244	0.244	0.341	0.244	0.341	0.439	0.439	0.341	0.317	0.585	0.415
S1	0.463	0.390	0.415	0.415	0.439	0.293	0.439	0.366	0.366	0.439	0.415	0.415	0.341	0.244	0.268	0.146	0.317	0.341	0.220
S2	0.415	0.366	0.366	0.317	0.268	0.341	0.317	0.366	0.293	0.317	0.268	0.293	0.341	0.244	0.293	0.341	0.366	0.268	0.220
S3	0.415	0.415	0.366	0.317	0.341	0.317	0.293	0.317	0.220	0.317	0.341	0.317	0.195	0.366	0.293	0.220	0.317	0.341	0.341
S5	0.463	0.390	0.341	0.463	0.415	0.341	0.366	0.366	0.293	0.366	0.317	0.268	0.415	0.341	0.317	0.317	0.366	0.341	0.268

ادامه جدول ۳- ماتریس تشابه بر اساس داده‌های مورفولوژیکی برخی ژنوتیپ‌های لایم (*Citrus aurantifolia*)
Continue Table 3- Similarity matrix based on the morphological data of lime genotypes (*Citrus aurantifolia*)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	MA5	MA6	MA7	MA8	MA9	MA10	M1-1	M1-10	M1-13	M1-14	M2-2	M2-8
S6	0.268	0.220	0.268	0.268	0.268	0.220	0.244	0.220	0.293	0.220	0.146	0.244	0.293	0.366	0.268	0.268	0.244	0.293	0.220
S7	0.488	0.415	0.390	0.415	0.488	0.293	0.463	0.390	0.366	0.415	0.439	0.366	0.317	0.268	0.341	0.220	0.341	0.415	0.244
S10	0.341	0.293	0.341	0.341	0.293	0.341	0.244	0.268	0.268	0.293	0.293	0.341	0.268	0.268	0.220	0.268	0.268	0.268	0.220

ادامه جدول ۳- ماتریس تشابه بر اساس داده‌های مورفولوژیکی برخی زئوتیپ‌های لایم (*Citrus aurantifolia*)
Continue Table 3- Similarity matrix based on the morphological data of lime genotypes (*Citrus aurantifolia*)

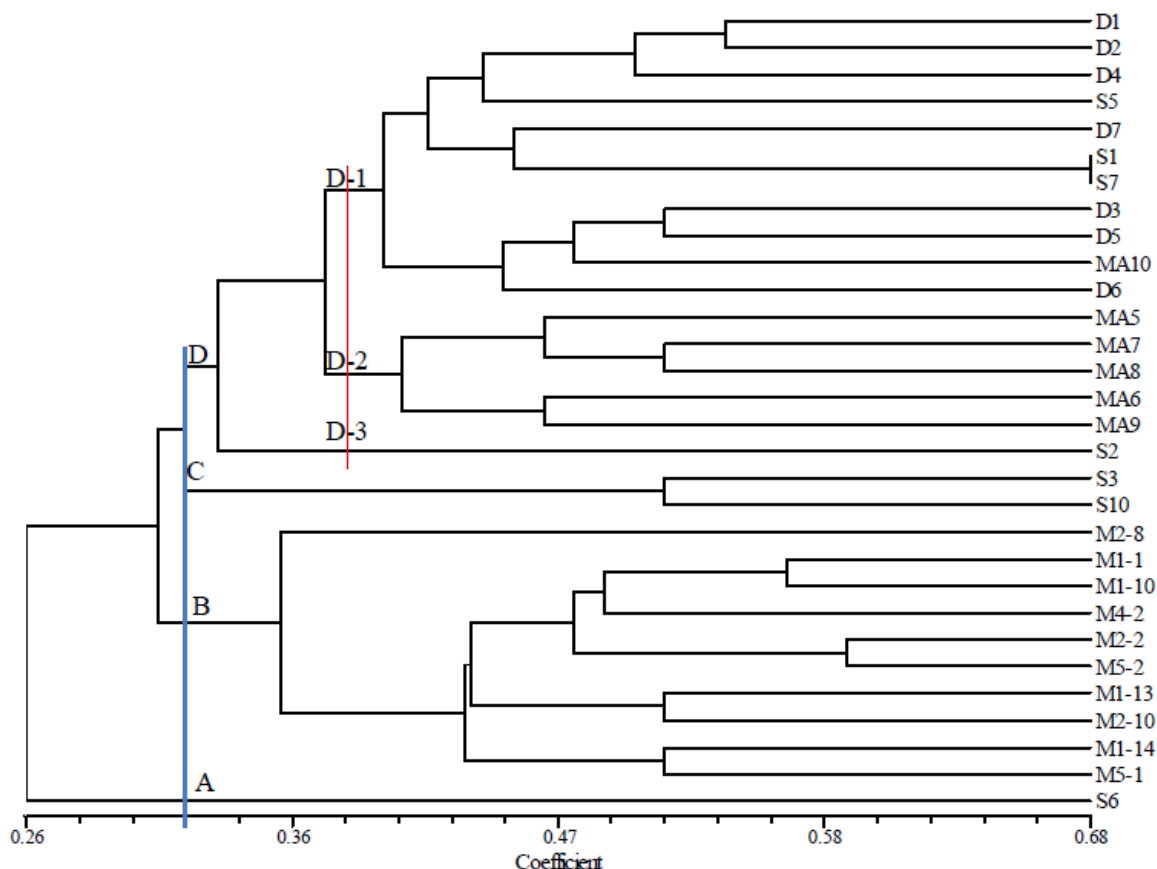
	M2-10	M4-2	M5-1	M5-2	S1	S2	S3	S5	S6	S7	S10
M2-10	1.000										
M4-2	0.463	1.000									
M5-1	0.488	0.415	1.000								
M5-2	0.463	0.415	0.439	1.000							
S1	0.220	0.317	0.268	0.317	1.000						
S2	0.293	0.220	0.317	0.220	0.366	1.000					
S3	0.244	0.317	0.341	0.317	0.415	0.366	1.000				
S5	0.366	0.341	0.317	0.293	0.415	0.317	0.341	1.000			
S6	0.293	0.317	0.244	0.268	0.268	0.317	0.244	0.268	1.000		
S7	0.293	0.390	0.317	0.366	0.683	0.366	0.439	0.439	0.220	1.000	
S10	0.220	0.244	0.195	0.268	0.341	0.268	0.512	0.244	0.146	0.341	1.000

جدول ۴- نتایج صفات مورفولوژیک غالب (معیار ارزیابی بیش از ۵۰ درصد در هر دو گروه) در ژنوتیپ‌های لایم
Table 4- Results of the dominant morphological traits (criteria for the evaluation of more than 50% of both group members) in lime genotypes

صفات Traits	گروه D Group D				گروه C Group C	گروه B Group B	گروه A Group A
	زیر گروه D-1 Subgroup D-1	زیر گروه D-2 Subgroup D-2	زیر گروه D-3 Subgroup D-3	گروه D Group D			
عادت رشدی درخت Tree growth habit	پخش و گسترده Drooping متوسط Medium	پخش و گسترده Drooping متوسط Medium	پخش و گسترده Drooping متوسط Medium	پخش و گسترده Drooping متوسط Medium	N	عمودی و افراشته Erect متوسط Medium	پخش و گسترده Drooping باز Wide
زاویه شاخه Branch angle	N	کروی Spheroid	پهن Obloid	N	بیضوی Ellipsoid	پهن Obloid	پهن Obloid
شکل درخت بالغ Tree shape	سبز Green	سبز Green	ارغوانی Purple	سبز Green	سبز Green	سبز Green	ارغوانی Purple
رنگ نوک شاخه Shoot tip color	کم Low	N	کم Low	کم Low	ندارد Absent	N	کم Low
تراکم تیغ در درخت بالغ Spine density on adult tree	راست Straight	راست Straight	راست Straight	راست Straight	ندارد Absent	راست Straight	راست Straight
شکل تیغ Spine shape	تخم‌مرغی Ovate	تخم‌مرغی Ovate	تخم‌مرغی Ovate	تخم‌مرغی Ovate	N	N	واژ تخم‌مرغی Obovate
شکل پهنک Leaf lamina shape	صاف Entire	صاف Entire	صاف Entire	صاف Entire	صاف Entire	مقعر Dentate	صاف Entire
حاشیه پهنک Leaf lamina margin	گرد Rounded	گرد Rounded	گرد Rounded	گرد Rounded	باریک Attenuate	گرد Rounded	گرد Rounded
نوک برگ Leaf apex	244.52	64.13	38.44	64.13	90.48	85.48	244.52
طول پهنک Leaf lamina length	196.21	35.49	55.63	35.49	44.63	47.61	196.21
عرض پهنک Leaf lamina width	نسبت طول به عرض پهنک Ratio leaf lamina length/width	1.74	1.68	1.74	2.05	1.86	1.25
طول دم‌برگ Petiole length	188.12	11.3	11.25	11.3	12.86	11.83	188.12
وضعیت گوشوارک Petiole condition	متوسط Medium	متوسط Medium	پیوسته contiguous	متوسط Medium	N	پیوسته Contiguous	متوسط Medium
پهنای گوشوارک Petiole wing width	پهن Broad	باریک Narrow	باریک Narrow	باریک Narrow	N	باریک Narrow	پهن Broad
شکل گوشوارک Petiole wing shape	واژ تخم‌مرغی Obovate	باریک و کشیده Linear	باریک و کشیده Linear	باریک و کشیده Linear	M	باریک و کشیده Linear	واژ تخم‌مرغی Obovate
شکل میوه Fruit shape	کروی Spheroid	کروی Spheroid	بیضوی Ellipsoid	بیضوی Ellipsoid	کروی Spheroid	کروی Spheroid	کروی Spheroid
شکل قاعده میوه Shape of fruit base	می‌سر Truncate	می‌سر Truncate	محدب Convex	محدب Convex	N	می‌سر Truncate	می‌سر Truncate
شکل سر میوه Shape of fruit apex	نوک تیز Acute	پستالکی Mammiform	پستالکی Mammiform	پستالکی Mammiform	مقعر Truncate	N	نوک تیز Acute
رنگ پوست میوه Fruit skin colour	سبز-زرد Green-yellow	سبز-زرد Green-yellow	زرد Yellow	سبز-زرد Green-yellow	N	N	سبز-زرد Green-yellow

ضخامت پوست در استوای میوه Width of epicarp at equatorial area	26.1	2.79	5.56	3.15	2.74	7.8	3.31
وزن میوه Fruit weight	970.4	80.95	120.48	62.24	30.94	139	57.55
طول میوه Fruit length	155.43	56.88	60.1	55.99	41.39	74.38	52.78
قطر میوه Fruit diameter	143.99	49.68	62.28	49.64	34.07	64.32	45.92
نسبت طول به قطر میوه Ratio Fruit length/ diameter	1.08	1.17	0.97	1.13	1.21	1.16	1.15
بافت سطح پوست میوه Fruit surface texture	ناهموار Bumpy	صاف Smooth	زبر Rough	N	زبر Rough	زبر Rough	N
چسبندگی آلبیدو به گوشت Adherence of albedo to pulp	قوی Strong	متوسط Medium	متوسط Medium	N	متوسط Medium	قوی Strong	متوسط Medium
وضوح غدد ترشحی Nature (conspicuousness) of oil glands	واضح Conspicuous	واضح Conspicuous	N	واضح Conspicuous	واضح Conspicuous	واضح Conspicuous	واضح Conspicuous
رنگ میابنر (آلبیدو) Albedo colour	سفید White	سفید White	سفید White	سفید White	زرد Yellow	سفید White	سفید White
انتهای نزدیک به خامه میوه Fruit stylar end	خامه حاضر است Persistent style	بسته Closed	بسته Closed	بسته Closed	بسته Closed	باز Open	بسته Closed
تعداد پره در هر میوه Number of segments per fruit	15-18	10-14	10-14	10-14	5-9	10-14	10-14
چسبندگی دیواره پرها به یکدیگر Adherence of segment walls to each other	قوی Strong	N	N	متوسط Medium	متوسط Medium	قوی Strong	متوسط Medium
محور میوه Fruit axis	جامد Solid	جامد Solid	N	جامد Solid	جامد Solid	نیمه توخالی Semi-hollow	جامد Solid
ضخامت دیواره پرها Thickness of segment walls	ضخیم Thick	نازک Thin	N	نازک Thin	نازک Thin	متوسط Medium	نازک Thin
رنگ گوشت Pulp (flesh) colour	زرد Yellow	زرد Yellow	نارنجی-قرمز Orange-red	زرد Yellow	زرد Yellow	زرد Yellow	زرد Yellow
بافت گوشت Pulp firmness	نرم Soft	نرم Soft	حد وسط Intermediate	حد وسط Intermediate	حد وسط Intermediate	حد وسط Intermediate	حد وسط Intermediate
طول کیسه‌های ترشحی Vesicle length	بلند Long	بلند Long	کوتاه Short	کوتاه Short	بلند Long	کوتاه Short	کوتاه Short
متوسط تعداد بذر در هر میوه Average number of seeds per fruit	10-19	1-4	5-9	1-4	10-19	5-9	N
شکل بذر Seed shape	تخم‌مرغی Ovoid	تخم‌مرغی Ovoid	سه گوش نیمه Semi-deltoid	N	مخروطی Fusiform	تخم‌مرغی Ovoid	تخم‌مرغی Ovoid
سطح بذر Seed surface	صاف Smooth	صاف Smooth	چروکیده Wrinkled	چروکیده Wrinkled	صاف Smooth	صاف Smooth	چروکیده Wrinkled
رنگ بذر Seed colour	کرم Cream	کرم Cream	کرم Cream	کرم Cream	کرم Cream	کرم Cream	کرم Cream

*هیچ ویژگی ۵۰٪ یا بالاتر نبود.
*No trait was 50% or higher.



شکل ۲- دندروگرام ۳۰ نمونه مرکبات مورد بررسی با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی. به روش UPGMA (کد نمونه‌ها بر اساس جدول ۱ است)

Figure 2- Dendrogram of 30 citrus samples using morphological markers based on UPGMA (Sample code are based on Table 1)

تنوع موجود در بین نمونه‌های مورد بررسی را باعث می‌گردند. مؤلفه اول که ۲۲/۹۲ درصد از کل تنوع را باعث می‌گردد به طور برجسته‌ای با صفات طول میوه، قطر میوه، ضخامت پوست در استوای میوه، عرض پهنک، طول دمبرگ و وزن میوه ارتباط دارد. مؤلفه دوم که ۱۴/۶۴ درصد کل تفاوت‌ها ایجاد می‌کند نیز با متوسط تعداد بذر در هر میوه، شکل بذر، سطح بذر و رنگ بذر ارتباط بالایی نشان می‌دهد. رنگ پوست میوه، نسبت طول به قطر میوه، رنگ گوشت و بافت گوشت با سومین مؤلفه که ۱۰/۱۱ درصد محاسبه شده است به طور معنی‌داری رابطه دارند. باقی هفت مؤلفه‌های اصلی باقی‌مانده که ۳۴/۳۷ درصد کل تغییرات را نشان می‌دهند با صفاتی مانند وضعیت گوشوارک، شکل میوه، چسبیدگی دیواره پره‌ها به یکدیگر و بافت گوشت در مؤلفه چهارم؛ حاشیه پهنک، نسبت طول به عرض پهنک، انتهای نزدیک به خامه میوه، محور میوه و رنگ گوشت در مؤلفه پنجم؛ تراکم تیغ در درخت بالغ، شکل تیغ، شکل قاعده میوه، بافت سطح پوست میوه، وضوح غدد ترش‌حی و چسبیدگی دیواره پره‌ها به یکدیگر در مؤلفه ششم؛ نسبت طول به عرض پهنک، شکل قاعده

در بررسی خیای و همکاران (۱۹) که نمونه‌برداری از همین کلکسیون مورد بررسی صورت گرفته بود در تجزیه کلاستر در ارتباط با نمونه‌های منطقه منوجان مسیر جدا شدن مشابهی دیده می‌گردد. از این گروه‌بندی می‌توان به این نتیجه رسید که اکثر نمونه‌های جمع‌آوری شده از منطقه داراب جز لایم‌ها هستند. در بررسی شهسوار و همکاران (۳۲)، شهسوار و همکاران (۳۱)، جهانگیرزاده خیای و همکاران (۱۴)، خیای و همکاران (۱۸) و خانکه‌دانی و همکاران (۱۷) نیز مشاهده شد که نمونه‌های منطقه داراب با مکزیکن لایم و پرشین لایم شباهت بالایی نشان می‌دهند.

برای بررسی الگوی تغییرات ویژگی‌های اندازه‌گیری شده و برای پیدا کردن ویژگی‌های تعیین‌کننده جهت تشخیص تفاوت‌ها، آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از مشاهدات مورفولوژیکی انجام شد. مقادیر ویژه^۱ محاسبه شده حاصل از آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان می‌دهند که ۱۰ مؤلفه اول ۸۲/۰۳ درصد کل

1- Eigen value

بذر در هر میوه در مؤلفه دهم دارای رابطه معنی‌داری هستند. بنا بر نتایج آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از ۴۱ صفت موردبررسی ۳۱ صفت به‌صورت معنی‌داری در کل تفاوت مشاهده‌شده در بین نمونه‌های مورد مطالعه نقش دارند. جدول ۵ نتایج آزمون PCA را نشان می‌دهد.

میوه، وضوح غدد ترش‌چی و رنگ میانبر (آلبیدو) در مؤلفه هفتم؛ زاویه شاخه، تراکم تیغ در درخت بالغ، شکل تیغ و بافت سطح پوست میوه در مؤلفه هشتم؛ شکل میوه، نسبت طول به قطر میوه و طول کیسه‌های ترش‌چی در مؤلفه نهم؛ تراکم تیغ در درخت بالغ، حاشیه پهنک، نوک برگ، شکل سر میوه، رنگ میانبر (آلبیدو) و متوسط تعداد

جدول ۵- نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی همه نمونه‌های موردبررسی از ژنوتیپ‌های لایم

Table 5- Results of principal component analysis (PCA) according to morphological properties of the studied samples of lime phenotypes

صفت Traits	مؤلفه Component*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
عادت رشدی درخت Tree growth habit	-0.04	0.23	0.17	0.25	-0.02	0.08	-0.02	-0.04	0.19	-0.21
زاویه شاخه Branch angle	0.13	-0.09	0.06	-0.09	-0.15	0.02	0.25	0.45	0.04	-0.21
شکل درخت بالغ Tree shape	0.11	-0.11	-0.23	0.16	-0.02	0.02	-0.16	-0.11	-0.19	-0.06
رنگ نوک شاخه Shoot tip color	0.20	0.09	-0.12	-0.10	0.03	-0.02	-0.17	-0.20	0.20	0.08
تراکم تیغ در درخت بالغ Spine density on adult tree	-0.06	0.12	-0.10	0.14	-0.03	0.33	-0.14	0.40	-0.09	0.30
شکل تیغ Spine shape	0.04	0.19	-0.20	0.07	-0.08	0.33	-0.02	0.34	0.12	-0.08
شکل پهنک Leaf lamina shape	0.09	-0.20	0.15	0.14	-0.20	-0.03	-0.16	0.16	-0.18	-0.02
حاشیه پهنک Leaf lamina margin	0.08	-0.03	-0.13	-0.15	0.38	0.06	0.09	-0.14	-0.06	0.31
نوک برگ Leaf apex	0.09	-0.18	-0.25	0.02	-0.22	-0.05	-0.15	-0.03	0.13	-0.36
طول پهنک Leaf lamina length	0.26	0.10	-0.13	-0.09	0.07	-0.09	0.00	0.06	0.25	0.07
عرض پهنک Leaf lamina width	0.30	0.10	-0.07	-0.01	-0.04	-0.06	-0.03	0.00	0.10	0.06
نسبت طول به عرض پهنک Ratio leaf lamina length/width	-0.11	0.03	-0.13	-0.22	0.28	-0.01	0.28	0.24	0.16	0.00
طول دم‌برگ Petiole length	0.28	0.16	-0.03	0.00	-0.07	0.01	0.11	0.02	-0.11	-0.04
وضعیت گوشوارک Petiole condition	-0.02	0.17	0.09	0.33	0.04	0.04	0.23	-0.02	-0.14	-0.11
پهنای گوشوارک Petiole wing width	0.26	0.16	0.03	-0.03	-0.01	-0.07	0.17	0.01	-0.12	-0.03
شکل گوشوارک Petiole wing shape	-0.08	-0.15	-0.22	0.10	-0.05	-0.16	0.05	0.10	-0.09	0.11
شکل میوه Fruit shape	0.06	-0.20	-0.03	0.35	0.21	0.13	-0.05	0.00	0.28	0.00
شکل قاعده میوه Shape of fruit base	0.07	-0.06	-0.12	-0.25	-0.10	-0.38	-0.29	0.23	0.05	-0.04
شکل سر میوه Shape of fruit apex	0.02	-0.16	0.05	-0.19	0.17	0.25	0.16	-0.05	-0.23	-0.44

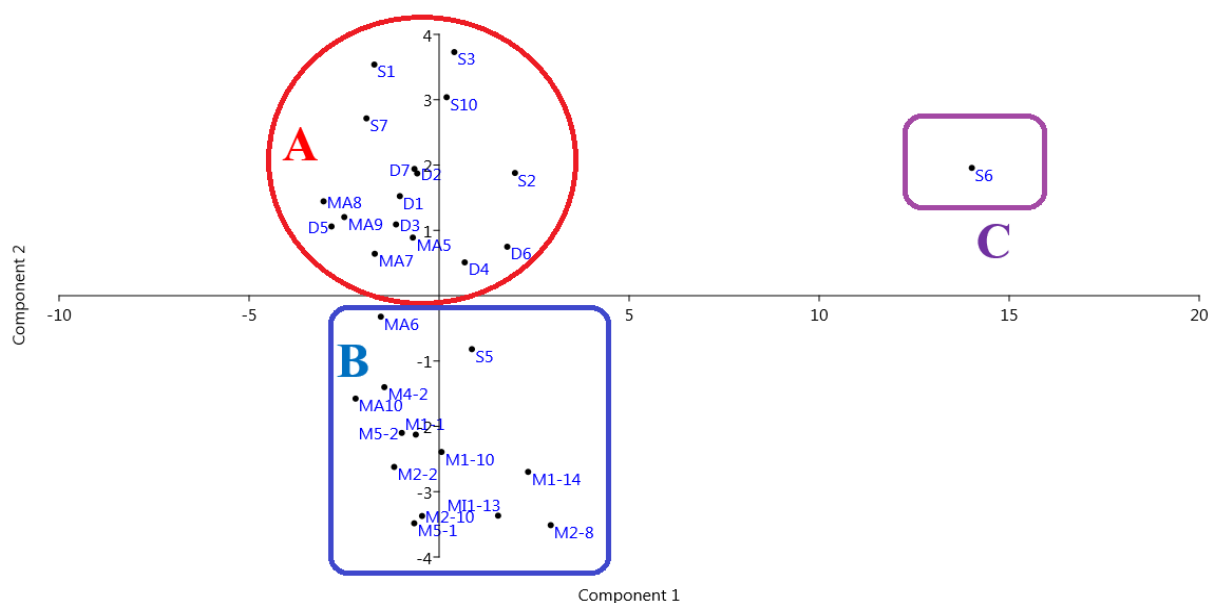
رنگ پوست میوه Fruit skin colour	0.08	-0.19	0.28	-0.14	0.21	-0.15	-0.09	0.01	0.12	-0.02
ضخامت پوست در استوای میوه Width of epicarp at equatorial area	0.30	0.10	0.05	0.04	0.02	-0.04	0.05	0.05	0.07	0.03
وزن میوه Fruit weight	0.31	0.09	0.00	0.01	0.02	-0.03	0.07	0.00	-0.06	0.00
طول میوه Fruit length	0.30	0.03	-0.04	0.07	0.13	0.00	-0.03	0.05	0.05	-0.05
قطر میوه Fruit diameter	0.31	-0.01	0.08	0.04	0.10	-0.02	-0.02	0.06	-0.07	-0.02
نسبت طول به قطر میوه Ratio fruit length/ diameter	-0.03	0.08	-0.34	0.11	0.07	0.09	0.07	-0.07	0.42	-0.08
بافت سطح پوست میوه Fruit surface texture	0.09	-0.05	0.13	0.17	-0.09	-0.31	0.03	0.33	-0.08	0.15
چسبندگی آلبیدو به گوشت Adherence of albedo to pulp	0.05	0.24	0.17	-0.09	-0.19	0.20	-0.12	-0.13	0.00	-0.04
وضوح غدد ترش‌چی Nature (conspicuousness) of oil glands	0.07	-0.03	0.01	-0.02	0.01	0.36	-0.44	-0.03	-0.16	0.13
رنگ میانبر (آلبیدو) Albedo colour	-0.05	0.07	0.05	-0.04	-0.25	0.01	0.27	-0.15	-0.03	0.28
انتهای نزدیک به خامه میوه Fruit styler end	0.13	0.14	-0.10	0.05	-0.29	-0.04	0.22	-0.24	0.04	-0.05
تعداد پره در هر میوه Number of segments per fruit	0.20	0.06	0.14	-0.04	0.14	0.16	-0.20	0.08	-0.03	0.01
چسبیدگی دیواره پره‌ها به یکدیگر Adherence of segment walls to each other	0.08	-0.02	0.14	-0.34	-0.06	0.32	0.20	0.10	0.02	0.07
محور میوه Fruit axis	0.00	-0.02	-0.11	0.25	0.42	-0.08	0.03	0.08	-0.17	-0.04
ضخامت دیواره پره‌ها Thickness of segment walls	0.21	0.02	0.09	0.09	0.02	-0.04	-0.03	-0.21	-0.17	-0.05
رنگ گوشت Pulp (flesh) colour	-0.03	0.14	0.35	-0.03	0.27	-0.12	-0.05	0.01	0.06	-0.05
بافت گوشت Pulp firmness	-0.13	0.18	0.27	0.27	0.04	-0.05	-0.04	0.07	0.16	-0.17
طول کیسه‌های ترش‌چی Vesicle length	0.11	-0.13	-0.23	0.19	0.06	0.04	0.23	-0.01	-0.31	0.03
متوسط تعداد بذر در هر میوه Average number of seeds per fruit	-0.06	0.29	0.04	0.11	-0.01	-0.15	0.02	0.03	0.00	0.32
شکل بذر Seed shape	0.11	-0.32	0.16	0.11	-0.07	0.10	0.10	-0.05	0.19	0.14
سطح بذر Seed surface	0.10	-0.32	0.16	0.11	-0.08	0.11	0.11	-0.04	0.19	0.16
رنگ بذر Seed colour	0.10	-0.32	0.15	0.11	-0.08	0.11	0.11	-0.04	0.18	0.16
مقادیر ویژه Eigen value	9.40	6.00	4.14	3.05	2.70	2.16	1.86	1.67	1.42	1.22
واریانس Variance (%)	22.92	14.64	10.11	7.45	6.60	5.28	4.53	4.08	3.46	2.98
در صد تجمعی Cumulative (%)	22.92	37.55	47.66	55.11	61.70	66.98	71.51	75.59	79.05	82.03

* اعداد برجسته دارای اثر بیشتری در عامل‌ها می‌باشند.

شامل نمونه‌های باقی‌مانده بود، نکته قابل اشاره این بود که دو نمونه لایم استاندارد مورد بررسی به همراه ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده تحت عنوان لیمو بافاصله کم از یکدیگر قرار گرفتند که این امر نشان از این است که اکثر نمونه‌های مورد بررسی جزو گروه لایم‌ها می‌باشند خصوصاً آنکه نمونه لمون (S2، لیمو لیسبون) بافاصله از نمونه‌های دیگر این گروه قرار گرفته است. قرارگیری رقم شاهد بالنگ (S10) و پرتقال (S3) در این گروه به رابطه ژنتیک این ارقام به بازمی‌گردد که نتایج مشابهی در تجزیه بای‌پلات خیای و همکاران (۱۹) مشاهده می‌گردد. شکل ۳ نمودار بای‌پلات حاصل از داده‌های مورفولوژیکی را نشان می‌دهد.

به‌طور کلی با توجه با کلیه نتایج به‌دست‌آمده و مطالعه مسیر فیلوژنتیکی اکسیشن‌های بومی ایران و هفت رقم، نتیجه‌گیری می‌گردد که اکسیشن‌های بومی ایران دارای بالاترین تشابه با رقم مکزیک لایم و کمترین تشابه با رقم سلطان مرکبات می‌باشند، و همچنین از مقایسه رابطه کل نمونه‌های بررسی شده می‌توان بیان کرد که جهت انجام برنامه‌های اصلاحی خصوصاً در جهت به دست آوردن لایم‌هایی که نسبت به بیماری جاروک لیموترش مقاوم باشند می‌توان از تلاقی مابین لمون‌ها و سایر درختان مجموعه مرکبات استفاده نمود.

نقشه بای‌پلات (D plot) حاصل از PCA سه گروه را نشان داد (شکل ۳). این گروه‌بندی تقریباً شبیه به الگوی خوشه‌بندی دندروگرام حاصل از ضریب تشابه ساده و الگوریتم UPGMA بود. در نقشه بای‌پلات، مشابه تجزیه کلاستر نمونه سلطان مرکبات (S6) به‌تنهایی در فاصله زیادی از نمونه‌های لیمو قرار گرفت (گروه C). در مطالعات خانکه‌دانی و همکاران (۱۷) چه در بررسی مورفولوژی و چه در بررسی مولکولی (ISSR) جدا شدن سلطان مرکبات دیده می‌گردد. تمام ده ژنوتیپ مورد بررسی از منطقه میناب همراه با دو ژنوتیپ MA6 و MA10 از منوجان در کنار رقم راف لمون (S5) قرار گرفتند (گروه B) که با مراجعه به کلاستر حاصل از همین داده‌ها نیز مشاهده می‌گردد که نمونه‌های منطقه میناب گروه خاص خود را تشکیل داده‌اند که در مطالعه خیای و همکاران (۱۹) نیز در تجزیه بای‌پلات مشاهده می‌گردد نمونه‌های منطقه میناب گروه خاص خود را دارند. در مطالعه راهب و همکاران (۲۶) نیز نمونه‌های منطقه میناب گروه خاص خود را تشکیل داده‌اند. این نمونه‌ها در ماتریس تشابه دامنه‌ای مابین ۰/۱۴۹ (دو نمونه MA6 و M2-8) و ۰/۵۸۵ (دو نمونه M2-2 و M5-2) با متوسط ۰/۴۹۴ بودند که این موضوع اشاره به رابطه ژنتیکی آنها دارد. در ارتباط با گروه دیگر تشکیل شده (گروه A) در تجزیه بای‌پلات که



شکل ۳- نمودار بای‌پلات بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی ۳۰ نمونه مرکبات و رقم انتخاب شده از مناطق مختلف ایران (کد نمونه‌ها بر اساس جدول ۱ است)

Figure 3- Generated D-plot based morphological characteristics of 30 of citrus samples and cultivars collected from different region of Iran (Sample code are based on Table 1)

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی می‌توان اقدام به بررسی تنوع و طبقه‌بندی ژنوتیپ‌های لیمو (لایم) نمود. دامنه تشابه بین نمونه‌های تقریباً وسیع و متوسط تشابه ۰/۳۸۸ است. نتایج به‌دست‌آمده در تجزیه کلاستر و تجزیه بای‌پلات در آنالیز مورفولوژی تشابه بالایی دارند و نمونه‌ها را در تجزیه کلاستر در ۴ گروه با اختلافات درون‌گروهی حداقل و بین‌گروهی حداکثر در سطح تشابه ۰/۳۲ قرار گرفتند. امروزه یکی از مشکلات موجود در باغات لیمو در جنوب ایران بیماری جاروک است که یکی از راه‌های مبارزه با این مشکل استفاده از ارقام متحمل است.

منابع

یکی از راه‌های دست‌یابی به این ارقام متحمل انجام دورگ‌گیری مابین اکسیشن‌های تحت کشت که سازگاری با منطقه دارند با گیاهان متحمل به این مشکل است. همچنین در انجام تلاقی بایستی موضوع هدم ایجاد ضعف ژنی را مدنظر قرارداد که راه جلوگیری از این موضوع انجام تلاقی مابین نمونه‌های بافاصله ژنتیکی است لذا از نتایج این تحقیق می‌توان به این موضوع رسید که از آنجایی که اکثر نمونه‌های موردبررسی با نمونه استاندارد مکزیکن لایم رابطه نزدیکی دارند لذا مناسب از آنها برای تلاقی با یکدیگر استفاده ننمود بلکه اقدام به تلاقی با لمون‌ها یا مرکبات دیگر نمود.

- 1- Abedinpour H., Ranjbar Gh.A., Babaein Jelodar N.A., and Golein B. 2014. Evaluation of genetic diversity in citrus genotypes by IRAP molecular marker. International Journal of Farming and Allied Sciences 3: 230-234.
- 2- Al-Anbari A., Kanawapee N., Al-Kazragi T.A., Al-Jewari H., Al.Mashhadani A., Barusrux S., Pornpongrungrueng P., and Theerakulpisut P. 2014. Genetic diversity of *citrus* (Rutaceae) in Iraq based on random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers, African Journal of Agricultural Research 9(11): 1112-1019.
- 3- Barrecltt H.C., and Rhodes A.M. 1976. A numerical taxonomic study of affinity relationships in cultivated Citrus and its close relatives. Systematic Botany 1: 105-136.
- 4- Campos E.T., Espinosa M.A.G., Warburton M.L., Varela A.S., and Monter A.V. 2005. Characterization of Mandarin (*Citrus* spp.) using morphological and AFLP markers. Interciencia 30(11): 687-693.
- 5- Cooper W.C., Reece P.C., and Furr J.R. 1962. Citrus breeding in Florida-past, present and future. Florida State Horticultural Society 75: 5-13.
- 6- Davies F.S., and Albrigo L.G. 1994. Taxonomy cultivars and breedin, In: Davis, F.S., and Albrigo, L.G. (Eds) Citrus, Wallingford, CAB Internationa.
- 7- Dorji K., and Yapwattanaphun Ch. 2011. Morphological identification of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) in Bhutan. Kasetsart Journal (Natural Science) 45: 793-802.
- 8- Fatahi R., Ebadi A., Vezvaei A., Zamani Z., and Ghanadha M.R. 2004. Relationship among quantitative and qualitative characters in 90 grapevine (*Vitis vinifera*) cultivars. P.275-282. In XXVI International Horticultural Congress: Viticulture-Living with Limitations 640, 31 August 2004. International Society for Horticultural Science, Toronto, Canada.
- 9- Ferguson A.R. 2006. The need for characterisation and evaluation of germplasm: kiwifruit as an example. Euphytica 154: 371-382
- 10- Fotohi ghazvini R., and Fatahi Moghadam J. 2010. Citrus cultivation in Iran, Guilan University, Rast. (In Persian)
- 11- Gulsen O., and Roose M.L. 2001a. Lemons: diversity and relationships with selected *Citrus* genotypes as measured with nuclear genome markers. American Society for Horticultural Science 126(3): 309-317.
- 12- Gulsen O., and Roose M.L. 2001b, Chloroplast and Nuclear Genome Analysis of the Parentage of Lemons, American Society for Horticultural Science 126(2): 210-215.
- 13- IPGRI. 2000. Descriptores para los citricos Citrus spp. Instituto Nacional de Recursos Fitogeneticos, Roma, 75
- 14- Jahangirzadeh Khiavi Sh., Hamidoghli Y., Golein B., and Sabouri A. 2016. Study of genetic diversity of some Iranian acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) genotypes using AFLP marker, Journal of Plant Production Research 23(3): 81-96. (In Persian with English abstract)
- 15- Johnson R.A., and Wichern D.W. 2002. Applied multivariate statistical analysis. Upper Saddle River, New Jersey Prentice hall.
- 16- Karp A., Kresovich S., Bhat K.V., Ayad W.G., and Hodgkin T. 1997. Molecular tools in plant genetic resources conservation: a guide to the technologies. IPGRI Technical Bulletin No. 2. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- 17- Khankahdani H.H., Rastegar S., Golein B., Golmohammadi M., and Jahromi A.A. 2017. Genetic diversity in Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) accessions using morphological and molecular markers. Poljoprivreda i Sumarstvo 63(3): 221-231.
- 18- Khiavi S.J., Hamidoghli Y., Golein B., and Sabouri A. 2015. Evaluation of genetic diversity in acid lime ('Citrus

- aurantifolia'swingle) genotypes using AFLP markers. Australian Journal of Crop Science 9(10): 996-1002.
- 19- Khiavi S.J., Hamidoghli Y., Golein B., and Sabouri A. 2016. Assessment of lime genetic diversity in three regions of Iran using morphological and ISSR markers. Agricultural Communications 4(3): 18-29.
- 20- Koehler-Santos P., Dornelles A.L.C., and Freitas L.B. 2003. Characterization of mandarin citrus germplasm from southern Brazil by morphological and molecular analyze. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38: 797-806.
- 21- Kumar S., Jena S.N., and Nair N.K. 2010. ISSR polymorphism in Indian wild orange (*Citrus indica* Tanaka, Rutaceae) and related wild species in North-east India. Scientia Horticulturae 123: 350-359.
- 22- Malik S.K., Rohini M.R., Kumar S., Choudhary R., Pal D., and Chaudhury R. 2012. Assessment of Genetic Diversity in Sweet Orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] Cultivars of India Using Morphological and RAPD Markers. Agricultural Research 1(4): 317-324.
- 23- Naghavi M.R., Ghareyazie B., and Hosseini Salekdeh Gh. 1388. Molecular Markers. University of Tehran press, Tehran.
- 24- Nei M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. Proceedings of the National Academy of Sciences 70(12): 3321-3323.
- 25- Pal D., Malik S.K., Kumar S., Choudhury R., Sharma K.C., and Chaudhury R. 2013. Genetic Variability and Relationship Studies of Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) Using Morphological and Molecular Markers. Agricultural Research 2(3): 236-245
- 26- Raheb S., Ghasemnezhad M., Golein B., Golmohammadi M., and Sabouri A. 2018, Variability analysis of lime (*Citrus* sp.) genotypes using morphological markers in the south of Iran. Journal of Research in Ecology 6(1): 1400-1411
- 27- Rajapakse S., Belthoff, L.E., He G., Estager A.E., Scorza R., Verde I., Ballard R.E., Baird W.V., Callahan A., Monet R., and Abbott A.G. 1995. Genetic linkage mapping in peach using morphological, RFLP and RAPD markers. Theoretical and Applied Genetics 90(3-4): 503-510.
- 28- Roose M.L., and Close T.J. 2008. Genomics of Citrus, a Major Fruit Crop of Tropical and Subtropical Regions. p. 187-201. In: Moore P.H., Ming R. (eds) Genomics of Tropical Crop Plants. Plant Genetics and Genomics: Crops and Models, vol 1. Springer, New York, NY.
- 29- Şahin-Cevik M., and Moore G.A. 2012. Quantitative trait loci analysis of morphological traits in Citrus. Plant Biotechnology Reports 6: 47-57.
- 30- Salimpour A., Ebadi A., Moghaddam M.F., and Bihamta M. 2012. An evaluation of genetic diversity in some almond genotypes using morphological traits. Iranian Journal of Horticultural Science 42(4): 319-327. (In Persian with English abstract)
- 31- Shahsavari A.R., Izadpanah K., Tafazoli E., and Seyed Tabatabaei B.E. 2007, Characterization citrus including unknown variants by inter-simple sequence repeat (ISSR) markers, Scientia Horticulturae 112: 310-314.
- 32- Shahsavari A., Izadpanah K., Tafazoli E., and Seyed Tabatabaei B.E. 2005. Evaluation of genetic variability of limes and lemons in the Fars province by morphological traits and inter-simple sequence repeat (ISSR) markers. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 5(4): 177-188. (In Persian with English abstract)
- 33- Smith J.S.C., and Smith O.S. 1989. The description and assessment of distances between inbred lines of maize: the utility of morphological, biochemical and genetic descriptors and a scheme for the testing of distinctiveness between inbred lines. Maydica 46: 190-193.
- 34- Soost R.K., and Roose M.L. 1996. Citrus. p. X. In Okie W.R., and Weinberger J.H. (ed.) Fruit Breeding, Tree and Tropical Fruit. John Wiley and Sons.
- 35- Zandkarimi H., Talaie A., Fatahi R., and da Silva J.A.T. 2011. Evaluation of Some Lime and Lemon Accessions by using Morphological Characterization in Hormozgan Province (Iran). Fresh Produce 5(1): 69-76.



Morphological Markers as a Tool for Investigating Genetic Diversity of Some Lime Genotypes

Sh. Jahangirzadeh Khiavi^{1*}- B. Golein²

Received: 15-04-2020

Accepted: 03-10-2020

Introduction: Citrus fruits are the most common semi-tropical crops in the world. Acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) is an important commercial fruit crop, cultivated in the south of Iran. High variation of acid lime fruits is observed in the south of Iran due to crossing within the other citrus species and frequent bud mutation. Recently, Witch's Broom Disease of Lime (WBDL) become a major limiting factor for lime production in the South of Iran as well as the main threatening factor for lime industry in Iran. Having knowledge about the genetic of this plant is helpful for designing citrus breeding program. Therefore, in this research morphological traits were used to understand the genetic relationships and diversity of this gene pool.

Materials and Methods: Thirty citrus samples, including 23 undefined local and native genotypes and seven known cultivars were collected from four regions in Iran (Darab (54.53E, 28.75N), Manojan (57.49E, 27.40N), Minab (57.07E, 27.14N) and Ramsar (50.64E, 36.92N)). Forty-one (32 qualitative and nine quantitative) traits were investigated using leaves, fruits and seeds. The selection of morphological traits were made based on IPGRI descriptors. The similarity was calculated by simple matching coefficient and dendrogram was designed based on UPGMA algorithms. Principal components analysis was performed.

Results and Discussion: Genetic diversity of 23 lime genotypes and seven commercial cultivars were investigated by using 41 morphological characters. Based on gained data similarity matrix (Jaccard, Dice and Simple matching) were calculated and dendrogram based on UPGMA algorithms were designed. To finding better similarity coefficient, cophenetic test was done, it showed that if used SM coefficient 79 percent of data of similarity matrix was shown in designed cluster based on UPGMA algorithm. According to results, range of similarity was between 0.141 until 0.683. Maximum similarity was observed between two lime cultivars (Persian lime and Mexican lime). Average of similarity was calculated 0.39. In cluster analyses of studied samples at 32 level of similarity samples were divided into four main groups. First group has only one member and it was pomelo, as it is one of the ancestors of citrus fruits, this is quite acceptable. The notable point for second main group that it included all examined samples of Minab. As in this region most of cultivated citrus are lime, there is little gene mixing with other citrus. The third group consist of two cultivars sweet orange and Citron that intended in present investigation. Fourth group which was the biggest created groups that included more than half the samples (56%) was more complex because it consists of samples of limes and lemons that intended in investigation as control and samples of Darab and Manojan. This main group at level of 0.38 divided into three sub-groups, at first, Lisbon lemon was separated from other samples and next Manojan samples created their special sub-group and finally third sub-group which consist of 11 members (samples of Darab, MA6 from Manojan and three commercial cultivars, Persian lime, Mexican lime and Rough lemon). Principle Component Analysis (PCA) showed the first five principal components, which contributed 59.01% of the total variability of investigated samples. Maximum variability was contributed by the first component (22.77%) followed by the second component (12.54%), and the third component (9.85%). A two-dimensional plot (2D plot) generated from PCA showed three groups. This grouping was roughly in line with the distribution of the samples in the resulting cluster analysis based on SM coefficient and UPGMA algorithm. Principle Component Analysis using 41 descriptors showed that 26 of 41 descriptors were informative and contributes significantly to the variation present in the germplasm.

Conclusion: This study described and estimated the extent of phenotypic variation present among the samples of limes from Iran germplasm. Morphological analyses among 23 genotypes and seven commercial cultivars from four regions of Iran were successfully used to calculate genetic diversity and genetic relationships.

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

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

2- Associate Professor, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.85292

According to our results, it was confirmed that morphological analyses in limes and other *Citrus* species were exploit to determine genetic diversity and relationship, successfully. Characterization by using morphological descriptors based on 41 characters, revealed significant diversity in traits of leaf, fruit and seed. This investigation display the use of morphological characters to study genetic diversity of Iranian lime genotypes from four different regions that their relationships were somewhat clarified. The results of this study also opened a door to tackle the long standing problem of citrus classification and identification in Iran. But, we suggest that this type of study needs to be continued due to Iran has a very large and numerous citrus germplasm. In south and central regions of Iran, it is being propagated by seed which gives researchers a chance to find new genotypes that need to be classified, investigated and introduced as a new cultivar.

Keywords: Citrus, Descriptor, Phylogenic relationship, Morphological character



مقاله علمی-پژوهشی

اثر غلظت و زمان کاربرد اسید هیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیک اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)

محبوبه ناصری^{۱*} - حسین آروئی^۲ - مریم محمدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۳

چکیده

اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی، بدون اثرات مخرب زیست محیطی می تواند در جهت تغذیه سبزی ها و بهبود کمی و کیفی آن استفاده شود. در همین راستا آزمایش حاضر به منظور بررسی کاربرد غلظت های مختلف اسید هیومیک در زمان های مختلف و اثرات آن بر شاخص های کمی و کیفی اسفناج به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه تربیت حیدریه انجام شد. تیمارها شامل سه غلظت صفر، ۳ و ۶ میلی لیتر در لیتر اسید هیومیک و دو زمان کاربرد یک هفته و دو هفته کاربرد آن بود. با کاربرد ۳ میلی لیتر در لیتر اسید هیومیک صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه اسفناج شامل تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ و ارتفاع بوته به ترتیب ۲۱، ۵۹، ۱۳۴ و ۷۵ درصد افزایش نسبت به شاهد (غلظت صفر) نشان دادند. همچنین در این غلظت صفات فیزیولوژیک شامل کلروفیل a، کلروفیل b، سطح برگ، تاج پوشش، کاروتنوئید و زیست توده به ترتیب ۴۸، ۵۹، ۵۶، ۴۵، ۱۰۸، ۳۱ و ۲۷۵ درصد افزایش نسبت به شاهد (غلظت صفر) داشتند. بر اساس نتایج بین غلظت ۳ و ۶ میلی لیتر اسید هیومیک تفاوت معنی داری وجود نداشت. در بیشتر صفات زمان کاربرد دو هفته نسبت به یک هفته از مقادیر بالاتری برخوردار بود بطوریکه مقدار زیست توده اسفناج در زمان کاربرد دو هفته ۱۵۶ و در زمان کاربرد یک هفته ۷۴ میلی گرم بود. بر اساس نتایج آزمایش حاضر کاربرد اسید هیومیک در غلظت ۳ میلی لیتر در لیتر می تواند باعث بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک و تولید گیاه اسفناج شود.

واژه های کلیدی: کاروتنوئید، کلروفیل، مواد آلی، هوموس

مقدمه

اسفناج^۴ از خانواده چغندر^۵ یک سبزی یکساله و روز بلند است که به دلیل داشتن انواع مواد معدنی و ویتامین ها جایگاه ویژه ای در تغذیه انسان دارد و به صورت تازه و یا فرآوری شده مصرف می شود (۱۷). کشت و پرورش این گیاه در ایران سابقه چند هزار ساله دارد و بر این اساس ایران را جایگاه و منشأ اصلی اسفناج در دنیا می دانند. از ترکیبات شیمیایی موجود در اسفناج می توان به فلاونوئیدهای مختلف، ترکیبات فنلی، کاروتنوئیدها و ویتامین ها (A, E, C, K) اشاره کرد (۱۷).

رشد و نمو گیاهان تحت تاثیر ژنتیک، شرایط محیطی، فصل

رشد، مواد غذایی، خاک، روش برداشت، دما، شدت و کیفیت نور تغییر می کند. از میان فاکتورهای ذکر شده مواد غذایی خاک تاثیر مهمی در رشد نمو و عملکرد گیاه دارد. امروزه مصرف مواد آلی به عنوان کود به دلیل هزینه بالا و دسترسی محدود چندان رایج نبوده و نیازهای عمده غذایی گیاهان از طریق کودهای شیمیایی تامین می شود که این امر منجر به بروز مشکلات زیست محیطی و به مرور زمان کاهش عملکرد گیاهان می شود. از طرفی به دلیل سطح برگ زیاد اسفناج، عملکرد آن به شدت تحت تاثیر کود نیتروژن است. اما مصرف زیاد کودهای نیتروژن منجر به تجمع نترات در این گیاه شده و مصرف آن برای سلامتی انسان ضرر دارد که این نترات در بدن انسان تبدیل به نیتروز آمین شده که در ایجاد سرطان دستگاه گوارش موثر است (۲۲). امروزه استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک همراه با کودهای شیمیایی مطرح می باشد که موجب بهبود ساختمان و ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری و رطوبت خاک می گردد. در همین ارتباط اسید هیومیک یک ترکیب طبیعی آلی است و حاوی ۵۰ تا ۹۰ درصد مواد ارگانیک می باشد (۷). مواد هیومیکی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از باقیمانده گیاهان و حیوانات حاصل

۱ و ۳- به ترتیب استادیار و دانش آموخته کارشناسی رشته گیاهان دارویی و معطر، گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه تربیت حیدریه

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

(Email: M.nasari@torbath.ac.ir) (*- نویسنده مسئول)

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.86144

4- *Spinacia oleracea* L.

5- Chenopodiaceae

بیوشیمیایی نعنای را در شرایط تنش خشکی بررسی کردند. به طور کلی تنش خشکی باعث کاهش معنی دار صفات مورفولوژیکی نعنای سبز شد. محلول پاشی اسید هیومیک به ویژه ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بیشترین تأثیر را در افزایش شاخص های رشد آن داشت.

در سبزیجات برگی برای به دست آوردن عملکرد بیشتر از کودهای شیمیایی استفاده می شود. استفاده زیاد از کودهای شیمیایی در تولید سبزی ها به تنهایی اثرات زیان بار روی محیط زیست و سلامت انسان ها دارد. در مقابل کودهای آلی با تولید هوموس عوارض نامطلوب کودهای شیمیایی را کاهش داده، منجر به کاهش نیترات در اندام های قابل مصرف سبزی های برگی شده و کارایی مصرف کود را افزایش می دهند (۱۱). استفاده از کودهای آلی در تولید سبزی منجر به کاهش نیترات در اندام های قابل مصرف سبزی های برگی می شود. با توجه به مضرات استفاده از کودهای شیمیایی در سبزی ها و با توجه به اینکه سبزی های برگی مانند اسفناج دوره رشدی کوتاه دارد و احتمال تجمع کودهای شیمیایی مانند ازت در این سبزی وجود دارد این آزمایش به منظور بررسی کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در آب آبیاری و در زمان های مختلف و بررسی اثرات آن بر شاخص های رشد و تولید گیاه اسفناج انجام شد.

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، در بهار سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه تربت حیدریه انجام شد. ابتدا خاک بستر تولید نشاء شامل ماسه، پیت و کوکوپیت بود تهیه شد که به صورت حجمی (۱:۱:۱) با هم مخلوط شدند. سپس تعداد ۵ بذر اسفناج توده بومی تربت حیدریه در گلدان هایی با اندازه با قطر دهانه ۱۰ سانتی متر کاشته شد. جوانه زنی بذر ها ۴ روز طول کشید. پس از اطمینان از جوانه زنی، تعداد بوته ها به ۳ گیاه در هر گلدان تنک شد. میانگین دمای روزانه گلخانه در زمان رشد گیاه 25 ± 2 و میانگین دمای شبانه ۱۸ درجه سانتی گراد، میانگین رطوبت نسبی ۶۰ درصد و میانگین شدت نور ۴۳۴ لوکس بود. پس از این که گیاهچه ها در گلدان ها استقرار یافتند در مرحله ۴ برگی، با اسید هیومیک در سه غلظت صفر (شاهد)، ۳ و ۶ میلی لیتر در لیتر در فواصل زمانی هر هفته یکبار، دو هفته یکبار همراه با آب آبیاری بوسیله بشر با حجم ۲۰۰ میلی لیتر برای هر گلدان تیمار شدند. آبیاری نیز هر سه روز یکبار با حجم ۲۰۰ میلی لیتر در همه تیمارها انجام شد. کود هیومیک مورد استفاده متعلق به شرکت دان نهال سبز ساخت کشور ایتالیا، محتوی ۲۴ درصد اسید هیومیک و ۳ درصد اسید فولیک و عناصر پتاسیم به میزان ۲ درصد بود. ۵ هفته پس از اعمال تیمارها صفات مورد نظر اندازه گیری شدند.

در نهایت پس از شش هفته پس از کاشت بذر ها شاخص های

می شوند (۱۵). اسید هیومیک در اثر تجزیه مواد آلی، به ویژه مواد با منشأ گیاهی به وجود می آید و در خاک، زغال سنگ و پیت یافت می شود، اسید هیومیک با وزن ملکولی ۳۰ تا ۳۰۰ هزار دالتون باعث تشکیل کمپلکس پایدار و نامحلول با عناصر کم مصرف می شود (۲۷). اسید هیومیک حاصل از تجزیه بیولوژی و شیمیایی گیاهان و جانوران است (۱۶). اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی، بدون اثرات مخرب زیست محیطی همراه با آهن می تواند در جهت رفع برخی از کمبود های عناصر غذایی در اسفناج مؤثر واقع شود. از مزایای مهم اسید هیومیک میتوان به کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد که سبب افزایش طول و وزن ریشه و آغازش ریشه های جانبی می شود (۱). در یک مطالعه کاربرد اسید هیومیک به میزان ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک موجب افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک، میزان عناصر غذایی و عملکرد گیاه فلفل^۱ شد. در مطالعه دیگری، مقادیر ۱۰۰۰ میلی گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم خاک سبب افزایش عناصر پر مصرف و کم مصرف در اندام های گیاهان گوجه فرنگی شد (۲۸). در تحقیقی فاطمی و همکاران (۱۰) مقادیر مختلف اسید هیومیک بر عملکرد و اسانس گیاه دارویی ریحان را بررسی کردند. در این تحقیق اسید هیومیک در ۵ سطح ۰، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در لیتر در ۸ مرحله از طریق کود آبیاری اعمال شد. نتایج نشان داد بالاترین عملکرد، تعداد گره، بیومس، طول ریشه، وزن خشک و تر برگ مربوط به تیمار ۱۵ گرم در لیتر بود و کمترین مربوط به تیمار شاهد بود اما کلروفیل و اسانس تحت تأثیر مقادیر اسید هیومیک قرار نگرفت و تیمارها تفاوت معنی داری باهم نداشتند اگر هدف تولید سبزی باشد اسید هیومیک باعث بالا رفتن عملکرد سبزی ریحان می شود.

در خصوص نحوه اثر اسید هیومیک، گزارش های متعددی وجود دارد، اما می توان اثر آن را به دو دسته تقسیم کرد: اثر مستقیم آن به عنوان یک ترکیب شبه هورمونی (۱۸) و اثر غیرمستقیم آن که به صورت افزایش جذب عناصر غذایی از طریق خاصیت کلات کنندگی و احیا کنندگی و حفظ نفوذ پذیری غشاء (۵ و ۸) افزایش متابولیسم ریز جانداران در خاک، بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه است (۵). در میان اثرهای توضیح داده شده، اسید هیومیک در گونه های گیاهی مختلف قادر است که فعالیت ATPase-PM ریشه را تحریک کند و نسبت جذب نیترات در ریشه ها را افزایش دهد. رستمی و همکاران (۲۱) اثر محلول پاشی اسید هیومیک بر برخی ویژگی های مورفوفیزیولوژیکی و

گیاه در غلظت‌های زیاد اسید هیومیک می‌باشد، که این خود منجر به افزایش جذب بیشتر عناصر غذایی، رشد بهتر گیاه و به دنبال آن افزایش تعداد برگ و دیگر صفات وابسته به برگ شود. در آزمایشی (۲۰) غلظت‌های متفاوت اسید هیومیک رشد ریشه جعفری و فلفل را افزایش داد و تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع گیاه به طور قابل ملاحظه‌ای در گلدان‌های حاوی اسید هیومیک افزایش نشان داد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. شاهسون مارکده و چمنی (۲۴) نیز نتایج مشابهی را در مورد گل رز گزارش کردند. ارتفاع بوته رازیانه و زیره سبز در تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک حدود چهار درصد بیشتر از تیمار عدم محلول‌پاشی بود (۱۹). اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی و با تاثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (۱۸).

آیاز و گالسر (۶) در بررسی خود بر روی گیاه اسفناج نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک از طریق افزایش در غلظت نیتروژن سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه اسفناج می‌شود. در پژوهشی که عسگری و همکاران (۴) بر روی نعنای فلفلی انجام دادند مشخص شد که اسید هیومیک بر صفاتی مانند ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد ماده خشک و تر تاثیر افزایشی معنی‌داری دارد. هیومیک اسید رشد گیاه را از طریق کلات مواد مغذی مختلف افزایش می‌دهد و دارای اثرات مفید در افزایش رشد، تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی به علت دارای بودن ترکیبات هورمونی است. افزایش در تعداد برگ احتمالاً به دلیل گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه با کاربرد اسید هیومیک شده که خود موجب افزایش جذب بیشتر عناصر غذایی و رشد بهتر گیاه و به دنبال آن افزایش تعداد برگ می‌شود (شکل ۱).

بیشترین کلروفیل a (۸/۱ میلی‌لیتر در گرم برگ تازه)، کلروفیل b (۵/۲ میلی‌لیتر در میلی‌لیتر در گرم برگ تازه)، کاروتنوئید (۱/۷ میلی‌لیتر در میلی‌لیتر در گرم برگ تازه) و زیست‌توده (۱۵۰ میلی‌گرم) در غلظت ۳ میلی‌لیتر و کمترین آن‌ها در غلظت صفر بود (شکل ۲). بیشترین مقدار شاخص کلروفیل (۱/۷۴ میلی‌لیتر در میلی‌لیتر در گرم برگ تازه) نیز در غلظت ۶ میلی‌لیتر و کمترین آن در غلظت صفر بود. اسید هیومیک با افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل) (۲۷) و سطح برگ یا همان ظرفیت فتوسنتزی باعث افزایش زیست‌توده اسفناج شد. در مطالعه حیدری و همکاران (۱۲) کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک بر محتوای کلروفیل a و b موثر معنی‌دار بود که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت. اسید هیومیک بطور مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه موثر است. بصورت غیر مستقیم یعنی شرایط شیمیایی و بیولوژی خاک را بهبود می‌دهد. در حالی که به طور مستقیم، محتوای کلروفیل گیاه، تنفس و پاسخ‌های هورمونی گیاه را تسریع می‌کند (۲۳).

رشد گیاه شامل تعداد برگ (از طریق شمارش تعداد برگ‌های موجود روی گیاه) طول و عرض برگ، سطح برگ، تاج پوشش، ارتفاع (توسط خط‌کش از سطح خاک گلدان تا انتهای ساقه گیاه) و شاخص کلروفیل (با کلروفیل متر مدل CCM200، کلروفیل a، b و کاروتنوئید و وزن خشک هر بوته تعیین شد. مقدار کلروفیل a و b در نمونه‌های برگ بر مبنای روش طیف‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد. برای این منظور سه برگ از قسمت پایین، میانی و انتهای هر گیاه انتخاب و روی هر برگ نیز سه قسمت ابتدا، میانه و انتهای برگ به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شد. از هر نمونه برگ ۵۰ میلی‌گرم توزین شد و در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۸ درصد قرار داده شدند. نمونه‌ها در سرعت ۱۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ و مقدار کلروفیل a در طیف جذبی در طول موج ۶۶۶ نانومتر و مقدار کلروفیل b در طول موج ۶۵۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت و به کمک فرمول لیچن تالر و ولبرن بر اساس میلی‌گرم کلروفیل در گرم برگ خشک محاسبه شدند (۳).
بر مبنای معادلات ۲ و ۳:

$$\begin{aligned} \text{Chl.a (mg ml}^{-1}\text{)} &= 15.65(A_{666}) - 7.340(A_{653}) \\ \text{Ch.b (mg ml}^{-1}\text{)} &= 27.05(A_{653}) - 11.21(A_{666}) \\ \text{Carotenoids} &= 100(A_{470}) - 3.27(\text{mgchl.a}) - \\ &104(\text{mg chl.b}) \div 227 \end{aligned}$$

A میزان جذب در طول موج مورد نظر می‌باشد.

داده‌های حاصل با نرم‌افزار Minitab تجزیه و تحلیل شده و میانگین‌های آنها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج آزمایش حاضر اثر غلظت اسید هیومیک بر صفات مورفولوژی و فیزیولوژیک نشاء اسفناج معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود (جدول ۱). صفات تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، ارتفاع بوته، تاج پوشش و سطح برگ در تیمار غلظت ۳ میلی‌لیتر نسبت به شاهد (غلظت صفر) به ترتیب ۲۱، ۵۹، ۱۰۷، ۷۵، ۱۰۸ و ۴۵ درصد افزایش نشان دادند. همچنین بین غلظت ۳ و ۶ میلی‌لیتر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱). این بیانگر این موضوع بود که صفات مذکور تحت تاثیر اسید هیومیک قرار گرفتند ولی افزایش غلظت تأثیری معنی‌داری در افزایش صفات مذکور نداشت. مواد هیومیکی به صورت غیر مستقیم از طریق فراهم آوردن عناصر معدنی و اغلب کم مصرف برای ریشه، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش نفوذپذیری بستر به آب و هوا، افزایش جمعیت میکروبی خاک از جمله میکروارگانیسم‌های مفید افزایش تبادل کاتیون (CEC) و توانایی بافر کردن pH بستر یا محلول غذایی و غیره باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شوند (۲۵). افزایش تعداد برگ و صفات یاد شده در مراحل ابتدایی رشد گیاهچه احتمالاً به دلیل گسترش سریع سیستم ریشه‌ای

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کاربرد غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و زمان کاربرد آن بر صفات کمی و کیفی اسفناج
Table 1- ANOVA (mean of squares) for the effect of different concentrations of humic acid and its application time on quantitative and qualitative traits of spinach.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	تعداد برگ Number of leaves	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	ارتفاع بوته Plant height	تاج پوشش Canopy	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoids	سطح برگ Leaf area	وزن خشک Dry weight
غلظت Concentration	2	3.85**	543**	9.5**	3.6**	81.5**	159**	27**	12.6**	0.64**	33**	48906**
زمان کاربرد Application time	1	0.06 ^{ns}	56.5 ^{ns}	0.4 ^{ns}	0.11 ^{ns}	12 ^{ns}	1.5 ^{ns}	0.3**	31**	2.5 ^{ns}	30**	59211**
غلظت × زمان کاربرد Concentration × Application time	2	0.7 ^{ns}	111**	1.7**	0.57**	15.8**	13.4**	17**	21.5**	0.07**	3.5**	11677**
خطا Error	30	0.4	8.6	0.4	0.08	1.3	2	0.06	0.04	0.01	0.08	398
کل Total	35											
ضریب تغییرات CV (%)		10.7	9.9	16.2	17.6	12.5	13.3	3.5	4.4	6.3	3.2	17.3

ns ، ** و * به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
ns ، ** ، * non-significant, significant at 1% and 5% of probability levels, respectively.

جدول ۲- اثر متقابل غلظت × زمان کاربرد اسید هیومیک بر برخی خصوصیات نشاء اسفناج
Table 2- Interaction effect of concentration × time of humic acid application on spinach transplant characteristics.

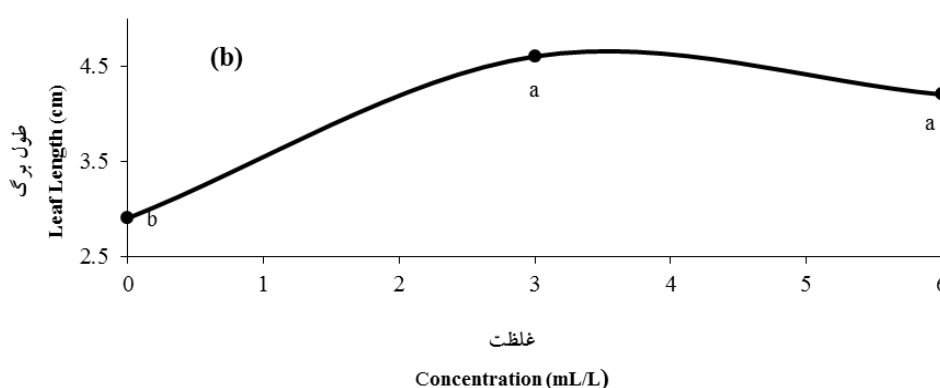
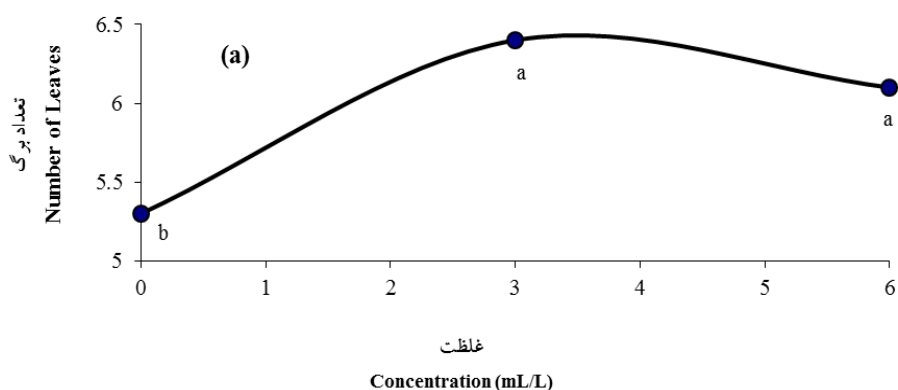
غلظت اسید هیومیک Humic acid Concentration (mL L ⁻¹)	زمان کاربرد Application time (week)	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	طول برگ Leaf length (cm)	عرض برگ Leaf width (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تاج پوشش Canopy (cm ²)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g ⁻¹)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g ⁻¹)	کارتنوئید Carotenoids (mg g ⁻¹)	سطح برگ Leaf surface (cm ²)	وزن خشک Dry weight (mg)
0	-----	17.3 b	2.6 d	0.8 c	5.3 c	6.3 d	4.3 d	2.7 c	1 d	7.4 e	46 c
3	یک هفته One week	32.5 a	4.2 ab	1.7 b	9.4 b	14.7 a	8.2 b	3.6 b	2 a	9 c	83 b
3	دو هفته Two weeks	32.6 a	5 a	2.3 a	11.9 a	12.3 bc	8.2 b	6.9 a	1.4 c	11.7 a	212 a
6	یک هفته One week	33.5 a	3.9 bc	1.8 b	9.4 b	11 c	6.4 c	3.2 b	1.9 a	8.3 d	98 b
6	دو هفته Two weeks	35.4 a	4.4 ab	1.9 b	11.8 a	12.8 b	9 a	6.7 a	1.6 b	10.5 b	210 a

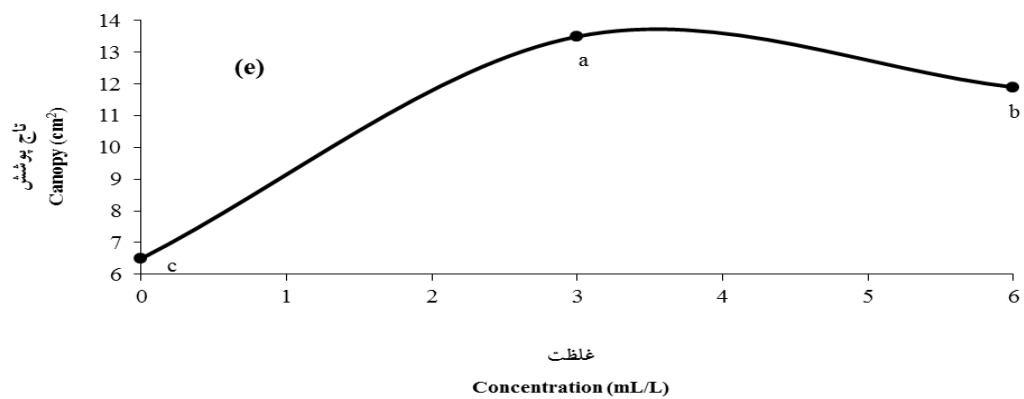
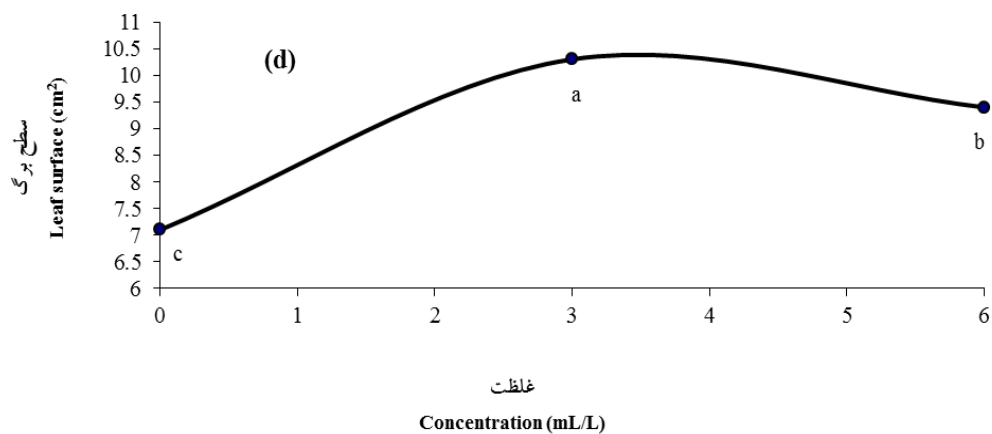
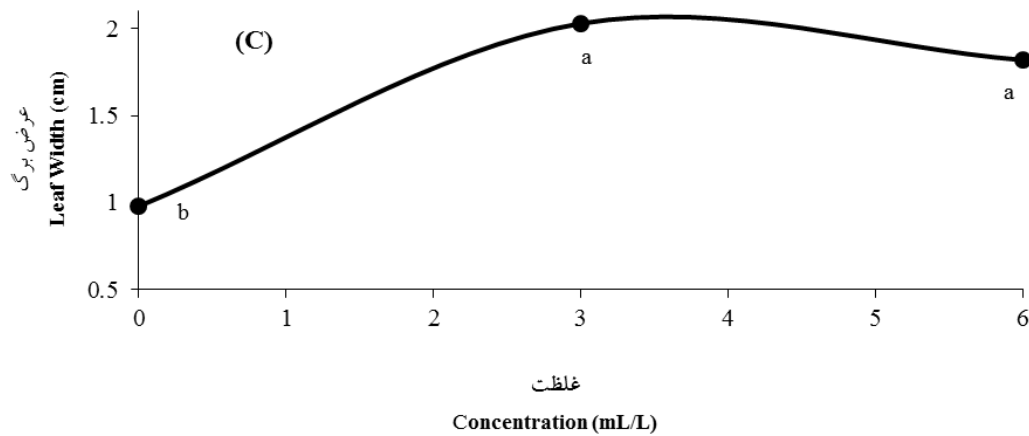
میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means with the same letters in each column have not significant difference according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

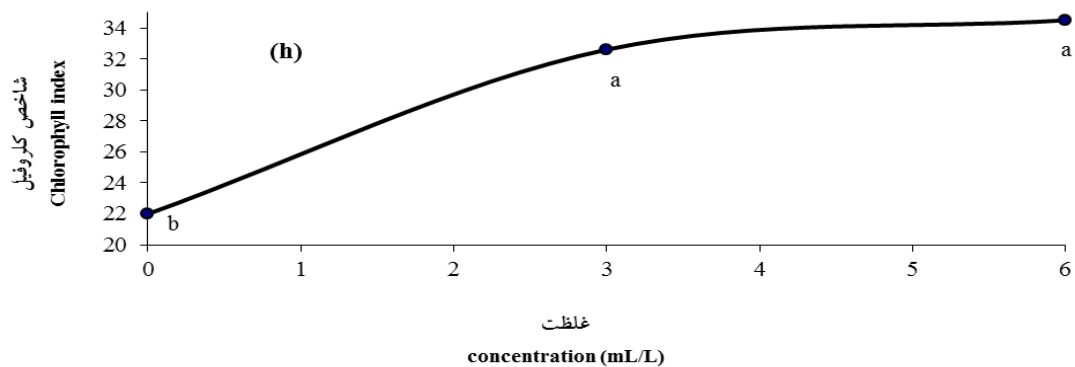
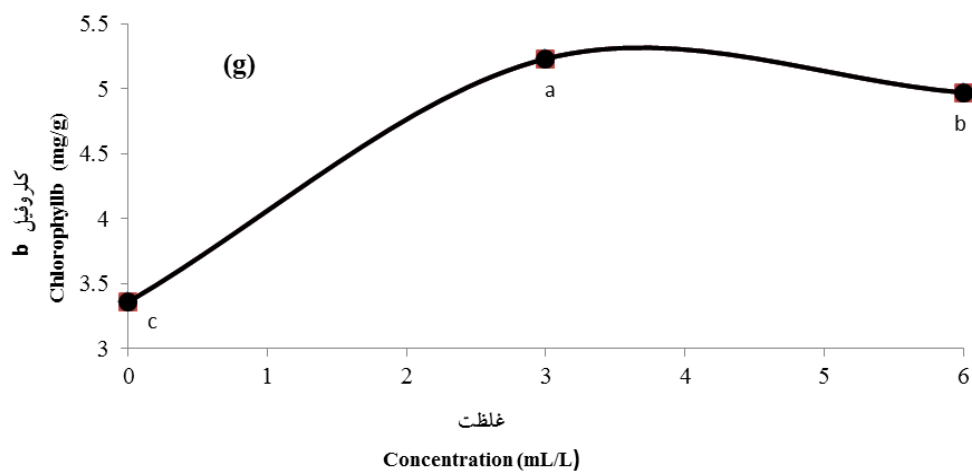
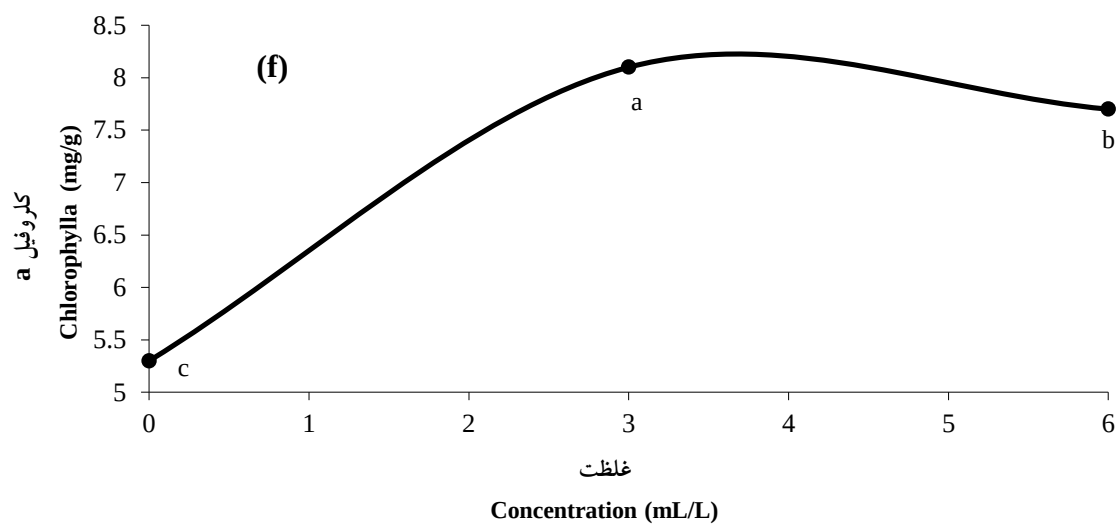
شوند.

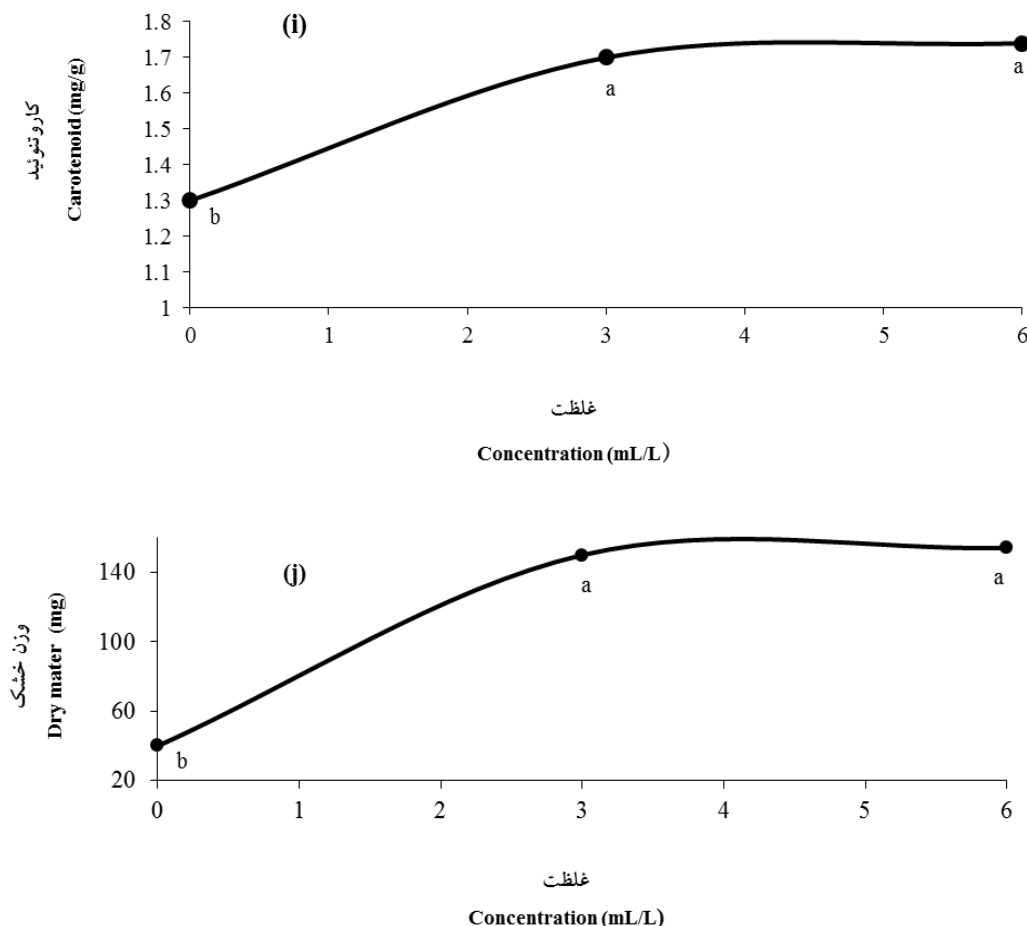
در غالب صفات بین غلظت‌های ۳ و ۶ میلی‌لیتر در لیتر اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲). این بدان معنی است که افزایش غلظت تأثیر معنی‌داری بر صفات کمی و کیفی و زیست‌توده اسفناج نداشته است. این نتیجه با یافته‌های دیگر محققان مطابقت دارد (۲۷). نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر گیاه شب بو نشان داد که غلظت زیاد اسید هیومیک (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در مراحل ابتدایی رشد گیاه تأثیر به سزایی نسبت به سایر غلظت‌ها و به خصوص شاهد، در افزایش تعداد برگ گیاه دارد. اما در مراحل بعدی رشد و نمو گیاه، غلظت‌های کمتر تأثیر بهتری نسبت به سایر غلظت‌ها داشت (۲۴).

افزایش درمیزان کلروفیل می‌تواند به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه در نتیجه افزایش رشد رویشی گیاه و غلظت کلروفیل در مقایسه با گیاهان شاهد باشد. در بین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی را در افزایش سبزینه گیاه دارد و با توجه به نتایج دالوند و همکاران (۹) مبنی بر افزایش قابل توجه جذب نیتروژن در حضور اسید هیومیک، می‌توان چنین استنباط کرد که ماده هیومیک مورد استفاده در این پژوهش، به خصوص در غلظت‌های بالاتر میلی‌گرم بر لیتر توانسته است باعث افزایش جذب عناصر مغذی، به خصوص نیتروژن، و به دنبال آن افزایش سبزیگی گیاه شود. همچنین آن‌ها اعلام کردند که اسید هیومیک سبب افزایش رشد ریشه و میزان کلروفیل و رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کارتوئئیدها در برگ‌ها می-









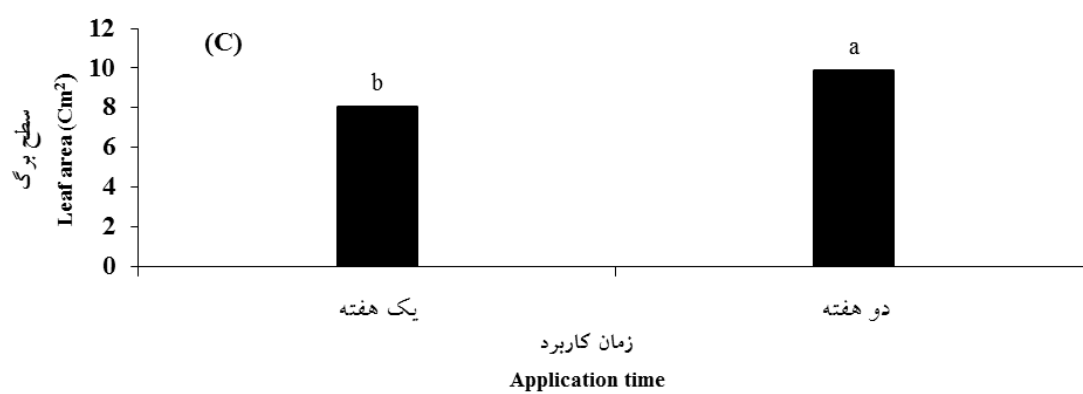
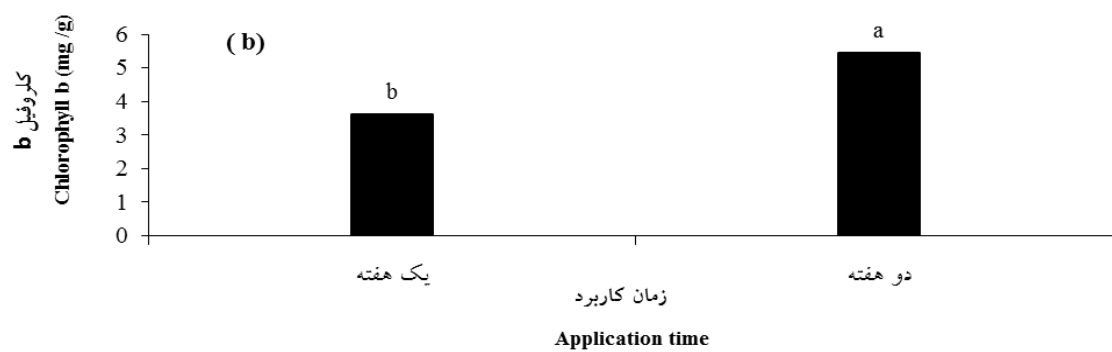
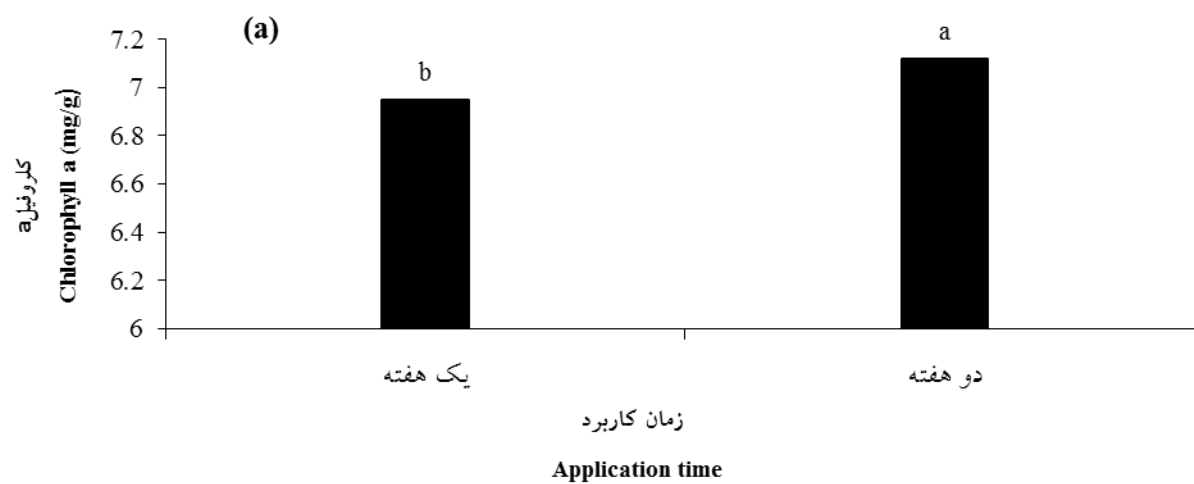
شکل ۱- تاثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر تعداد برگ (a)، طول برگ (b) و عرض برگ (c)، سطح برگ (d)، تاج پوشش (e)، کلروفیل a (f)، کلروفیل b (g)، شاخص کلروفیل (h)، کاروتنوئید (i) و وزن خشک بوته (j) برنشاء اسفناج

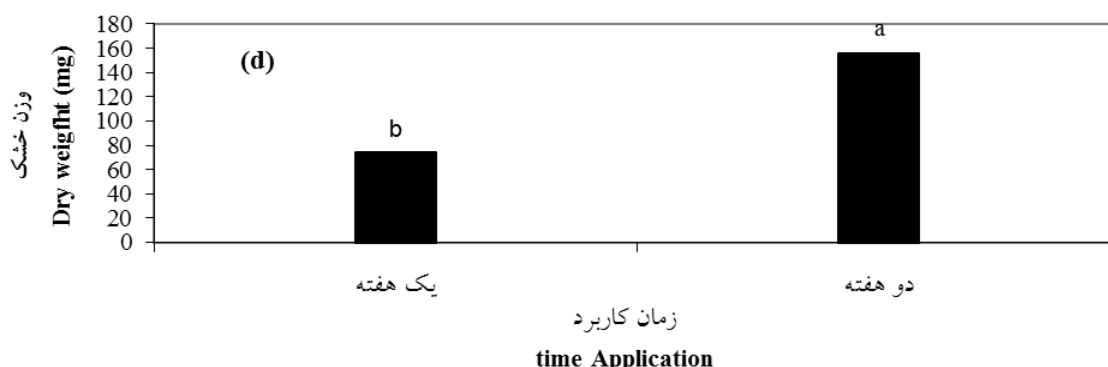
Figure 1- The effect of different concentrations of humic acid on leaf number (a), leaf length (b), leaf width (c), leaf area (d), canopy (e), chlorophyll a (f), chlorophyll b (g), Chlorophyll index (h), carotenoids (i) and dry weight (j) of spinach transplant (DMRT, $p \leq 0.05$)

در شرایط نامساعد محیطی نسبت به سطوح بالای آن در گیاه پروانش باشد. در آزمایش حاضر نیز در زمان کاربرد دوهفته‌ای، گیاه سطح غلظت پایین‌تری از اسید هیومیک را دریافت نموده است و از زیست‌توده بالاتری برخوردار بود. بطور کلی بر اساس نتایج در غالب صفات بین کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت. از طرفی افزایش غلظت باعث افزایش معنی‌داری در غالب صفات نشد. زیست توده نشاء اسفناج در زمان کاربرد یک هفته و دو هفته اختلاف زیادی داشت بطوری که مقدار زیست‌توده در زمان کاربرد دو هفته از مقادیر بالاتری برخوردار بود.

در غالب صفات زمان کاربرد دو هفته نسبت به یک هفته از مقادیر بالاتری برخوردار بود بطوریکه مقدار زیست‌توده اسفناج در زمان کاربرد دوهفته به مقدار ۱۱۰ درصد نسبت به یک هفته افزایش نشان داد (شکل ۲).

چمنی و همکاران (۷) در آزمایش خود نشان دادند که سطح پایین اسید هیومیک باعث افزایش صفات رشدی گیاه از قبیل تعداد برگ و میزان کلروفیل می‌شود. همچنین با توجه به نظر وی می‌توان علت تأثیر بهتر سطوح پایین اسید هیومیک در این گیاه را به دو علت جذب بهتر نیتروژن و فسفر در سطوح پایین اسید هیومیک و کارایی بهتر آن





شکل ۲- اثر زمان کاربرد اسید هیومیک بر کلروفیل a (a)، کلروفیل b (b)، سطح برگ (c) و وزن خشک (d) نشاء اسفناج
Figure 2- Influence of humic acid application time on chlorophyll a (a), chlorophyll b (b), leaf surface (c) and dry weight (d) of spinach transplant (DMRT, $p \leq 0.05$).

این صفات با زیست توده می تواند حاکی از اثر مثبت اسید هیومیک در آزمایش حاضر باشد. اسید هیومیک موجب افزایش کلروفیل و در پی آن افزایش فتوسنتز و ماده خشک تولیدی در گیاه می شود و یا به عبارتی می توان گفت که اسید هیومیک با اثرات شبه هورمونی که دارد موجب افزایش رشد ریشه و بالطبع افزایش وزن زیست توده می شود (۱۴ و ۲۶).

نتیجه گیری

اسید هیومیک جزء کودهای آلی است و اثر مثبت این ترکیب بر رشد سایر گیاهان زراعی و باغی توسط محققین به اثبات رسیده است. اسید هیومیک با بهبود جذب عناصر غذایی موجود در خاک محیطی ایده آل برای رشد گیاهان ایجاد می کند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد استفاده از اسید هیومیک در غلظت ۳ میلی لیتر در لیتر به عنوان کود آلی می تواند باعث بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک اسفناج شود. بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش ۲۷۵ درصد زیست توده اسفناج نسبت به عدم کاربرد آن شد. کاربرد کود آلی اسید هیومیک به جای کود شیمیایی می تواند هم راستا با کشاورزی پایدار در کاهش آلودگی های زیست محیطی و تغذیه سالم سبزی ها برای جلوگیری از تجمع مواد شیمیایی در بدن انسان موثر باشد.

مقایسه میانگین های اثر متقابل غلظت و زمان کاربرد اسید هیومیک بر خصوصیات اسفناج در جدول ۲ آورده شده است. طبق نتایج جدول کاربرد اسید هیومیک در هر دو غلظت استفاده شده و در دو زمان کاربرد نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشته است. در بیشتر صفات اندازه گیری شده در تیمار فاصله زمانی کاربرد دو هفته ای کود اسید هیومیک در اسفناج در هر دو غلظت (۳ و ۶ میلی لیتر در لیتر) نسبت به تیمار کاربرد یک هفته ای کود اسید هیومیک افزایش مشاهده شد. مواد اسید هیومیک می توانند به علت افزایش بیش از حد تولید هورمون های گیاهی، موجب کاهش رشد گیاه شود (۱۳). در پژوهش حاضر هم صفات اندازه گیری شده در تیمار دو هفته بیشتر از تیمار هر هفته محلول پاشی بود (شکل ۲). بیشترین میزان طول برگ (۵ سانتی متر)، عرض برگ (۲/۳ سانتی متر) و ارتفاع بوته (۱۱/۹ سانتی متر)، کلروفیل b (۶/۹ میلی گرم در برگ تازه)، سطح برگ (۱۱/۷ سانتی متر مربع) و زیست توده (۲۱۲ میلی گرم) در تیمار غلظت ۳ میلی لیتر در لیتر و زمان کاربرد هر دو هفته مشاهده شد (جدول ۲).

صفات مورد بررسی در آزمایش حاضر بطور غالب همبستگی مثبت و معنی داری ($P \leq 0.05$) داشتند (جدول ۳). همبستگی بالای بین کلروفیل a، کلروفیل b، شاخص کلروفیل، تاج پوشش و سطح برگ با زیست توده نشان داد که هر عاملی که سبب افزایش سطح برگ شود تولید اسفناج را افزایش خواهد داد. از سوی دیگر همبستگی

- 1- Aiken G.R., McKnight D.M., Wershaw R.L., and Mac Carthy P. 1985. Humic Substances in Soil, Sediment, and Water. New York. USA: Wiley InterScience.
- 2- Aisha H.A., Shafeek M.R., Asmaa MR., and M. El-Desuki. 2014. Effect of Various Levels of Organic Fertilizer and Humic Acid on the Growth and Roots Quality of Turnip Plants (*Brassica rapa*). Current Science International 3(1): 7-14.
- 3- Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.
- 4- Askari M., Habibi D., and Naderi G. 2012. Effect of vermicompost, plant growth, promoting rhizobacteria and humic acid on growth factor of *Mentha piperata* L. in central Province. Journal of Agriculture and Plant Breeding 4: 41-54.
- 5- Atiyeh R.M., Lee S., and Edwards C.A. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.
- 6- Ayas H., and Gulser F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.
- 7- Chamani E., Bonyadi M., and Ghanbari A. 2016. Effects of Salicylic acid and Humic acid on Vegetative Indices of Periwinkle (*Catharanthus roseus* L.). Journal of Horticultural Science 29(4): 631-641.
- 8- Chen Y., and Aviad T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. PP. 161-186. Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings, SSSA and ASA, Madison, WI, USA.
- 9- Dalvand M., Solgi M., and Khaleghi A. 2018. Effects of foliar application of humic acid and drought stress on growth and physiological characteristics of marigold (*Taget erecta*). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 9(2): 67-80
- 10- Fatemi H., Ameri A., Aminifard M.H., and Arvii H. 2011. The Impact of Humic Acid on Essence and Growth Characteristics in Basil, First National Conference on New Issues in Agriculture, Saveh, Islamic Azad University, Saveh Branch.
- 11- Fallah M., Peyvast G., Olfati J., and Sammak B. 2014. Effects of chemical fertilization and organic fertilizer on spinach (*Spinacia oleracea* L.) yield and nitrate accumulation. Journal of Plant Production Research 21(1): 49-68.
- 12- Heidari M., and Khahlil S. 2014. Effect of humic acid and phosphorus fertilizer on seed and flower yield, photosynthetic pigments and mineral elements concentration in sour tea (*Hisbiscus sabdariffa* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 45(2): 191-199.
- 13- Kafi M., Daneshvar Hakimi Meybodi N., Nikbakht A., Rejali F., and Deneshkhah M. 2013. Effect of humic acid and mycorrhiza fungi on some characteristics of "Speedy green" perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 4(1): 49-59.
- 14- Kauser A., and Azam F. 1985. Effect of humic acid on wheat seeding growth. Journal Environmental and Experimental Botany 25: 245-252.
- 15- Maccarthy P. 2001. The principles of humic substances. Soil Science 166: 738-751.
- 16- Mackowiak C.L., Grossl P.R., and Bugbee B.G. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Science 65: 1744-1750.
- 17- Mobasser H.R., Pourmand H., Akbari Nodehi D., and Ghasemi M. 2016. Bio-refining effect of silicon on cadmium and lead in plant tissues of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of Soil Management and Sustainable Production 5(4): 175-184.
- 18- Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., and Vianello A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry. 34: 1527-1536.
- 19- Nasiri D.A., Makarian H., Varnaseri G.V., and Salarian N. 2018. Investigation of effect of humic acid and vermicompost application on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Applied Research in Field Crops 31(1): 93-113.
- 20- Norman Q., Stephen L., Clive A., and Rola A. 2003. Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology 47: 741-744.
- 21- Rostami G., Moghaddam M., Saeedi Pooya E., and Ajdanian L. 2019. The effect of humic acid foliar application on some morphophysiological and biochemical characteristics of spearmint (*Mentha spicata* L.) in drought stress conditions. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 12(1): 95-110.
- 22- Sadeghi Pour M. 2010. Nitrogen Use Efficiency of Spinach. Journal of Water and Soil 24(2): 244-253.
- 23- Sánchez-Sánchez A., Sánchez-Andreu J., Juárez M., Jordá J., and Bermúdez D. 2002. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. Journal of Plant Nutrition 25: 2433-2442.
- 24- Shahsavan Markadeh M., and Chamani E. 2014. Effects of various concentrations and time of humic acid application on quantitative and qualitative characteristics of cut stock flower (*Matthiola incana* 'Hanza'). Journal of

- Science and Technology of Greenhouse Culture 5(3): 157-171.
- 25- Sharif M., Khattak R.A., and Sarir M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal driven humic acid on growth of maize plants. Communication in Soil Science and Plant Analysis 33: 3567-3580. (In Persian)
- 26- Souri M.K.F. 2018. Physiological characteristics of tomato seedlings under application of chemical and organic-based fertilizers. Journal of Soil and Plant Interactions 8(4): 67-77.
- 27- Talebi P., Jabbarzadeh Z., and Rasouli Sadaghiani M. 2017. Effect of application mode and different concentrations of humic acid on yield and content of nutrients uptake of *Rosa chinensis* var. Minima 'Baby masquerade'. Journal of Crops Improvement 18(4): 789-804.
- 28- Türkmen Ö., Dursun A., Turan M., and Erdinç Ç. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. Acta Agriculturae Scandinavica 7: 168-174.



The Effect of Concentration and Time of Application of Humic Acid on Morpho-physiological Characteristics of *Spinacia oleracea*

M. Naseri^{1*} - H. Arouiee² - M. Mohammadi³

Received: 25-04-2020

Accepted: 13-07-2020

Introduction: *Spinacia oleracea* is the most important leaf vegetable of the Chenopodiaceae family, which has a special place in human nutrition because of its variety of minerals and vitamins. Cultivation of this plant in Iran is several thousand years old and accordingly Iran is considered as the main place and a source of spinach in the world. Growth of plants is affected by genetics, environmental conditions, growing season, nutrients, and soil, harvesting method, temperature, intensity and quality of light. Among these factors, soil nutrients have a significant influence on plant growth and yield. Nowadays, the consumption of organic matter as fertilizer due to its high cost and limited availability is not sufficient and the major nutritional needs of plants are met by chemical fertilizers, which can lead to environmental problems and, over time, reduced yields. In this connection humic acid is a naturally occurring organic compound and contains 2% to 5% organic matter. Humic acid can be used to seedling nutrition and improve its quality and quantity. Given the recent use of organic acids such as humic acid to improve crops and horticulture, but little research has been done on transplant birth, this experiment was conducted to investigate the application of different levels of humic acid in irrigation water at the time of irrigation. Different effects and their effects on growth indices and spinach production were investigated.

Material and Methods: The present experiment was conducted to investigate the application of different concentrations of humic acid at different times and its effects on quantitative and qualitative indices of spinach in a factorial completely randomized design with three replications in research greenhouse at Torbat Heydariyeh University. Treatments consisted of three concentrations of humic acid (0, 3 and 6 ml/L) at two application times (one-week and two-week). The mean daily greenhouse temperature at the time of plant growth was 25°C and the mean nighttime temperature was 18°C, the average relative humidity was 60%. After seedlings were planted in the main pots at four-leaf stage, they were irrigated with humic acid (0, 3 and 6 ml/L) at different intervals once a week, twice weekly. The humic fertilizer used belonged to Green Seed Company, containing 24% humic acid and 3% folic acid and 2% potassium. Five weeks after treatment, the traits were measured. Transplant growth indices including number of leaves (by counting the number of shoots per plant), leaf length and width, leaf area, canopy, height, chlorophyll index, chlorophyll a, b, carotenoid and dry weight of each plant were determined.

Results and Discussion: Based on the results of this experiment, the effect of humic acid concentration on morphological and physiological traits of spinach transplant was significant. The highest leaf number (4.6) at 3 ml concentration and the lowest number (3.5) were at zero concentration. These traits were subjected to humic acid titer, but the increase in concentration had no significant effect on these traits. The increased number of leaves and traits mentioned in the early stages of transplant growth is probably due to the rapid expansion of the root system of the plant at high concentrations of humic acid, which in turn leads to increased nutrient uptake, better plant growth and subsequent growth. Leaf number and other traits become leaf dependent. The results showed that the highest chlorophyll a (1.8 ml/g fresh leaf), chlorophyll b (2.5 ml/ml fresh leaf), carotenoids (7.1 ml/ml). Fresh leaf g) and biomass (150 mg) at 3 ml concentration and the lowest at zero concentration. The highest chlorophyll index (74.1 ml/ml fresh leaf g) was also found in the concentration of 6 ml and the lowest was obtained from zero concentration. Humic acid increased spinach transplant biomass by increasing the amount of photosynthetic pigments and leaf area or the same photosynthetic capacity. In most of the traits, the two-week application time was higher than the one-week, so that spinach transplant biomass increased by 110% over the two-week application period. So that spinach transplant biomass was 156 at the two-week application and 74 mg at the one-week application. Based on the results of this experiment, humic acid application can improve the quantitative and qualitative traits of spinach transplant and its production.

Conclusion: Production of vegetable seedlings have an important role in the production and olericulture

1 and 3- Assistant Professor and Graduate Master, Department of Plant Production, University of Torbat Heydariyeh, respectively.

(* - Corresponding Author Email: M.Naseri@torbath.ac.ir)

2- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.86144

economy. Specializing in different activities in the vegetable production process will simplify the production process and increase efficiency. This means that the best conditions for seedling growth should be provided during transplanting. Application of humic acid organic fertilizer instead of chemical fertilizer can reduce environmental pollution in line with sustainable agriculture and healthy eating with vegetables to prevent the accumulation of chemicals in the human body to be effective. In this regard, the results of this study showed that using low humic acid as organic fertilizer can improve morphophysiological traits of spinach transplant.

Keywords: Carotenoid, Chlorophyll, Humus, Organic matter



مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر میدان مغناطیسی، اسانس رازیانه و ژل آلوئه‌ورا بر قهوه‌ای شدن سیب تازه‌برش خورده رقم 'گلدن دیشلز'

مریم محمدیان^۱ - حامد کاوه^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۱

چکیده

باتوجه به حجم بالای ضایعات محصولات باغبانی و میوه‌های تازه‌برش خورده، این تحقیق به منظور معرفی روشی مناسب برای نگهداری سیب تازه‌برش خورده با استفاده از اسانس گیاه دارویی رازیانه، ژل آلوئه‌ورا و اعمال میدان مغناطیسی در دو دمای مختلف انجام گرفت. در این مطالعه اثر اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) به همراه ژل آلوئه‌ورا در ۳ سطح صفر، ۱۰ و ۲۵ میلی‌لیتر بر لیتر و دو میدان مغناطیسی صفر و ۶۰ میلی‌تسلا در ۳ تکرار و هر تکرار ۶ تیمار در طی ۷ روز و در ۲ دمای ۸ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در قالب فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد، که در آن صفاتی از جمله کیفیت رنگ، pH، SSC، کاهش وزن فیزیولوژیک و میزان قهوه‌ای شدن مورد بررسی قرار گرفت. تمام تیمارها به غیر از شاهد با ژل آلوئه‌ورا (*Aloe vera*) پوشش‌دار شدند. نتایج نشان داد که وجود میدان مغناطیسی در همه‌ی نمونه‌های تیمار شده با ژل آلوئه‌ورا باعث کاهش تخریب، اکسیداسیون و حفظ شکل ظاهری برش‌های سیب شد. وجود ژل آلوئه‌ورا در همه حالات باعث کاهش هدر رفت آب و تغییر کمتر در وزن ثانویه شد. در نمونه‌های تیمار شده با سطوح مختلف اسانس رازیانه، رشد قارچ و باکتری در آنها دیده نشد ولی از نظر شکل ظاهری بسیار افت کیفیت و قهوه‌ای شدن را به همراه داشت. در نمونه‌های موجود در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد و ۲۵ درجه سانتی‌گراد هیچکدام رشد کپک و قارچ مشاهده نشد. از نظر ظاهری سیب‌های تیمار شده با اسانس ۲۵ میلی‌لیتر در لیتر، اکسیده و بازارپسندی خود را از دست دادند. استفاده از تیمار آلوئه‌ورا به تنهایی و بدون اسانس به همراه میدان مغناطیسی ۶۰ میلی‌تسلا بهترین تیمار مشخص شد. به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، اعمال اسانس رازیانه که خواص آنتی‌اکسیدانی دارد با غلظت کمتر برای جلوگیری از رشد قارچ و باکتری مفید بوده اما از نظر حفظ شکل ظاهری و کاهش تخریبی بافت و اکسید شدن مناسب نیست و باعث اکسید شدن سریع‌تر آن می‌شود. ژل آلوئه‌ورا در همه تیمارها باعث حفظ آب میوه و مانع کاهش وزن شد. با این وجود استفاده از ژل آلوئه‌ورا و میدان مغناطیسی برای حفظ شکل ظاهری میوه سیب بسیار مفید است و قابلیت استفاده در این صنعت را دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بارمیکروبی، پوشش‌های خوراکی، فرآوری پس از برداشت

مقدمه

صورت برش‌خورده سبب بهبود فرهنگ خرید و مصرف و نهایتاً سبب افزایش واقعی مصرف سرانه میوه می‌شود. ضایعات میوه نیز از جمله مقوله‌هایی است که کاهش و افزایش آن به صورت مستقیم بر قیمت‌ها اثر می‌گذارد (۱۳). لذا در صورت وجود بسته‌بندی میوه‌ها به صورت برش‌خورده افراد می‌توانند میزان میوه مورد نیاز خود را تهیه کرده و به دنبال آن انواع بیشتری میوه خریداری و مصرف کنند. از جمله مزایای بسته‌بندی میوه‌ها و سبزیجات به صورت برش‌خورده می‌توان به بهینه‌سازی رژیم غذایی افراد، بهینه‌سازی مصرف سرانه میوه، بهبود وضعیت اقتصادی خانوار و در نتیجه بهبود اقتصاد کشور، ایجاد تنوع و افزایش مشتری‌پسندی محصولات و اشتغال‌زایی اشاره کرد. فرآوری مواد غذایی به صورت برش‌خورده، کاهش ارزش غذایی، طعم، سفتی، بافت و رنگ یک محصول را تسریع می‌کند و مدت ماندگاری آن را کاهش می‌دهد و همچنین سطوح زخمی شده

با بررسی جداول پیشنهادی از سوی فائو برای میزان انرژی و مواد مغذی مورد نیاز روزانه بدن می‌توان پی برد که روزانه برای بدن میزان مشخصی از میوه‌ها مفید خواهد بود و مصرف بیشتر آن تاثیر چندانی بر سلامتی نخواهد داشت و توسط بدن دفع می‌گردد (۱۳). با توجه به این که در بسیاری از نقاط جهان و مخصوصاً کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه مردم، به بیماری‌هایی دچارند که از عدم مصرف کافی میوه و سبزی‌ها نشأت می‌گیرند بنابراین بسته‌بندی میوه‌ها به

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد باغبانی، گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه تربیت‌حیدریه

(*)- نویسنده مسئول : (Email: h.kaveh@torbath.ac.ir)

شرایط مناسبی را برای رشد میکروبی فراهم می‌کند. بنابراین استراتژی‌های کنترل کافی در هنگام ذخیره و نگهداری تولید مواد غذایی برش‌خورده باید کاهش ارزش تغذیه‌ای و خواص حسی و رشد میکروبی را به حداقل مقدار ممکن برساند. دستیابی به مناسب‌ترین روش‌های بسته‌بندی میوه و سبزیجات می‌تواند سرانه مصرف را بهبود بخشیده و مانع مصرف نادرست آن‌ها شود. در این حالت مردم می‌توانند مقدار میوه کمتر بر اساس نیاز و با قیمت کمتر خریداری کنند. اما نگهداری و فراوری میوه‌ها و سبزیجات به صورت برش‌خورده مشکلات بسیاری دارد (۱۷). سیب^۱، محصول شناخته شده‌ای در دنیاست که با توجه به مدت انبارمانی طولانی‌تر آن در مقایسه با بسیاری از میوه‌ها بهتر می‌تواند در دسترس مردم قرار گیرد. با این وجود سبب‌های برش‌خورده چند دقیقه تا چند ساعت پس از برش اکسید شده و قهوه‌ای می‌شوند. به این دلیل استفاده از پوشش‌های خوراکی برای ماندگاری آن می‌تواند قابل توجه باشد. پوشش‌های خوراکی با به تاخیر انداختن در کاهش از دست دادن آب، از دست رفتن ترکیبات معطر، کاهش تنفس و تاخیر در تغییرات ساختاری میوه موجب افزایش مدت نگهداری محصولات غذایی می‌شوند. این پوشش‌ها نسبت به مواد سنتتزی، غشای تراوایی برای گازهای دی‌اکسید کربن و اکسیژن ایجاد می‌کنند و موجب توسعه یکپارچگی مکانیکی در حین جابجایی محصولات می‌گردند و می‌توان به آن‌ها ترکیبات آنتی‌اکسیدانت و آنتی‌باکتریال را نیز اضافه نمود (۲). آلودگی‌های قارچی عامل بسیاری از خسارات بعد از برداشت محصولات کشاورزی می‌باشند که برای کنترل آن‌ها معمولاً از محلول‌های قارچ‌کش استفاده می‌شود که برای سلامت انسان مضر هستند. گزارش سالانه آکادمی بین‌المللی علوم (NAS)^۲ نشان داد که قارچ‌کش‌ها در مقایسه با حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، در ایجاد بیماری‌های سرطانی موثرتر می‌باشند (۱۹). یکی از روش‌هایی که می‌توان قارچ‌ها را کنترل کرد و مانع توسعه و تکثیر آن شد، امکان استفاده از اسانس گیاهان دارویی است، که می‌تواند اثر قارچ‌کشی نیز داشته باشند. فعالیت ضد قارچی اسانس‌های چند گونه گیاهی شامل رازیانه، زیره سیاه، آویشن، میخک، جوزهندی، آنگوزه، یوشان، موسیر، جاشیر، تاجریزی و عصاره مرزه به اثبات رسیده است (۳۰). به همین منظور در این پژوهش از اسانس رازیانه برای جلوگیری از رشد قارچ‌ها در برش‌های میوه سیب استفاده شد.

ژل آلوئه‌ورا از جمله پوشش‌های خوراکی جدید با pH ۵/۴ است که نظر محققان را به خود جلب کرده و جزو پوشش‌های پلی‌ساکاریدی است که دارای خصوصیات نظیر ایجاد لایه‌ی حفاظتی روی محصول، محافظت سلول‌های زیر لایه‌ی حفاظتی در مقابل

صدمات مکانیکی، کاهش اتلاف آب میوه، کاهش سرعت عبور گازها از پوست میوه از طریق ایجاد پوشش روی عدسک‌ها و روزنه‌ها و در نتیجه تغییر اتمسفر اطراف محصول می‌باشد. در حدود ۹۶ درصد ژل موجود در برگ آلوئه‌ورا از آب و ۴ درصد حاوی ترکیباتی همچون چربی‌های ضروری، آنزیم و گلیکوپروتئین، آمینواسیدها، ویتامین‌ها و املاح است. این ژل به راحتی در آب حل می‌شود و قابلیت افزودن مواد دیگری نظیر قارچ‌کش‌ها را به خود دارد. ژل آلوئه‌ورا کیفیت میوه‌های برداشت شده را حفظ کرده و عمر ماندگاری آنها را افزایش می‌دهد (۱۱). به این دلیل استفاده از این ژل به همراه میدان مغناطیسی برای حفظ برش‌های سیب مورد استفاده قرار گرفت و برای آلودگی کمتر میوه به قارچ و باکتری از اسانس گیاه دارویی رازیانه با توجه به خواص دارویی آن استفاده شد. بررسی عصاره‌های استخراج شده از قسمت‌های مختلف گیاه رازیانه نشان می‌دهد، که قادر به خنثی کردن رادیکال‌های آزاد حاصل از اکسیداسیون می‌باشند (۶). حضور ترکیبات فنلیک و اسیدهای چربی مانند اولئیک، لینولئیک و پالمیتیک اسیدها در قسمت‌های مختلف این گیاه می‌توانند در فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن سهیم باشند (۲۶). با توجه به اینکه استفاده مردم از گیاهان دارویی به میزان کمی می‌باشد می‌توان با این فناوری میوه‌هایی عرضه بازار کرد که علاوه بر استفاده میوه، از خواص دارویی اسانس مورد نظر نیز بهره ببرند.

نتایج نشان داده است که اعمال میدان مغناطیسی در گیاهان باعث تولید سوپر اکسید دیسموتاز و کربوکسی دیسموتاز می‌شود (۳۲). سوپراکسید دیسموتاز به عنوان یک آنزیم محافظ سلولی در برابر استرس اکسیداتیو در سلول از عوامل مهم حفاظتی سلول محسوب می‌شود (۲۲). میدان مغناطیسی با افزایش غلظت، فعالیت و طول عمر رادیکال‌های آزاد، تغییر جریان‌های یونی در غشای سلولی و فرآیندهای حمل و نقل، بر موجودات زنده تأثیر می‌گذارد. همچنین می‌توانند رفتار الکتریکی غشاهای نفوذپذیری غشاء، خاصیت الکترومغناطیسی و مسیرهای متابولیکی در سلول‌های گیاهی را تغییر دهند (۸ و ۱۸). بنابراین در این آزمایش از میدان مغناطیسی به عنوان عاملی برای جلوگیری از تخریب سلول‌های سیب و حفظ شکل ظاهری آن استفاده شد.

مواد و روش‌ها

سیب زرد رقم 'گلدن دلیشز'^۳ سالم بدون هیچ ضربه خوردگی و آسیب در اندازه متوسط در سال ۱۳۹۶ از بازار میوه تربت‌حیدریه از باغدار محلی خریداری شد و جهت انجام تیمارها و آزمایش‌های مقدماتی به آزمایشگاه تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه تربت حیدریه منتقل گردید. سیب‌ها پس از شستشو و ضدعفونی، بوسیله تیغ تیز و

1- *Malus domestica*

2- National Academy of Sciences

3- Golden delicious apple

قهوه‌ای شدن و تخریب ظاهری آن تخمین زده شد. آنالیز داده‌ها: داده‌های بدست آمده در قالب فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزار SAS-jmp نسخه ۱۳ تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون توکی انجام گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به جدول تجزیه واریانس تاثیر دما بر کاهش وزن فیزیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. درصد کاهش وزن در دمای محیط (۲۵) T1 (درجه سانتی‌گراد) به ترتیب تا روز آخر کاهش یافت و بیشترین کاهش وزن در روز ششم مشاهده شد که بیانگر افزایش تنفس میوه است. اما در دمای داخل یخچال (۸) T2 (درجه سانتی‌گراد) کاهش وزن کمتری نسبت به نمونه‌های موجود در دمای محیط مشاهده گردید در این دما نیز روز ششم بیشترین کاهش وزن را نشان داد (شکل ۱). در پژوهشی بر روی تیمارهای گیلان پوشش داده با ژل آلوئه‌ورا در مدت زمان نگهداری ۱۶ روز نسبت به نمونه کنترل افت رطوبت کمتری مشاهده شد (۱۴). در پژوهشی دیگر بر روی توت‌فرنگی نمونه‌های تیمار شده با ژل آلوئه‌ورا در مقایسه با نمونه شاهد در طی ۱۸ روز نگهداری افت رطوبت کمتری گزارش شد (۲۷). افت کاهش وزن عمدتاً به دلیل دلیل هدررفت رطوبت ناشی از تعرق و کاهش کربن‌های انباشته شده در میوه به دلیل تنفس می باشد (۳۱).

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، میدان مغناطیسی بر مواد جامد محلول (SSC) در سطح یک درصد معنی‌دار شد، اما بر روی pH و کاهش وزن تاثیر نداشته است. و با در نظر گرفتن حفظ شکل ظاهری و قهوه‌ای نشدن در نمونه‌های تیمار شده با میدان مغناطیسی و عدم تاثیرگذاری و تغییرات بر pH و وزن میوه می‌توان به تاثیر مثبت آن در این پژوهش و بر برش‌های سیب اشاره کرد. در پژوهشی روی خیار مشخص شد که فعالیت کربوکسی‌دیسمو تاز با قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی افزایش یافته است. تغییرات در فعالیت‌های احیا کننده مجدد آمیلاز و نیترات ردوکتاز در جوانه‌زنی بذرها تحت درمان با الکترومغناطیسی از نقاط قوت متفاوت نیز مشاهده شد (۳۲).

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) ژل و اسانس بر روی pH و SSC تاثیرگذار و دارای اثر معنی‌دار در سطح یک درصد بود. ژل و اسانس یک درصد بیشترین تاثیر و ژل تنها، کمترین تاثیر را بر SSC داشت اما در مورد pH ژل و اسانس ۲۵ میلی‌لیتر بر لیتر بیشترین تاثیر و ژل و اسانس ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر کمترین تاثیر را داشته است، و همچنین کاهش وزن فیزیولوژیک در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و ژل و اسانس ۲۵ میلی‌لیتر بر لیتر بیشترین کاهش وزن را نشان داد.

ضد عفونی شده با ضخامت یک میلی‌متر به شش قسمت مساوی تقسیم شدند. استفاده از ابزار برش بسیار تیز می‌تواند سلول‌های آسیب دیده را کمتر کند.

اسانس رازیانه بوسیله کلونجر به روش تقطیر با آب در آزمایشگاه گیاهان دارویی دانشگاه تربت حیدریه استخراج شد. اسانس با غلظت ۱۰ و ۲۵ میلی‌لیتر بر لیتر آماده و در ژل آلوئه‌ورا ۱۰ درصد رقیق شده با آب مقطر افزوده شد. جهت تهیه ژل آلوئه‌ورا برگ‌های گیاه آلوئه‌ورا از بازار تهیه و پس از پوست‌گیری با استفاده از مخلوط‌کن خانگی تا رسیدن به محلول هموزن مخلوط شد و به نسبت ۱:۱۰ در آب مقطر مخلوط و کاملاً حل گردید. برش‌های سیب هر کدام با روش فروری عمیق به مدت ۵ دقیقه در داخل محلول اسانس و ژل تیمار شدند، و پس از خروج محلول اضافی آن، وزن‌گیری شدند و سپس در ظروف درب‌دار پلی پروپیلن شفاف نگهداری شدند. برای تیمار میدان مغناطیسی، از میدان مغناطیسی ثابت که با دو آهنربای بزرگ در فاصله‌ی ۲۵ سانتی‌متری از یکدیگر میدان مغناطیسی ۶۰ میلی تسلا ایجاد می‌کنند استفاده شد. در این تیمار نیز مشابه قسمت قبل محلول آماده گردید، و محلول ژل و اسانس قبل از تیمار به مدت ۱ ساعت در میدان مغناطیسی ۶۰ میلی‌تسلا قرار داده و سپس تیمار گردیدند. از همه‌ی تیمارها دو نمونه تهیه شد و در ۲ دمای ۸ درجه سانتی‌گراد و ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری گردید. اندازه‌گیری‌ها به صورت روزانه انجام گرفت و پایان آزمایش روز هفتم بود.

کاهش فیزیولوژیک وزن میوه: وزن اولیه قطعات سیب پس از غوطه‌ور کردن و خروج محلول اضافه اندازه‌گرفته شد. سپس در بازه ۲۴ ساعته اندازه‌گیری مجدد وزن انجام پذیرفت. وزن‌گیری هر نمونه تا روز آخر انجام و در انتها بوسیله فرمول زیر درصد کاهش فیزیولوژیک وزن میوه محاسبه شد (۱۲).

$$= 100 * \left\{ \frac{\text{وزن اولیه}}{\text{وزن در زمان نمونه برداری} - \text{وزن اولیه}} \right\}$$

درصد کاهش وزن

مواد جامد محلول کل (SSC^۱): جهت اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل از رفاکومتور دستی استفاده شد (۲۱). در این اندازه‌گیری از بافت میانی برش سیب استفاده گردید.

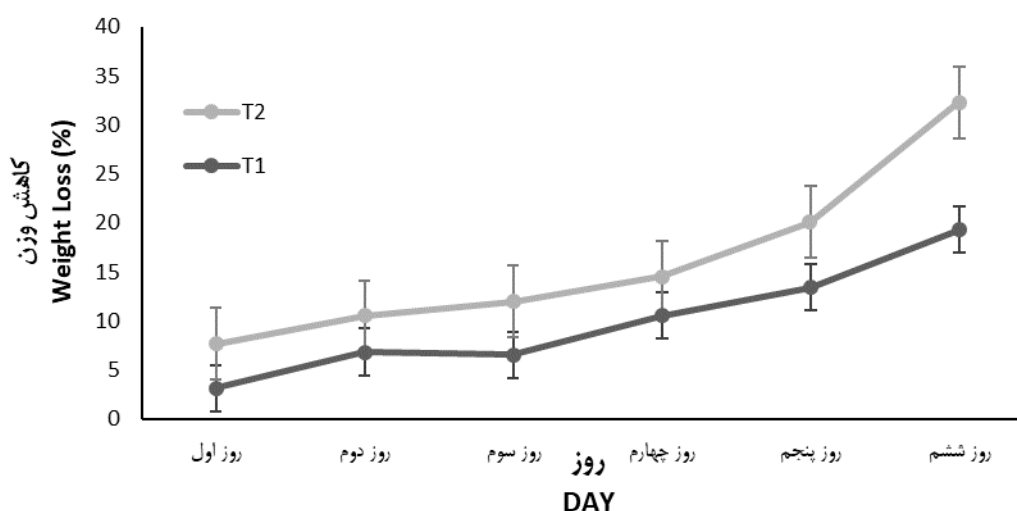
pH: جهت اندازه‌گیری pH میوه از دستگاه پی‌اچ متر استفاده شد. هر کدام از تیمارها بعد از اندازه‌گیری دیگر صفات به صورت تخریبی pH آن اندازه‌گیری گردید.

کیفیت رنگ: از تمام نمونه‌های تیمار شده، هر روز عکسی با کیفیت ۸ مگاپیکسل تهیه شد و تجزیه و تحلیل پارامترهای رنگی با استفاده از نرم افزار فتوشاپ نسخه‌ی (Adobe photoshop cs6) استفاده و پارامترهای رنگی a, b, L توسط نرم‌افزار فتوشاپ تعیین و سپس اختلاف رنگی کلی نمونه با نمونه شاهد مقایسه و میزان

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر دما، میدان مغناطیسی و محلول ژل + اسانس بر برخی صفات سیب رقم 'گلدن دلشیز'
 Table 1- ANOVA for the effect of temperature, magnetic field and gel + essential oil solution on some traits of apple cv. 'Golden delicious'

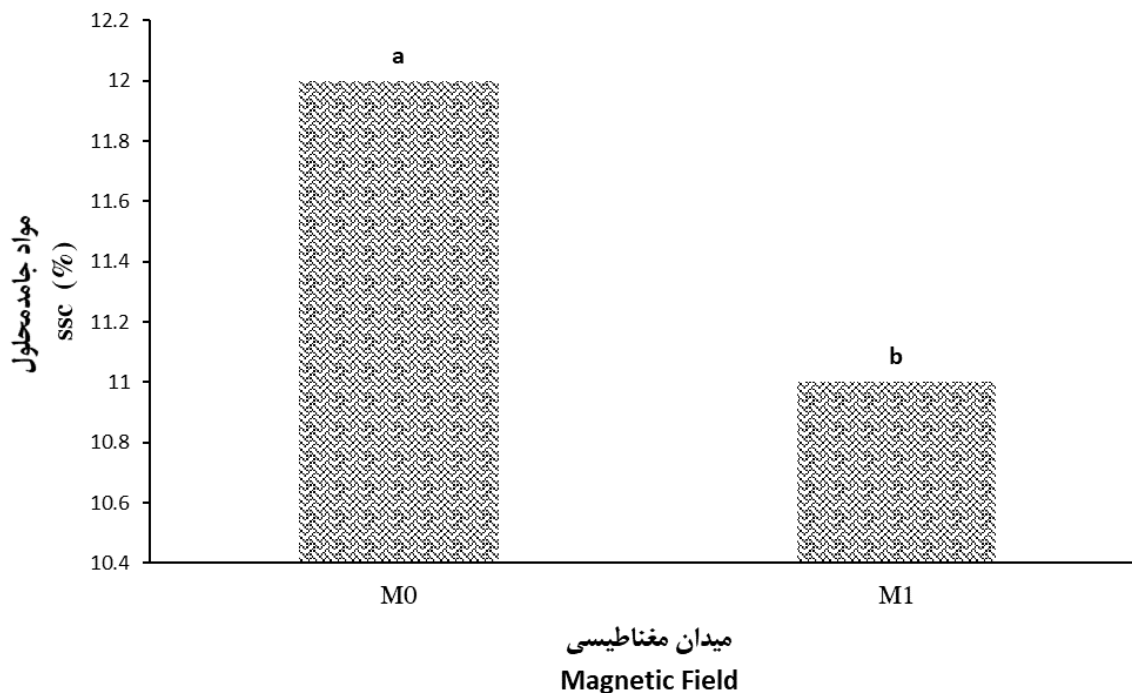
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean of squares		
		کاهش وزن Weight loss	اسیدیته pH	مواد جامد محلول SSC
دما Temperature	1	746.86**	0.85**	88.76**
میدان مغناطیسی Magnetic field	1	0.75 ^{ns}	0.03 ^{ns}	48.64**
محلول ژل + اسانس Gel + essential oil solution	2	15.36 ^{ns}	0.22**	17.11**
روز Day	5	720.39**	0.46**	7.35*
تکرار Repeat	2	31.9 ^{ns}	0.11*	1.85 ^{ns}
دما × میدان مغناطیسی Temperature × Magnetic field	1	1.07 ^{ns}	0.27**	9.16 ^{ns}
دما × محلول ژل + اسانس Temperature × Gel + essential oil solution	2	55.3 ^{ns}	0.03 ^{ns}	8.5 ^{ns}
میدان مغناطیسی × محلول ژل + اسانس Magnetic field × Gel + essential oil solution	2	110.95 ^{ns}	0.09*	40.25 ^{ns}
دما × میدان مغناطیسی × محلول ژل + اسانس Temperature × Magnetic field × Gel + essential oil solution	2	9.02 ^{ns}	0.003 ^{ns}	5.16 ^{ns}
میدان مغناطیسی × محلول ژل + اسانس × روز Magnetic field × Gel + essential oil solution × Day	10	21.57 ^{ns}	0.03 ^{ns}	2.9 ^{ns}
محلول ژل + اسانس × روز Gel + essential oil solution × Day	10	21.6 ^{ns}	0.03 ^{ns}	2.17 ^{ns}
ضریب تغییرات C.V. (%)		17.3	11.37	5.8

^{ns}, **, * به ترتیب نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
^{ns}, **, * non-significant, significant at 1% and 5% of probability levels, respectively.



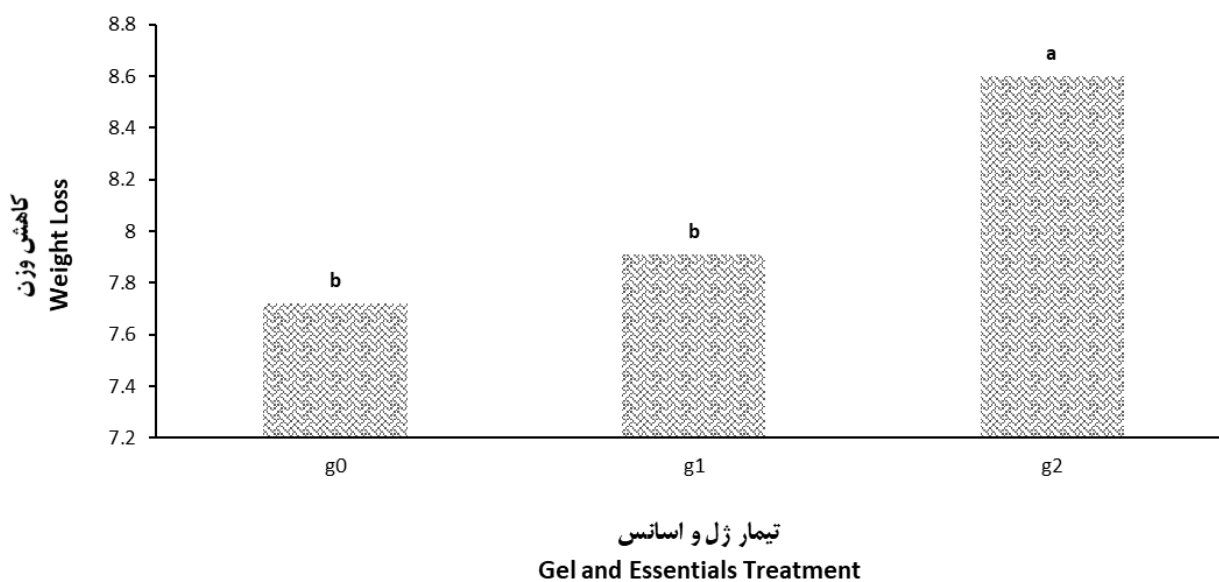
شکل ۱- تاثیر دماهای T1 (۲۵ درجه سانتی گراد) و T2 (۸ درجه سانتی گراد) با افزایش زمان انبارداری بر کاهش وزن برش های سیب رقم 'گلدن دلشیز' (دامنه اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی)

Figure 1- The effect of temperature T1 (25 °C) and T2 (8 °C) with increasing storage time on weight loss of apple cv. 'Golden Delicious' slices (Tukey's range test, $p \leq 0.05$)



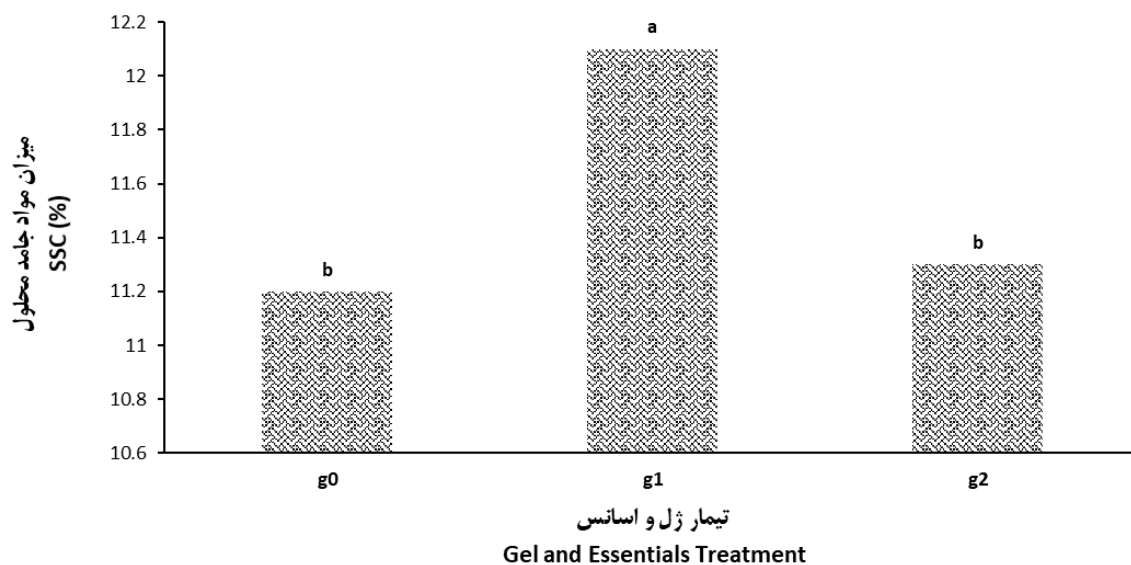
شکل ۲- تاثیر میدان مغناطیسی بر SSC برش‌های سیب رقم گلدن دیشلز (M0: بدون اعمال میدان، M1: میدان ۶۰ میلی تسلا)
(ستون‌ها با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

Figure 2- The effect of magnetic field on SSC of apple cv. 'Golden delicious' slices. (M0 = without field, M1 = 60 mili Tesla field)
(Bars with common letter have no significant differences Tukey's range test, $p < 0.05$)



شکل ۳- اثر متقابل ژل × اسانس بر کاهش وزن سیب رقم گلدن دیشلز (g0 شامل ژل بدون اسانس، g1 ژل و اسانس ۱۰ میلی لیتر بر لیتر، g2 ژل و اسانس ۲۵ میلی لیتر بر لیتر)
(ستون‌ها با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

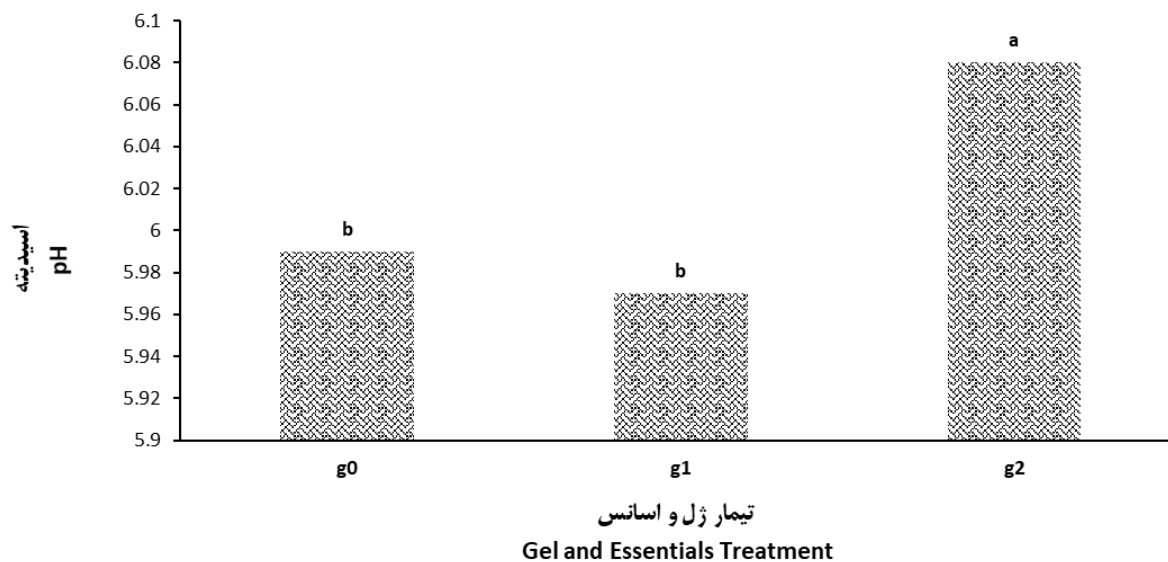
Figure 3- The interaction effect of gel × essential oil on weight loss apple cv. 'Golden delicious' (g0 includes non-essential gel, g1 gel and 10 ml per liter essential oil, g2 gel and essential oil 25 ml per liter)
(Bars with common letter have no significant differences Tukey's range test, $p < 0.05$)



شکل ۴- تاثیر ژل و اسانس بر میزان مواد جامد محلول سیب رقم 'گلدن دلیشز' (g0 شامل ژل بدون اسانس، g1 ژل و اسانس ۱۰ میلی لیتر بر لیتر، g2 ژل و اسانس ۲۵ میلی لیتر بر لیتر)

(ستون‌ها با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

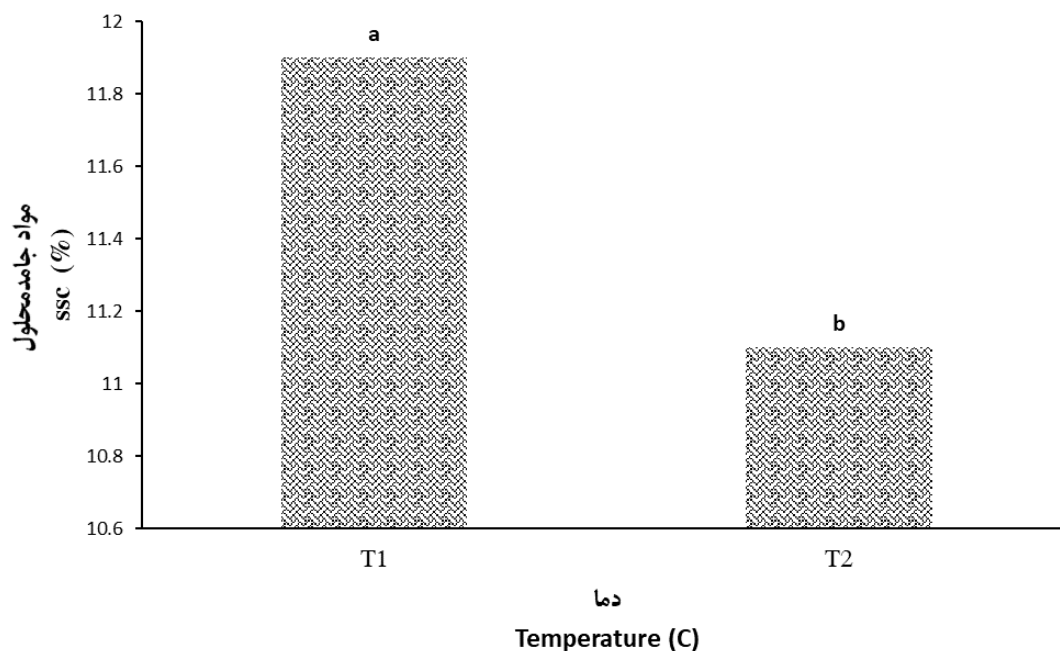
Figure 4- The interaction effect of gel × essential oil on SSC apple cv. 'Golden delicious' (g0 includes non-essential gel, g1 gel and 10 MI per liter essential oil, g2 gel and essential oil 25 MI per liter)
(Bars with common letter have no significant differences Tukey's range test, $p < 0.05$)



شکل ۵- تاثیر ژل و اسانس بر میزان اسیدیته سیب رقم 'گلدن دلیشز' (g0 شامل ژل بدون اسانس، g1 ژل و اسانس ۱۰ میلی لیتر بر لیتر، g2 ژل و اسانس ۲۵ میلی لیتر بر لیتر)

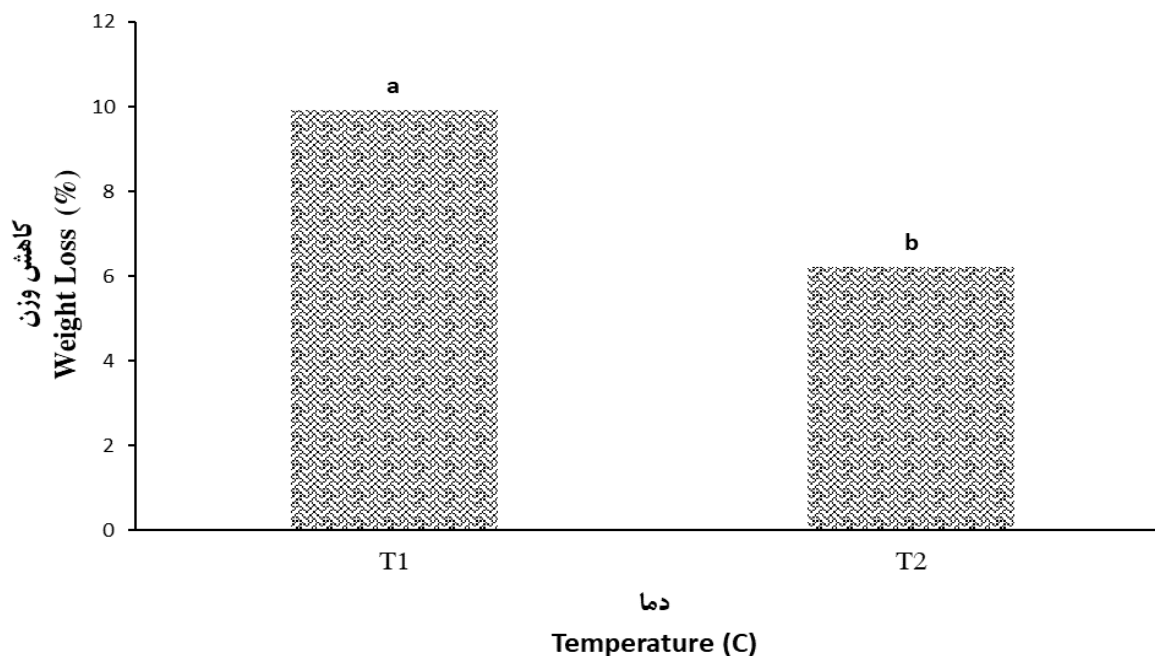
(ستون‌ها با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

Figure 5- The interaction effect of gel × essential oil on pH apple cv. 'Golden delicious' (g0 includes non-essential gel, g1 gel and 10 MI per liter essential oil, g2 gel and essential oil 25 MI per liter)
(Bars with common letter have no significant differences Tukey's range test, $p < 0.05$)



شکل ۶- تاثیر دما بر مواد جامد محلول برش‌های سیب رقم 'گلدن دلشیز' (t1: دمای محیط ۲۵ درجه سانتی‌گراد، t2: دمای ۸ درجه سانتی‌گراد) (ستون‌ها با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

Figure 6- The effect of temperature on SSC of apple cv. 'Golden delicious' slices. (t1: ambient temperature at 25 °C, t2: 8 °C) (Bars with common letter have no significant differences Tukey's range test, $p < 0.05$)



شکل ۷- تاثیر دما بر کاهش وزن برش‌های سیب رقم 'گلدن دلشیز' (t1: دمای محیط ۲۵ درجه سانتی‌گراد، t2: دمای ۸ درجه سانتی‌گراد) (ستون‌ها با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد)

Figure 7- Effect of temperature on weight loss of apple cv. 'Golden delicious' slices (t1: ambient temperature at 25 °C, t2: 8 °C) (Bars with common letter have no significant differences Tukey's range test, $p < 0.05$)

دما در هر سه فاکتور مورد اندازه‌گیری در سطح یک درصد معنی‌دار شد و در هر سه فاکتور دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (t1) بیشترین تغییر را حاصل کرد.

میوه و سبزی‌ها از جمله مهم‌ترین محصولات باغی هستند که نقش مهمی در تامین نیازهای غذایی و سلامت انسان دارند. بر اساس آمار فائو سرانه مصرف میوه در ایرانی‌ها ۱۵۸ کیلوگرم در سال دو برابر کشورهای توسعه یافته و سه برابر کشورهای در حال توسعه می‌باشد. با این وجود بسیاری از مردم از بیماری‌هایی رنج می‌برند که از مصرف ناکافی میوه و سبزیجات منشأ می‌گیرد. توجه به این که وضعیت ظاهری محصول از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی بازارپسندی محصولات است و فراوری مواد غذایی برش خورده باعث کاهش ماندگاری و تغییر رنگ آن‌ها می‌شود و سطوح برش خورده و زخمی شرایط مناسبی را برای رشد میکروبی فراهم می‌کند (۲۴) که به تبع آن وجود هر گونه علائم آلودگی، پوسیدگی و نرم شدن میوه باعث کاهش زیادی در بازارپسندی محصول می‌شود. بنابراین هر عاملی که سرعت پیری را کاهش دهد و از رشد علائم پوسیدگی، کاهش وزن و چروکیدگی میوه جلوگیری کند باعث حفظ وضعیت ظاهری و بازارپسندی محصول خواهد شد (۴). در نتیجه استراتژی‌های کنترل کافی در حین ذخیره و نگهداری تولید مواد غذایی برش خورده باید کاهش ارزش تغذیه‌ای و خواص حسی و رشد میکروبی را به حداقل برساند (۱۳). با تلاش و دستیابی به مناسب‌ترین روش‌های فرآوری می‌توان از ضایعات این محصولات کاست و به طور مستقیم بر قیمت‌ها تاثیر گذاشت. در پژوهشی تاثیر اسانس رزماری و درمنه را بر روی کنترل پوسیدگی و خصوصیات کیفی میوه انبه را بررسی کردند که مشخص شد اسانس‌های گیاهی تاثیر مثبتی بر روی حفظ کیفیت میوه دارد و اسانس‌های استفاده شده باعث حفظ سفتی بیشتری در میوه‌ها نسبت به شاهد شد (۱۰). اما در پژوهش حاضر میوه‌های برش خورده که با اسانس تیمار شده بودند سرعت قهوه‌ای شدن را زودتر طی کرده و نرم شدند. خسارات کاهش وزن میوه به طور عمده با تنفس و تبخیر آب در اطراف پوست میوه ارتباط دارد همچنین کاهش وزن میوه در نتیجه از دست‌دهی آب از سطح میوه‌ها می‌باشد (۹).

پوشش ژل آلوه‌ورا روند کاهش وزن پس از برداشت میوه‌ها را کند می‌کند این امر به خاصیت هیگروسکوپی ژل نسبت داده می‌شود که قادر به تشکیل سد و مانع در مقابل انتشار آب بین میوه و محیط است (۴). در تحقیقی بر روند کاهش وزن در میوه‌های شلیل تیمار شده با ژل آلوه‌ورا نسبت به شاهد نشان داد که مرحله رسیدگی کامل میوه‌های پوشش‌دار شده با ژل کاهش وزن ۶۵ درصد کمتر از میوه‌های شاهد بود و با توجه به نتایج میوه‌هایی که با ژل آلوه‌ورا پوشش داده شده بودند مقدار کاهش وزن، تغییر رنگ و مزه، مواد

جامد محلول (SSC) نسبت به تیمار شاهد کمتر ولی مقدار pH بیشتر بود (۷). ژل آلوه‌ورا به راحتی در آب حل شده و در تمام اطراف محصول به یک اندازه پخش می‌شود. این ژل دارای مزایای دیگری نظیر حفظ مواد معطر داخل میوه، بهبود خصوصیات ساختاری سلول مثل درزگیری، پوشش محل زخم و بریدگی می‌باشد (۲۰). که در این پژوهش تاثیر مثبت آن به وضوح قابل مشاهده بود و مشاهده شد که در نمونه‌ی تیمار شده با ژل آلوه‌ورا کاهش آب میوه و کاهش وزن کمتری نسبت به تیمارهای دیگر داشت. در پژوهشی روی گیلاس نشان دادند که ژل آلوه‌ورا مانند یک پوشش خوراکی عمل می‌کند و باعث کاهش اتلاف آب میوه و حفظ وزن و سفتی بافت میوه می‌شود (۱۴). ژل آلوه‌ورا فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی (پلی گالاکتوناز، پکتین متیل استراز و زیلاناز) را کاهش می‌دهد. به منظور مطالعه اثر ترکیبات طبیعی بر طول دوره نگهداری انبارداری، از موسیلاژ کاکتوس آپونتیا و اسانس آویشن و ترکیب این دو تیمار، جهت پوشش دار نمودن میوه توت فرنگی استفاده شد و نشان داده شد در تیمارهایی که از موسیلاژ کاکتوس آپونتیا به صورت خالص و چه به صورت ترکیب با اسانس آویشن استفاده شد، سفتی میوه افزایش و مواد جامد محلول کاهش یافت، همچنین آب میوه و تردی بافت میوه حفظ گردید. این تیمارها بر درجه اسیدی و اسیدیته کل میوه اثر نداشته و تیمار اسانس از تغییرات رنگ و طعم میوه جلوگیری نموده و در واقع موجب حفظ رنگ و طعم میوه در طول انبارداری گردید (۲). این پژوهش بر خلاف پژوهش حاضر بود که اسانس رازیانه بیشتر باعث تخریب بافت برش‌های میوه شد تا حفظ سفتی برش‌های سیب. در پژوهشی بر روی گیلاس سیاه مشهد مشاهده کردند که تیمار گیلاس با ژل آلوه‌ورا باعث کاهش تنفس میوه‌ها به میزان ۵۰ درصد طی ۱۶ روز نگهداری در سردخانه و به اضافه یک روز در دمای معمولی اتاق شد. که این پژوهش مطابق پژوهش حاضر بر روی برش‌های سیب بود. در پژوهشی دیگر بر روی انگور نشان دادند، انگورهای تیمار شده با ژل آلوه‌ورا نسبت به انگورهای شاهد سفتی خود را به میزان ۵۰ درصد بیشتر بعد از ۲۱ روز نگهداری در سردخانه به اضافه چهار روز در دمای اتاق حفظ کردند (۲۳).

در سال‌های اخیر استفاده از اسانس‌های گیاهی در کنترل بیماری‌های پس از برداشت میوه و سبزی به عنوان روشی بیولوژیک و موثر و درعین حال ایمن توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است (۱). استفاده از اسانس‌های گیاهی می‌تواند ضمن تأمین سلامت و ایمنی محصول باعث کاهش ضایعات میوه شوند (۱۶). در این آزمایش نیز برش‌های سیب تیمار شده با اسانس و تیمارهای آلوه‌ورا بدون اسانس هیچکدام دچار فساد قارچی نشدند. در تحقیقی بر روی تاثیر اسانس‌های گیاهی مریم گلی و مورخوش و

بررسی اثر اسانس‌های گیاهان دارویی رزماری و درمنه بر کنترل پوسیدگی ناشی از قارچ آسپرژیلوس نشان داد که تیمارهای استفاده شده تاثیر معنی داری (در سطح پنج درصد) در جلوگیری از پوسیدگی میوه انبه در مدت انبارمانی داشته‌اند. در پایان آزمایش تیمارهای اسانس رزماری (۵۰۰ ماکرولیتر در لیتر) و بعد از آن درمنه (۱۰۰۰ ماکرولیتر در لیتر) به ترتیب با درصد پوسیدگی ۱۲ و ۱۳/۳ درصد کمترین پوسیدگی را نشان دادند. اسانس‌های گیاهی تاثیر مثبتی بر کیفیت میوه نشان دادند. به طوری که اسانس‌های استفاده شده سفتی بیشتری نسبت به شاهد نشان دادند. بیشترین سفتی بافت میوه در غلظت‌های مختلف رزماری مشاهده شد. میوه‌های تیمار شده دارای میزان آسکوربیک اسید بیشتری نسبت به شاهد بودند (۱۰).

نتیجه‌گیری

در همه‌ی پارامترهای اندازه‌گیری شده، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در سطح یک درصد معنی‌دار شده در نتیجه اثر تخریبی بر صفات سیب داشت و نگهداری سیب برش خورده در دمای محیط مناسب نبود و ماندگاری آن در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد مفیدتر بود. میدان مغناطیسی بر pH تاثیر نداشت و همچنین در حفظ شکل ظاهری سیب موثر بود. ژل و اسانس در سطح یک درصد در همه‌ی پارامترهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار شد و با توجه به مشاهدات استفاده از اسانس رازیانه هر چند باعث جلوگیری از رشد باکتری و قارچ‌های عامل فساد شد اما باعث تغییر رنگ و تخریب زودتر بافت‌های سیب شد. استفاده از پوشش ژل آلوئه‌ورا به تنهایی در حفظ و جلوگیری از کاهش آب مفید بود. با توجه به داده‌های کیفی میدان مغناطیسی تاثیر مثبت و غیر قابل اغماضی در حفظ برش‌های سیب داشت و این تیمارها از نظر ظاهری و اکسید شدن بهترین کیفیت را در مقایسه با همه تیمارها نشان داد.

کلرید کلسیم بر روی کنترل کپک خاکستری در توت فرنگی نشان دادند که پوسیدگی در میوه‌های تیمار شده به جز مریم‌گلی به طور کامل کنترل شد. سفتی به طور معنی‌داری در میوه‌های تیمار شده بیشتر از شاهد بود. در این تحقیق نشان دادند که کلریدکلسیم و اسانس گیاهان دارویی در کنترل و حفظ کیفیت پس از برداشت توت فرنگی به مدت ۱۶ روز مؤثر بوده است (۲۹).

با توجه به تحقیقات بسیاری که صورت گرفته است تیمار میوه‌ها و سبزی‌ها با اسانس‌های مختلف گیاهی باعث افزایش عمر ماندگاری، کند کردن روند کاهش وزن، کاهش فساد، حفظ رنگ میوه، حفظ سفتی و قندهای محلول در میوه می‌گردد. پژوهشی به منظور بررسی اثر اسانس گیاهان دارویی در افزایش عمر انباری پرتقال والنسیا انجام شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین درصد پوسیدگی در تیمار میخک ۵۰۰ میلی لیتر در لیتر و کمترین آن در تیمار شاهد بدون زخم با شستشو رخ داد که با آویشن ۷۵۰، زیره ۲۵۰ و مرزه ۵۰۰ و ۷۵۰ میلی لیتر در لیتر اختلاف معنی‌داری نداشت (۲۵). در پژوهشی بر روی انبارداری میوه هلو زعفرانی دریافتند که استفاده از پوشش آلوئه‌ورا غنی شده با اسانس گلپر موجب حفظ خواص کیفی و کاهش تخریب خواص حسی میوه هلو طی انبارداری شد (۲۰).

گزارش شده است که اسانس‌های گیاهی مانند هر ماده دیگری در غلظت بالا اثرات سمیت بر روی میوه دارد. در پژوهشی مشاهده شد که غلظت بالای اسانس رازیانه و مرزه باعث افزایش درصد کاهش وزن می‌شود که به نظر می‌رسد به دلیل افزایش شدت تنفس میوه می‌باشد، غلظت بالای اسانس علاوه بر اینکه باعث سوختگی در سطح میوه شد به عنوان یک عامل تنش‌زا باعث افزایش فعالیت حیاتی سلول شد و مواد غذایی ذخیره در سلول را به مصرف رساند (۳). که این قانون در مورد میوه‌های برش خورده نیز صدق کرده و در این تحقیق نیز غلظت بالای اسانس شکل ظاهری سیب را بیشتر از سایرین تخریب کرده و زودتر اکسید و قهوه‌ای گردید.

منابع

- 1-Abdusi V. 2017. Effect of essential oil of the medicinal plant (*Platyloba echinophora*) on the quantitative and qualitative characteristics of the fruit of two varieties of strawberries during storage. Journal of Food Industry Research 27(4): 87-102.
- 2-Alikhani M., Sharifani M., Azizi M., Mousavizadeh J., and Rahimi M. 2009. Increasing the shelf life and maintaining the quality of Strawberry fruit using edible coating of mouselage and *Thymus* essential oil, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 16: 2. (In Persian with English abstract)
- 3-Aliaran A., Noorullahi Kh. and Shahyvand Z. 2018. Evaluation of antifungal effects of essential oil Savory, Cinnamon and Fennel on the growth of three species of plant pathogenic fungi in vitro. Applicable Biology 31(1): 190-206. (In Persian with English abstract)
- 4-Asghari M., and Khalili H. 2014. The effect of *Aloe vera* gel on the activity of polyphenol oxidase enzyme, qualitative properties and persistence of cherry fruit in Mashhad cultivar. Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries) 28(3): 399-406. (In Persian with English abstract)
- 5-Baghel L., Kataria S., and Guruprasad K.N. 2016. Static magnetic field treatment of seeds improves carbon and

- nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. *Bioelectromagnetics* 37(7): 455-470.
- 6-Barros L., Heleno S.A., Carvalho A.M., and Ferreira I.C. 2009. Systematic evaluation of the antioxidant potential of different parts of *Foeniculum vulgare* Mill. from Portugal. *Food and Chemical Toxicology* 47(10): 2458-2464.
- 7-Biraqdar Kashkuli A., Hazrati S., and Tahmasebi Sarvestani Z. 2011. The use of *Aloe vera* gel as a cover in maintaining the quantity and quality of nectarine fruit. 7th Iranian Horticultural Sciences Congress.
- 8-Çelik Ö., Büyüksulu N., Atak Ç., and Rzakoulieva A. 2009. Effects of magnetic field on activity of superoxide dismutase and catalase in *Glycine max* (L.) Merr. Roots. *Polish Journal of Environmental Studies* 18: 175-182.
- 9-Del Aguila J.S., Sasaki F., Heffig L.S., Ortega E.M.M., Trevisan M.J., and Kluge R.A. 2008. Effect of antioxidants in fresh cut radishes during the cold storage. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51(6): 1217-1223.
- 10-Golestani A., and Rastegar S. 2018. The effect of (*Rosmarinus officinalis*) and (*Artemisa persica*) essential oils in controlling caries and quality characteristics of mango fruit during storage. *Plant Products (Agricultural Science Journal)* 40: 2. (In Persian with English abstract)
- 11-Jalili Marandi R. 2012. Post-harvest physiology. Urmia University Jihad Publications. Third edition. 624 p.
- 12-Kaveh H. 2016. Effect of saffron petal extract on retention quality of fresh-cut watermelon cubes, *Saffron Agronomy and Technology* 4(4): 301-312. doi: 10.22048/jsat.2016.38667 (In Persian with English abstract)
- 13-Kashani Nejad M., and Sedaghat N. 2013. Cut fruit and vegetable packaging technology. Second National Congress of Food Science and Technology.
- 14-Martínez-Romero D., Albuquerque N., Valverde J.M., Guillén F., Castillo S., Valero D., and Serrano M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 39: 93-100.
- 15-Mohebbi M., Varidi M., Sedaghat N., and Routvand S. 2019. Investigating the effect of *Aloe vera* coating and packaging on the qualitative characteristics and storage time of unripe barberry (*Vulgaris berberis*). 85: 15.
- 16-Naini A., Naseri M., Kamalnejad M., khoshzaban F., and Rajabian T. 2011. Investigating the Effects of essential oils and "50 Drugs" of Iran On the standard side of *Candida albicans* in laboratory conditions. *Journal of Medicinal Plants* 2: 38. (In Persian with English abstract)
- 17-Nasrollahzadeh Asl N. 2013. The effect of edible coatings in maintaining the quality and increasing the shelf life of fruits and vegetables. *Quarterly Journal of Agricultural Engineering and Natural Resources* 42: 31.
- 18-Payez A., Ghanati F., Behmanesh M., Abdolmaleki P., Hajnorouzi A., and Rajabbeigi E. 2013. Increase of seed germination, growth and membrane integrity of wheat seedlings by exposure to static and a 10-KHz. *Electromagn Field Electromagn Biol Med* 32: 417-429.
- 19-Pertot I., Caffi T., Rossi V., Mugnai L., Hoffmann C., Grando M.S., and Mazzoni V. 2017. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection* 97: 70-84.
- 20-Pirhaati. A., Daraei garmekhani. A., Gholami. M., Mirzakhani. A., Khalilzadeh Ranjbar.q. 2019. Application of *Aloe vera* gel coating Enriched with angelica essential oil in storage of saffron peach fruit (*Prunus persica* var, Zafarani). *Iranian Journal of Nutrition and Food Industry* 4: 75-88.
- 21-Rahami M. 2008 Post-harvest physiology. Shiraz University Publisher.
- 22-Saghaei F., Salehi M., Namazi M.J., and Bagheri M. 2009. The effect of Thyme hydroalcoholic extract on the prevention of ethanol-induced gastric ulcer in rats. *Journal of Herbal Medicine* 6(3): 174-167.
- 23-Serrano M., Martínez-Romero D., Castillo S., Guillen F., and Valero D. 2004. The role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. *Postharvest Biology and Technology* 34: 155-167.
- 24-Shardadi Sardo A., Sedaghat N., Taghizadeh M., and Milani A. 2016. Effect of packing with modified atmosphere and edible chitosan coating on physicochemical and sensory characteristics of Royal Greenhouse Cucumber during storage period. *Journal of Iranian Food Science and Technology Research* 13(2): 363-378.
- 25-Shirzadi H., Aboutalebi A., and Mohammadi A. 2012. Effect of medicinal plant essential oil on storage life and quality of orange Valercia (*Citrus chinensis* Cv. Valencia) in normal storage. *Post-harvest Physiology and Technology of Horticultural Products* 1(3): 1-12.
- 26-Singh G., Maurya S., De Lampasona M.P., and Catalan C. 2006. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. *Food Control* 17(9): 745-752.
- 27-Sogvar O.B., Saba M.K., and Emamifar A. 2016. *Aloe vera* and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of Strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 114: 29-35.
- 28-Taghizadeh M., Nasibi F., Kalantari K.M., and Ghanati F. 2019. Evaluation of secondary metabolites and antioxidant activity in *Dracocephalum polychaetum* Bornm. cell suspension culture under magnetite nanoparticles and static magnetic field elicitation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 136(3): 489-498.
- 29-Tahmasbi S., Rastegar S., Mirza Alian Dastjerdi A., and Kavousi B. 2018. Effect of calcium chloride and essential oils of *Zhumeria majdae*, *Salvia officinalis* and *Hypericum perforatum* on the control of strawberry (*Fragaria ananasa*). *Technology of Plant Products* 17: 2.
- 30-Vahdat Sh., Qasemnejad M., Fotouhi Qazvini R., Shiri M.A., and Khodaparast A.A. 2012. The effect of different

concentrations of *Aloe vera* gel on maintaining quality after strawberry fruit harvest, Journal of Food Industry Research 22: 3.

31-Vogler B.K., and Ernst E. 1999. *Aloe vera*: a systematic review of its clinical effectiveness. The British Journal of General Practice 49: 823-828.

32-Yao Y., Li Y., Yang Y., and Li C. 2005. Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. Environmental and Experimental Botany 54(3): 286-294.



Investigating the Effect of Magnetic Field, Fennel (*Foeniculum vulgare*) Essential Oil and *Aloe vera* Gel on the Browning of Fresh-cut Apples

M. Mohammadian¹- H. Kaveh^{2*}

Received: 24-06-2020

Accepted: 12-10-2020

Introduction: there is a growing request for healthy fresh-cut products globally. However, due to the higher respiration of this kind of products and their susceptibility to bacterial and fungal pathogens, they spoil immediately after processing. These microbial activities usually cause a decrease in the quality and marketability of the product, including changes in its aroma, taste and appearance. The fresh-cut fruit and vegetable industry is one of the relatively new sectors and while the industry is growing, it is producing new products. Tissue rupture and cell rupture in these products leads to a decrease in their shelf life. On the other hand, these products need serious attention due to increased enzymatic activity, respiratory factors and microbiological considerations. In recent years, there has been growing evidence of consumption of minimally processed fruits and vegetable for the prevention of many chronic diseases. Some chemicals like chlorine, calcium chloride, etc., are used for sanitization purpose in fruit and vegetable industry, but these chemicals form carcinogenic chlorinated compounds, which have adverse human health impacts. Therefore, advanced alternative sanitization techniques, processing methods and improved packaging materials may be implemented for ensuring safety and extending the shelf life of fresh-cut fruit and vegetables. Application of edible coatings showed acceptable results on microbial load reduction and better preservation of processed products from the fruit to vegetables. Apple with proper nutritional value as a healthy snack have been considered in the diet of schools, public consumption and families. Finding a safe treatment to increase shelf life of freshly cut apples without harmful effects on environment and consumer is the main goal to this research.

Materials and Methods: In this study, the effect of fennel essential oil (*Foeniculum vulgare* L.) with *Aloe vera* gel (in 3 levels of zero, 10 and 25 ml / l) and two magnetic field intensity (0 and 60 ml Tesla) in 3 replications during 7 days and in two storage temperatures (8 and 25 ° C) were observed. All treatments except the control were coated with *Aloe vera* gel. It was done in factorial format with a completely randomized design. In which traits such as color quality, SSC, pH, physiological weight loss, and browning rate were studied.

Discussion and Conclusion: The results showed that the presence of the magnetic field in all samples treated with *Aloe vera* gel reduced the degradation, decrease oxidation and increase preservation of the appearance indices of apple slices. The presence of *Aloe vera* gel in all cases reduced water content reduction and weight loss. In the samples treated with different levels of fennel essential oil, fungal and bacterial growth was prevented, but in terms of appearance indices, it had a great decrease in quality and increased browning. No mold and fungal growth was observed in the samples at 8 and 25 ° C. Apparently, apples treated with 25 ml of essential oil lost their marketability. The use of *Aloe vera* treatment alone and without essential oil with a 60 ml Tesla magnetic field was found to be the best treatment. In general according to the results of this study, the application of fennel essential oil, which has antioxidant properties in lower concentrations, is useful to prevent the prevent fungal and bacterial growth, but is not suitable in terms of maintaining the appearance and reducing tissue destruction and causes faster and higher oxidation. Apple slices treated with high essential oil concentration became completely brown and lost their marketability even more than the control samples. Finally, it could be said that *Aloe vera* gel treatments in which a magnetic field was applied, in addition to water retention, had the best appearance and less oxidation. However, the use of *Aloe vera* gel and magnetic field to maintain the appearance is very useful and can be used in this industry.

1 and 2- Assistant Professor and M.Sc. of Horticulture, Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: h.kaveh@torbath.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.87363

Keywords: Edible coating, Medicinal plant essential oil, Microbial load, Post-harvest processing



مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر زئین ذرت و گلو تن گندم، بر شاخص های کیفی و انبارمانی انگور رسمی مشکین

علی اکبر شکوهیان^{۱*} - فرزاد لطافتی^۲ - بهرام فتحی آچاجلوئی^۳ - علی اصغری^۴ - رباب الفتی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۷

چکیده

این پژوهش، به منظور بررسی اثرات پوشش های حاوی گلو تن و زئین (صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد)، بر کیفیت پس از برداشت میوه انگور رسمی مشکین (*Vitis vinifera* cv. Rasmi Meshki) به صورت فاکتوریل بر پایه ی طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. بدین منظور شاخص های اسیدیته، مواد جامد محلول، اسید کل، نشاسته، آنتوسیانین، مزه، حفظ ظاهر میوه، نسبت مواد جامد محلول به اسید کل، درصد کاهش وزن، ویتامین ث و سقته میوه در ۳۰ روز بعد از اعمال تیمارها و نگهداری انگور در دمای صفر درجه ی سانتی گراد و میزان رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد اندازه گیری شدند. نتایج نشان دادند که کاربرد زئین، بر روی صفات مواد جامد محلول، حفظ ظاهر میوه، ویتامین ث و کاهش وزن در سطح احتمال یک درصد و بر روی شاخص رسیدن (نسبت مواد جامد محلول به اسید کل) در سطح احتمال پنج درصد، اثر معنی داری داشت. کاربرد گلو تن بر روی صفات مواد جامد محلول، آنتوسیانین، حفظ ظاهر میوه، درصد کاهش وزن و ویتامین ث میوه در سطح احتمال یک درصد و بر روی نشاسته ی میوه در سطح احتمال پنج درصد، اثر معنی داری داشت. اثرات متقابل تیمارهای گلو تن و زئین، بر روی صفات مواد جامد محلول، حفظ ظاهر میوه و ویتامین ث در سطح احتمال یک درصد و بر روی درصد کاهش وزن میوه، در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری، معنی دار بودند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، مقدار بیشتری از آنتوسیانین (۲/۴۵ میلی گرم در صد گرم) در تیمار ۶ درصد گلو تن حفظ شده بود، در شاخص رسیدن میوه بهترین نتیجه (۴۱) از تیمار ۶ درصد زئین حاصل شد. مزه میوه در ترکیب تیماری زئین ۶ درصد بدون مصرف گلو تن با امتیاز ۸/۵ جذابیت بیشتری داشت. همچنین بهترین نتایج در حفظ مقدار ویتامین ث (۱۷/۹ میلی گرم در صد گرم وزن تازه)، مواد جامد محلول (۲۴ بریکس)، ظاهر میوه (امتیاز ۹/۵) و کمترین کاهش وزن میوه (۶/۵ درصد) از ترکیب تیماری گلو تن و زئین ۶ درصد حاصل شد. بطور کلی سطوح گلو تن و زئین در تمام سطوح مورد آزمایش (از ۲ تا ۶ درصد) نسبت به تیمارهای شاهد، توانسته اند، کیفیت پس از برداشت میوه انگور را در طول مدت انبارمانی حفظ نمایند. با این وجود بهترین نتیجه در اغلب صفات مورد بررسی از ترکیب تیماری ۶ درصد گلو تن و زئین بدست آمد.

واژه های کلیدی: آنتوسیانین، انگور، عمر انبارداری، نشاسته، ویتامین ث

مقدمه

رسمی مشکین است که طول دوره انبارمانی کوتاهی دارد. انگور از نظر الگوی تنفسی، میوه ای نافرازگرا است (۲۲). رسیدگی انگور، با افزایش قندها، کاهش اسیدیته، توسعه رنگ و طعم ارتباط دارد. انگور را باید در بهترین حالت رسیدگی برداشت کرد. زیرا محصول رسیده، در مقایسه با نارس به بیماری و از دست دادن آب، مقاوم تر بوده و همچنین تنفس کمتری داشته و دیرتر نرم می شود (۱۲). ضایعات موجود بعد از برداشت میوه ها، به دلیل دشواری در سرعت حمل و نقل و انبارداری، مشکلی جدی تلقی می شوند. فیلم ها و پوشش های خوراکی، می توانند به عنوان یک روش محافظتی انتخابی، برای گسترش عمر مفید میوه ها مورد استفاده قرار گیرند (۳۲). پوشش های خوراکی، میزان نفوذ آب، محلول اسمزی و روغن را به درون ماده ی غذایی کاهش می دهند، ویژگی های مکانیکی را بهبود می بخشند و منجر به تسهیل در جابه جایی و نگهداری، استحکام ساختمان مواد

انگور در شهرستان مشکین شهر یکی از مهمترین محصولات این منطقه محسوب شده و سطح زیر کشت آن بالغ بر دو هزار هکتار می باشد که باغداران منطقه بطور میانگین از هر هکتار ۱۳ تن محصول برداشت می کنند (۳۱). از مهمترین ارقام مورد توجه، رقم

۱، ۲ و ۵- به ترتیب دانشیار، دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی و فن آوری پس از برداشت و دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

(*) نویسنده مسئول: (Email: shokouhiana@yahoo.com)

۳- دانشیار گروه علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۴- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.87246

مواد روش‌ها

در این بررسی میوه‌های انگور رسمی مشکین *Vitis vinifera* cv. (Rasmi Meshkin) که مهمترین مشکل آن عمر انبارمانی پایین آن است، از مشخصات رقم، رشد قوی، عملکرد بالا، خوشه‌ها متوسط، تراکم حبه‌ها کم، شکل حبه‌ها گرد، رنگ حبه‌ها سبز مایل به زرد و بیدانه است. میوه‌ها بر اساس شاخص رسیدگی (نسبت قند به اسید که ۲۵ به ۱ است) (۲۹) از تاکستانی ۶ ساله که به روش کوردن ساده در شهرستان مشکین پرورش یافته بود، در ۱۵ شهریور ماه برداشت و به آزمایشگاه فیزیولوژی بعد از برداشت دانشگاه محقق اردبیلی، منتقل شدند. سپس میوه‌های سالم و عاری از بیماری انتخاب شده و برای انجام مراحل تیمار و نگهداری، آماده شدند. زئین ذرت (سیگما z3625) و گلوتن گندم (سیگما آلدريج) نیز، از شرکت بازرگانی بتاشیمی تهیه گردید.

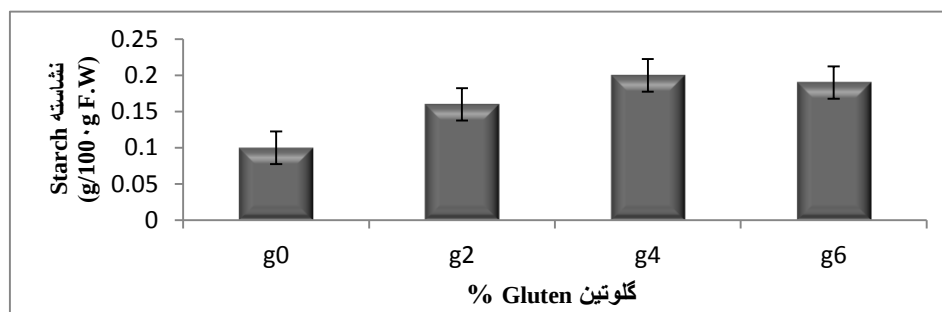
مقادیر مورد نیاز زئین ذرت برای هر تیمار، با ترازوی حساس، اندازه‌گیری گردید. سپس، ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه شد. مخلوط را بر روی اجاق برقی دارای همزن مغناطیسی با دور بالا و در دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، حرارت داده تا زئین در اتانول به طور کامل حل گردد. مقدار ۴/۷ میلی‌لیتر گلیسرول، به مخلوط اضافه و به مدت ۵ دقیقه‌ی دیگر با همان شرایط هم‌زده شد، مخلوط را تا دمای ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد سرد کرده و مقدار ۱/۲ گرم اسیدستریک به آن افزوده شد (۶). پس از سرد شدن محلول، تا دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، میوه‌ها در داخل محلول به مدت ۳۵ ثانیه غوطه‌ور شدند. میوه‌های تیمار شده در دمای اتاق درون جعبه‌های ۴ کیلویی، به مدت ۲۵ دقیقه خشک شدند. سپس مقادیر مورد نیاز گلوتن گندم نیز با ترازوی حساس اندازه‌گیری گردید و سپس در آب مقطر حل و هم‌زده شد. میوه‌ها، به مدت ۳۵ ثانیه در محلول گلوتن گندم، غوطه‌ور شدند (۶). میوه‌های تیمار شده، با زئین ذرت و گلوتن گندم پس از خشک شدن در دمای اتاق در سبدهای سالم میوه قرار داده شده و به سردخانه با دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد و میزان رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد منتقل گردیدند. صفات کیفی مورد نظر ۳۰ روز بعد از اعمال تیمارها اندازه‌گیری شدند.

در این بررسی pH عصاره‌ی میوه به وسیله‌ی پی‌اچ متر اندازه‌گیری شد (۳۱). برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول (TSS) از دستگاه رفاکتومتر، ساخت کشور فرانسه (۰ تا ۳۲ درصد بریکس) استفاده شد (۲۱). برای اندازه‌گیری میزان ویتامین ث میوه، از روش AOAC (۲) استفاده و نتایج بر حسب میلی‌گرم اسیدآسکوربیک در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بیان شد (۳۱). استخراج نشاسته، با روش مک‌کودی و همکاران (۳۰) صورت گرفت و میزان آن بر حسب میلی‌گرم نشاسته در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه، بیان شد. برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل، از روش ماسوکاسو و همکاران (۲۸) با دستگاه

غذایی، کاهش فساد و افزایش ماندگاری آن می‌شوند (۸). زئین^۱ پروتئین ذخیره‌ای مهمی در دانه‌ی ذرت است و نزدیک به ۵۰-۴۵ درصد پروتئین این محصول را تشکیل می‌دهد. این پروتئین، شامل گروهی از پرولامین‌ها است که در آندوسپرم ذرت یافت می‌شود (۲۶). در مقایسه با سایر پروتئین‌های گیاهی، زئین به دلیل داشتن درصد بالایی از آمینواسیدهای غیرقطبی، دارای خواص منحصربه‌فردی برای تهیه‌ی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی است (۱۵). در حدود ۷۰ الی ۸۰ درصد زئین، در اتانول قابل حل است، زئین، به‌طور نسبی آب‌گریز است. پوشش‌های حاوی زئین، نسبت به پوشش‌های دیگر، موانع مناسب کاهش بخار آب به شمار می‌آیند، با اضافه کردن اسیدهای چرب، می‌توان ویژگی آن را، در جلوگیری از کاهش رطوبت افزایش داد (۷). پوشش‌های زئین با توجه به اثر قابل توجه بر حفظ کیفیت کلی میوه، یک جایگزین مناسب برای کارنوبا و پوشش شلاک محسوب می‌شوند (۴ و ۱۰). پوشش زئین و ژلاتین تأثیر مفیدی در تأخیر در تغییرات در کاهش وزن، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل جذب، pH، محتوای قند کل و کاروتنوئیدها داشته است. پوشش‌های زئین و ژلاتین باعث شده‌اند که میوه انبه بیشترین مقدار اسید اسکوربیک^۲ و محتوای فنولی در مقایسه با کنترل را داشته باشند (۳۲).

گلوتن، پروتئین آرد گندم است که در آب غیر محلول می‌باشد. فیلم‌های تهیه شده از گلوتن، خالص و شفاف هستند. ولی گلوتن تجاری، به‌علت ژلاتینه شدن نشاسته موجود، فیلمی مات تولید می‌نماید. از گلوتن برای پوشش بادام زمینی و کپسوله کردن رنگ‌ها و طعم دهنده‌ها استفاده می‌شود (۱۸). هم‌چسبی و کشسانی گلوتن، موجب تسهیل در شکل‌گیری آن به‌عنوان پوشش خوراکی می‌شود (۷). گلوتن گندم، می‌تواند به‌عنوان بازدارنده‌ای مناسب، برای اکسیژن در رطوبت‌های نسبی پایین به شمار آید (۱۵). بررسی‌ها نشان دادند که لایه‌ی پوششی گلوتن گندم و لیپید (اسید استئاریک، اسید پالمیتیک و موم زنبور عسل)، در حفظ کیفیت و تازه‌گی توت فرنگی موثر بوده است (۴۱). مطالعات نشان داده است که پوشش گلوتن گندم، در جلوگیری از کاهش وزن و حفظ ظاهری و مزه توت فرنگی در طول دوره انبارمانی، موثر بوده است (۴۳). پوشش‌های زئین، باعث شد که میوه انبه، بیشترین مقدار اسید آسکوربیک و محتوای فنولی در مقایسه با شاهد را داشته باشند (۳۵). این پژوهش، به منظور بررسی اثرات پوشش‌های خوراکی، بر کیفیت پس از برداشت میوه انگور رقم رسمی مشکین، به منظور افزایش عمر انبارمانی این محصول اجرا شد.

نقطه‌ای-ارزیابی نمودند (۲۷). برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد (۲۳). این پژوهش، به‌صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی، با کاربرد تیمارهای پوششی ژئین ذرت و گلوٲن گندم، هر کدام در چهار سطح (شاهد، ۲، ۴ و ۶ درصد)، با سه تکرار در طی سال ۱۳۹۶ اجرا شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 و به منظور ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نیز، با آزمون دانکن، در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.



شکل ۱- اثر گلوٲن (g0، g2، g4، g6 درصد) بر میزان نشاسته (g/100g F.W) میوه انگور رقم رسمی مشکین

Figure 1- The effect of Gluten (g0، g2، g4، g6 %) on fruits starch content (g/100g F.W) of grape cv. Rasmi Meshkin (DMRT, $p \leq 0.05$)

نتایج و بحث

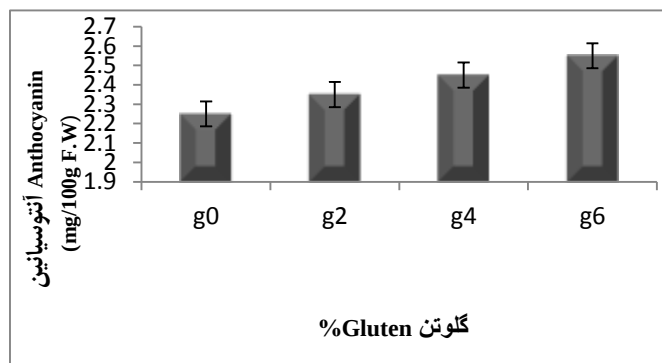
نشاسته

با توجه به نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها، نشاسته‌ی میوه‌های تیمار شده با گلوٲن نسبت به شاهد، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بیشترین میزان نشاسته، ۰/۲ گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه‌ی میوه، مربوط به تیمار ۴ درصد گلوٲن بود که با تیمار ۶ درصد در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین میزان، با مقدار ۰/۱ گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه‌ی میوه، مربوط به تیمار شاهد گلوٲن بود (شکل ۱). پوشش‌دادن میوه‌ها با فیلم‌ها خوراکی باعث کاهش اکسیداسیون و تنفس میوه شده، در نتیجه باعث حفظ ترکیبات موجود و طولانی نمودن مدت ماندگاری آن‌ها می‌شوند. نتایج حاکی از گزارش بال و همکاران (۴) در ۲ رقم آلو استانیلی^۱ و جایانت^۲ نشان داد که پوشش‌های خوراکی از جمله کیتوزان در کم کردن تنفس، تجزیه و مصرف کربوهیدرات‌ها و به تاخیر انداختن فساد میوه نقش موثری داشته‌اند که با نتایج پژوهش ما مطابقت داشت.

آنتوسیانین

براساس بررسی مقایسه میانگین‌ها میزان آنتوسیانین میوه‌های تیمار شده با گلوٲن، نسبت به شاهد، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بیشترین میزان آنتوسیانین، ۲/۴۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه، مربوط به تیمار ۶ درصد گلوٲن بود که با تیمار ۴ درصد، در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین میزان، با مقدار ۲/۲۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه‌ی میوه، مربوط به میوه‌های شاهد بود که با تیمار ۲ درصد، در یک گروه آماری قرار داشت (شکل ۲). پوشش‌های خوراکی منجمله گلوٲن، کیتوزان و ژل آلونئورا باعث افزایش غلظت درونی CO₂ شده (۱) و این پدیده سبب کاهش سنتز اتیلن و تأخیر در پیری میوه و در نتیجه کاهش تخریب رنگیزه‌های گیاهی می‌شود (۲۷). تأثیر مثبت پوشش خوراکی کیتوزان بر حفظ رنگیزه‌های گیاهی در میوه‌های گواوا (۱۹) و لانگونفروت (۲۴) نیز گزارش شده است. همچنین گزارش شده است که کاربرد پس از برداشت کیتوزان کاهش آنتوسیانین در لیچی، تو تفرونگی و تمشک را به تأخیر می‌اندازد (۲۵) و (۴۴). گزارش‌های ذکر شده نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌نمایند.

1- Stanley
2- Giant



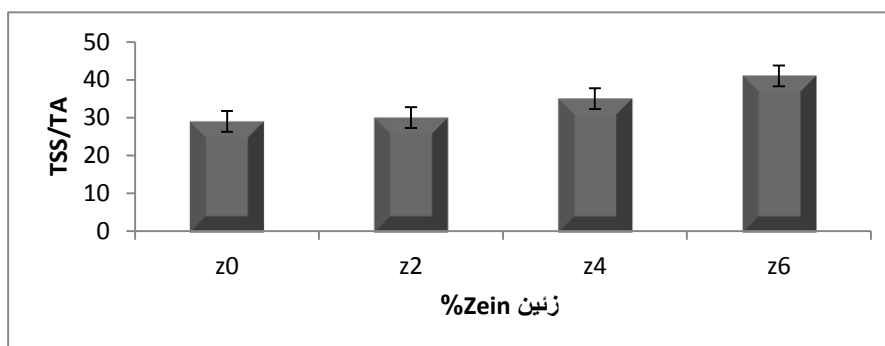
شکل ۲- اثر گلوتن (g0, g2, g4, g6 درصد) بر میزان آنتوسیانین (میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) میوه انگور رقم رسمی مشکین

Figure 2- The effect of Gluten (g0, g2, g4, g6 %) on fruits Anthocyanin content (mg/100g F.W) of grape cv. Rasmi Meshkin (DMRT, $p \leq 0.05$)

اندازند (۴۲). با وجود پوشش، تغییرات pH و اسید کل، در میوه موز کاهش یافته و به طور موثر، فرآیند پیری میوه به تأخیر افتاده است (۱۷). قند و اسیدهای آلی، مواد اصلی مصرفی در میوه‌ها هستند که در فرآیند تنفس مورد مصرف قرار می‌گیرند، پوشش‌های خوراکی اثر قوی بر کاهش فرآیندهای متابولیکی دارند و می‌توانند تنفس را در میوه‌ها کمتر کنند و از این طریق، قند و اسیدهای آلی را در میوه محافظت نمایند (۴۵). تیمار میوه‌ها با پوشش‌های پلی‌آمین روند تغییرات میزان مواد جامد محلول آب‌میوه را کند می‌کند که می‌تواند به دلیل ایجاد تأخیر در تولید اتیلن و رسیدن میوه باشد (۳۲). بنابر گزارش درخشان و همکاران (۱۱) پوشش‌های پتروسین و ژل آلوه‌ورا بر روی هلو باعث حفظ بیشتر قندهای محلول در طول دوره انبارمانی شده است. این گزارشات با مشاهدات پژوهش حاضر در یک راستا است.

شاخص رسیدگی

نتایج نشان دادند که بیشترین (۴۱) شاخص رسیدگی میوه (نسبت مواد جامد محلول به اسید کل میوه)، مربوط به تیمار ۶ درصد ژئین بود که با تیمار ۴ درصد این پوشش در یک گروه آماری قرار داشت و بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. کمترین (۲۹) شاخص رسیدگی نیز، مربوط به میوه‌های شاهد بود که با تیمارهای ۲ و ۴ درصد در یک گروه آماری، قرار داشت (شکل ۳). اسید کل میوه به‌طور مستقیم با غلظت اسیدهای ارگانیک موجود در میوه‌ها مرتبط است (۱۴). کاهش سطح اسیدکل، در طول ذخیره سازی ممکن است مربوط به تغییرات متابولیک یا استفاده از اسیدآلی در روند تنفسی باشد، با توجه به این که میزان تنفس، توسط پوشش های خوراکی کاهش می‌یابد. این پوشش‌ها می‌توانند میزان استفاده از اسیدهای آلی موجود در میوه را در طول ذخیره سازی، به تأخیر

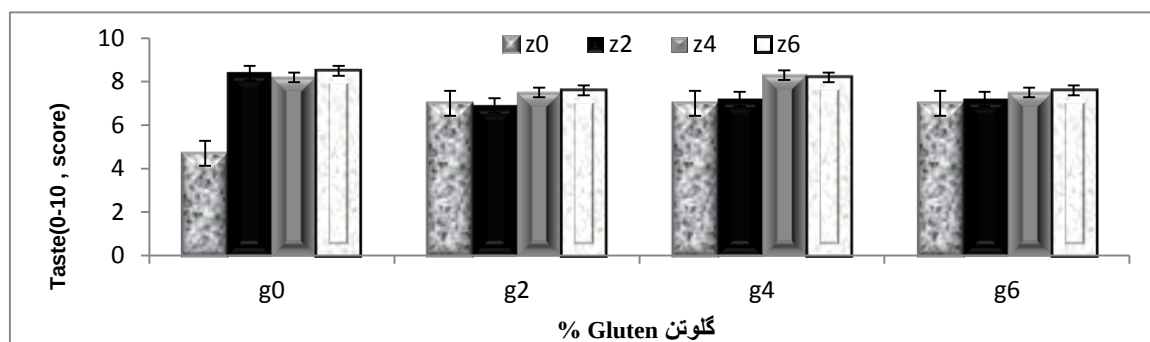


شکل ۳- اثر ژئین (z0, z2, z4, z6 درصد) بر شاخص رسیدگی (TSS/TA) میوه انگور رقم رسمی مشکین

Figure 3- The effect of Zein (z0, z2, z4, z6 %) on TSS/TA of grape cv. Rasmi Meshkin (DMRT, $p \leq 0.05$)

بر روی کیفیت توت‌فرنگی و ماندگاری آن اثر معنی‌داری داشته است و میزان اسیدیته و مواد جامد محلول را تحت تأثیر قرار داده و مزه‌ی آن به همراه پوشش پروتئینی برای مصرف‌کننده قابل قبول بوده است (۳۴) که با نتایج حاصل از این پژوهش همسو می‌باشد.

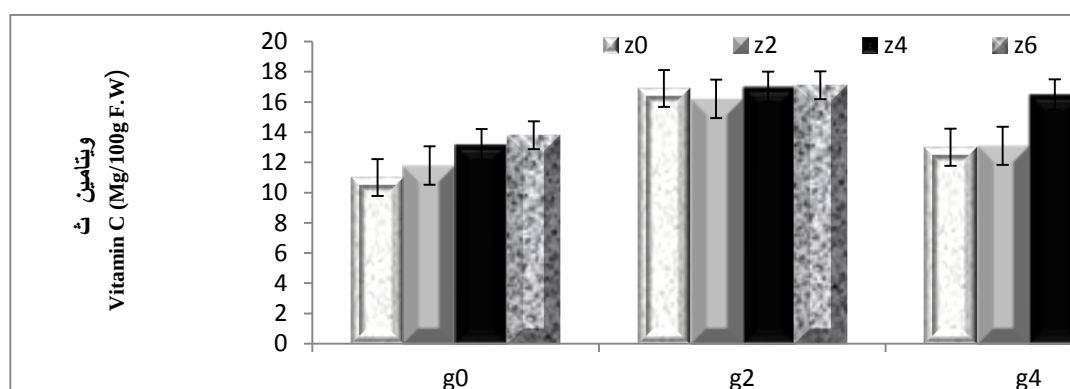
نتایج ارزیابی مزه‌ی میوه، توسط ارزیاب‌های حسی، نشان داد که میوه‌های تیمار شده با ترکیب تیماری ژئین ۴ و ۶ درصد، همراه با سطوح گلوتن شاهد، ۴ و ۶ درصد بیشترین امتیاز را داشتند و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴). استفاده از پوشش گلوتن گندم



شکل ۴- اثر متقابل گلوتن (g0, g2, g4, g6 درصد) × ژئین (z0, z2, z4, z6 درصد) بر مزه‌ی (امتیاز از ۰-۱۰) میوه انگور رقم رسمی مشکین
Figure 4- Interaction effect of Zein × Gluten concentrations on taste (0-10, Score) of grape cv. Rasmi Meshkin (DMRT, $p \leq 0.05$)

دهد، میزان رسیدن میوه را آهسته‌تر کرده و در نتیجه موجب حفظ بهتر محتوای اسید آسکوربیک و تأخیر در پیری میوه گردد. یافته‌های صدیق پور (۳۸) نشان داد که پوشش‌دهی به علت تعویق فسادپذیری سبب ماندگاری بیشتر ویتامین C و بهبود خواص حسی و ظاهری گوجه‌فرنگی می‌شود. بنابر گزارش درخشان و همکاران (۱۱) اثرات متقابل پوشش‌های پتروسین و ژل تأثیر مثبتی بر میزان ویتامین ث میوه هلو در طول دوره انبارمانی داشتند که با نتایج گزارش حاضر منطبق است.

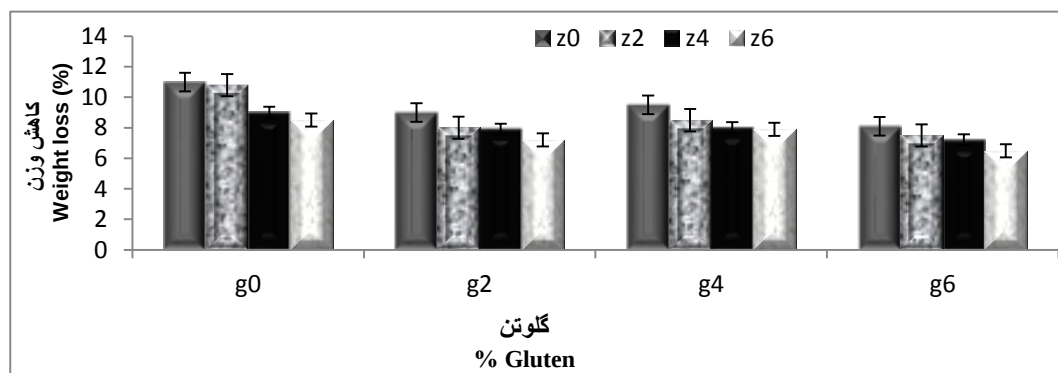
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان ویتامین ث میوه، مربوط به میوه‌های تیمار شده با ترکیب تیماری گلوتن ۴ و ۶ درصد به همراه ژئین ۴ و ۶ درصد است. در این بررسی، میوه‌های شاهد، کمترین میزان ویتامین ث را به خود اختصاص دادند (شکل ۵). به نظر می‌رسد، تأثیر مثبت پوشش‌های خوراکی بر حفظ ویتامین ث، ناشی از ایجاد اتمسفر تغییر یافته در اطراف محصول باشد که این پدیده سبب کاهش سرعت تنفس میوه شده و به دنبال آن اسیدهای آلی برای مدت طولانی‌تری حفظ می‌شوند (۹). بررسی‌های ژیان و همکاران (۴۲) نشان داد فرمولاسیون پوشش ممکن است انتشار O_2 را کاهش



شکل ۵- اثر متقابل تیمار گلوتن (g0, g2, g4, g6 درصد) × ژئین (z0, z2, z4, z6 درصد) بر میزان ویتامین ث میوه انگور رقم رسمی مشکین
Figure 5- Interaction effect of Zein × Gluten concentrations on vitamin C (mg/100g F.W) of grape cv. Rasmi Meshkin (DMRT, $p \leq 0.05$)

بر اساس مقایسه میانگین‌ها، بیشترین میزان درصد کاهش وزن، مربوط به میوه‌های شاهد بود که با ترکیب تیماری گلوتن صفر و زئین ۲ درصد و گلوتن ۴ درصد و زئین صفر، در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین مقدار کاهش وزن نیز، مربوط به ترکیب تیماری ۶ درصد گلوتن به همراه غلظت ۶ درصد زئین بود. با توجه به این نتایج، افزایش سطوح گلوتن و زئین، موجب کمتر شدن کاهش وزن میوه‌ها شده است (شکل ۶). پوشش خوراکی، یک لایه نیمه نفوذپذیری در سطح میوه تشکیل می‌دهد که می‌تواند به‌عنوان یک سد حفاظتی برای کاهش میزان تنفس و تعرق از طریق سطوح میوه

محسوب شود (۱۳). در این میان، پوشش‌های حاوی زئین، نسبت به پوشش‌های دیگر، مانع مناسب در مقابل کاهش بخار آب به شمار می‌آیند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که اثر پوشش خوراکی زئین، ذرت، از کاهش وزنی و فساد گوجه فرنگی جلوگیری می‌کند (۳۵). همچنین بر اساس مطالعه ای پوشش‌دهی سطح میوه و سبزی با کیتوزان سبب جلوگیری از کاهش وزن از طریق کنترل سرعت تنفس (با تنظیم نفوذپذیری گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن) شده و مدت ماندگاری محصول را افزایش داده (۳۹) که تأیید کننده نتایج پژوهش حاضر است.

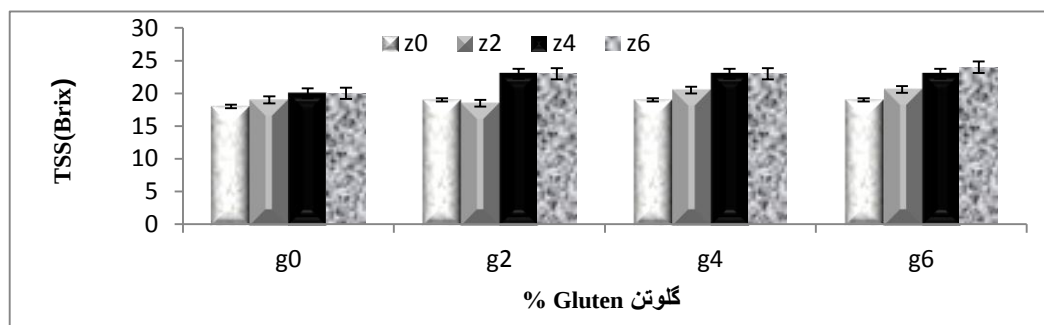


شکل ۶- اثر متقابل تیمارهای گلوتن (g0, g2, g4, g6 درصد) × زئین (z0, z2, z4, z6 درصد)، بر درصد کاهش وزن میوه انگور رقم رسمی مشکین

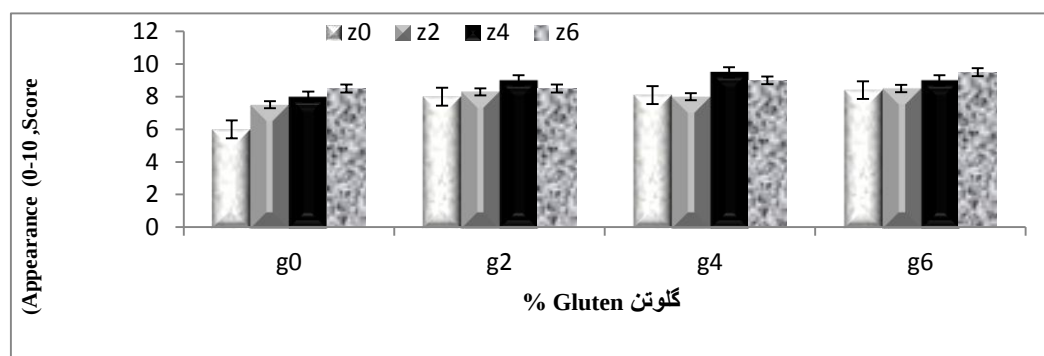
Figure 6- Interaction effect of Zein × Gluten concentrations on weight loss (%) of grape cv. Rasmi Meshkin (DMRT, $p \leq 0.05$)

نتایج نشان داد که بیشترین میزان مواد جامد محلول کل، مربوط به ترکیب تیماری گلوتن ۶ و ۴ درصد به همراه زئین ۶، ۴ و ۲ درصد بوده است (شکل ۷). هر عامل محدود کننده تنفس و تولید اتیلن می‌تواند به واسطه کاهش مصرف قندها از کاهش مواد جامد قابل حل جلوگیری کند. پوشش‌های خوراکی با کاهش تبادل گازها از اتلاف آب جلوگیری کرده و باعث تثبیت اجزای دیواره سلولی مانند پلی یورونیدها و همی سلولزها و نیز کاهش تنفس و حفظ میزان مواد جامد محلول می‌شوند. پوشش‌های خوراکی به دلیل ایجاد یک لایه نیمه تراوا در اطراف میوه، همچنین ایجاد یک اتمسفر تغییر یافته داخلی موجب کاهش تنفس و تولید اتیلن و جلوگیری از اثر اتیلن شده، در نتیجه باعث حفظ مواد جامد قابل حل و افزایش عمر محصول می‌شود (۵ و ۲۰). مطالعات نشان داده که استفاده از پوشش گلوتن گندم بر روی کیفیت توت‌فرنگی، مواد جامد محلول را حفظ و از کاهش وزن میوه جلوگیری کرده است (۳۴). همچنین با افزایش غلظت پوشش، موجب حفظ سفتی بافت میوه و درصد مواد جامد محلول و کاهش افت وزن میوه گردیده که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌نماید.

نتایج ارزیابی از نظر حفظ ظاهر میوه‌ها نشان داد که ترکیب تیماری، گلوتن ۶ درصد به همراه زئین ۶ درصد و گلوتن ۴ درصد به همراه زئین ۴ درصد، بیشترین نمره را در بازار پسندی داشته‌اند که از نظر آماری با ترکیب تیماری گلوتن ۶ درصد به همراه زئین ۴ درصد و گلوتن ۴ درصد به همراه زئین ۶ درصد، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. براساس این نتایج کمترین میزان امتیاز از لحاظ حفظ ظاهر میوه، مربوط به تیمارهای شاهد بود (شکل ۸). بنابراین کاربرد ترکیبی زئین و گلوتن، اثر مثبتی بر بازارپسندی میوه، از لحاظ ظاهری داشته است. بال (۴) گزارش داد که پوشش خوراکی، راهبرد موثری در حفظ خصوصیات میوه و طولانی شدن عمر پس از برداشت میوه‌ها است. بر اساس گزارش پارک و همکاران (۳۵) پوشش خوراکی زئین ذرت از تغییر رنگ، افت وزنی و میزان فساد گوجه فرنگی جلوگیری می‌کند و عمر انبارمانی آن را افزایش می‌دهد. رضائی و همکاران (۳۷) گزارش کرده‌اند که استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی برای میوه‌ها و سبزی‌ها می‌تواند موجب به تأخیر انداختن کاهش آب، از دست رفتن ترکیبات معطر و کاهش تنفس، تغییرات رنگ و حفظ ظاهر محصول گردند که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌نمایند.



شکل ۷- اثر متقابل گلوٹن (g0، g2، g4، g6 درصد) × ژئین (z0، z2، z4، z6 درصد)، بر TSS (بریکس) میوه انگور رقم رسمی مشکین
Figure 7- Interaction effect of Zein × Gluten concentrations on TSS (Brix) of grape cv. Rasmi Meshkin (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۸- اثر متقابل گلوٹن (g0، g2، g4، g6 درصد) × ژئین (z0، z2، z4، z6 درصد)، بر حفظ ظاهر (امتیاز ۰-۱۰) میوه انگور رقم رسمی مشکین
Figure 8- Interaction effect of Zein × Gluten concentrations on appearance (0-10, Score) of grape cv. Rasmi Meshkin (DMRT, $p \leq 0.05$)

نتیجه‌گیری

توانسته‌اند کیفیت پس از برداشت میوه انگور را در طول مدت انبارمانی بهتر حفظ نمایند. با این وجود بهترین نتیجه در حفظ کیفیت و طول عمر انبارمانی این میوه از ترکیب تیماری ۶ درصد دو ماده گلوٹن و ژئین حاصل شد.

به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد پوشش‌های ژئین و گلوٹن، می‌تواند اثر مؤثری بر حفظ کیفیت محصول و افزایش طول مدت زمان انبارمانی انگور داشته باشند. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، سطوح مختلف گلوٹن و ژئین نسبت به میوه‌های شاهد،

منابع

- 1- Ali A., Muhammad M.T.M., Sijam K., and Siddiqui Y. 2011. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. Food Chemistry 124(2): 620-626.
- 2- AOAC. 1989. Official Methods of Analysis, 14th ed. Association of official Agricultural Chemist, Washington, DC: 241-254.
- 3- Bai J., Alleyne V., Hagenmaier R.D., Mattheis J.P., and Balwin E.A. 2003. Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica* Borkh), Postharvest Biology and Technology 28: 259-268.
- 4- Bal E. 2013. Postharvest application of chitosan and low temperature storage affect respiration rate and quality of plum fruits. Journal of Agricultural Science and Technology 15(6): 1219-1230.
- 5- Bautista-Baños S., Hernandez-Lauzardo A.N., Velazquez-Del Valle M.G., Hernández-López M., Barka E.A., Bosquez-Molina E., and Wilson C.L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Protection 25(2): 108-118.

- 6- Baysal T., Bilek S., and Apaydin E. 2010. The effect of "corn zein" edible film coating on intermediate moisture apricot (*Prunus armenica*) quality, GIDA 35(4): 245-249.
- 7- Bourtoom T. 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties, International Food Research Journal 15(3): 237-247.
- 8- Cao N., Fu Y., and He J. 2007. Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films, Food Hydrocolloids 21(7): 1153-1162.
- 9- Choi S., and Chung M. 2003. A Review on The relationship Between Aloe vera Component and Their biologic effects, Seminars in Integrative Medicine 1: 53-62.
- 10- Cipolatti E.P., Kupski L., Rocha M., Oliveira M.S., Buffon J.G., and Furlong E.B. 2012. Application of protein-phenolic based coating on tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), Ciênc, Tecnol, Aliment, Campinas 32: 594-598.
- 11- Derakhshan N., Shokouhian A.A., Fathi Achachlouei B. 2019. Effect of Putrescine and Aloe Vera gel on biochemical indices of peach fruit var. red top during storage life. Iranian Food Science and Technology Research Journal 15(1): 159-170.
- 12- Dolatti H., and Messiah M. 2010. Harvest, Packing and storing grape, First Publication, Promotional Publication, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Western Azarbayjan.
- 13- Dong H., Cheng L., Tan J., Zheng K., and Jiang Y. 2004. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. Journal of Food Engineering 64(3): 355-358.
- 14- Echeverria E., and Valich J. 1989. Enzymes of sugar and metabolism in stored Valencia organs, Journal of the American Society for Horticultural Science 114: 445-449.
- 15- Gallstedt M., Mattozzi A., Johansson E., and Hedenqvist M.S. 2004. Transport and tensile properties of compression-molded "wheat gluten" films. Bio Macromolecules 5(5): 2020-2028.
- 16- Ghanbarzadeh B., Oromiehie A.R., Musavi M., Falcone P.M., and Rad E.R. 2007. Study of mechanical properties, oxygen permeability and AFM topography of zein films plasticized by polyols. Packaging Technology and Science 20(3): 155-163.
- 17- Gol N.B., and Rao T.V.R. 2011. Banana fruit ripening as influenced by edible coatings, International Journal of Fruit Science 11: 119-135.
- 18- Hadidi M., and Motamedzadegan A. 2013. Examination of the application of food covers on the basis of protein in food packaging, National Congress of Science and Food Industries of Iran, October, Shiraz University.
- 19- Hong K., Xie J., Zhang L., Sun D., and Gong D. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. Scientia Horticulturae 144: 172-178.
- 20- Jiang Y., and Li Y. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chemistry 73(2): 139-143.
- 21- Jalili Marandi R., and Translator. 2012. Postharvest Physiology, Urmia University Jihad Publications, A third edition. 624 pages.
- 22- Jalili Marandi R. 2007. Small fruits, Urmia University Jihad Publications. 297 pages.
- 23- Jalili Marandi R., Translator. 2004. Postharvest Physiology, Urmia University Jihad Publications. 276 pages.
- 24- Jiang Y., Li J., and Jiang W. 2005. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. LWT-food Science and Technology 38(7): 757-761.
- 25- Li C.F., and Chung Y.C. 1986. The benefits of chitosan to postharvest storage and the quality of fresh strawberries. Chitin in Nature and Technology. Plenum Press, New York, USA: 908-913.
- 26- Lin D., and Zhao Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 6(3): 60-75.
- 27- Martinez-Romero D., and et.al. 2007. Influence of "Carvacrol" on survival of "Botrytis cinerea" Inoculated in table grapes. International Journal of Food Microbiology 115(2): 144-148.
- 28- Masukasu Hara., Karin Oki., Kyoto H. 2003. Enhancement of anthocyanin biosynthesis by sugar in radish (*Raphanus sativus*) hypocotyls; Plant Science 164(2): 259-265.
- 29- Maskooki A.M., Malekzadegan F., Zamani H., and Safa M. 2009. Determination of physicochemical characteristics and best harvesting time of fruits to meet processing purposes. Journal of Food Science and Technology 6(1): 33-43.
- 30- McCready R.M., Guggolz J., Silviera V., and Owens H.S. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. Analytical Chemistry 22: 1156-1158.
- 31- Meshkin Salam News Analytical Site. 2015. [Online]. Available at www.meshkinsalam.ir {verified 23 May. 2020}.
- 32- Mostofi Y., and Najafi F. 2005. Laboratory methods analysis in Gardening Science (Translation), University of Tehran publications institution.
- 33- Nasirzadeh M. 2010. Effect of post-harvest application of polyamines on reduction of cold damage, ripening and increasing the during storage life of tomato, graduated thesis of agricultural faculty, Shiraz University.
- 34- Neeta B., GOL T.V., and Ramana RAO. 2014. Influence of "zein" and "gelatin" coatings on the postharvest quality and shelf life extension of mango (*Mangifera indica* L.), Fruits 69: 101-115.

- 35- Patricia S., Palmu T., and Grosso C. 2005. Effect of edible wheat glutenbased films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality, *Postharvest Biology and Technology* 36: 199–208.
- 36- Park H.J., Chinnan M.S., and Shewfelt R.L. 1994. Edible "Corn-zein" film coatings to extend storage life of tomatoes. *Journal of Food Process, Pres* 18: 317-331.
- 37- Ranjbar R., and et al. 2011. The effect of Nickel Sulfate and Urea on generative growth and quantitative and qualitative characteristics of the strawberries (*Fragaria ananassa* Duch. cv. Pajaro), *Science and techniques in greenhouse cultures*, second year, 7: 41-48.
- 38- Rezaei M., and Sedaghat N. 2015. Application of film and edible coatings to improve shelf life of fresh fruits and vegetables. *Third largest conference on food and food industries*.
- 39- Sadegipor M., Badiie F., Behmadi H., and Bazyat B. 2012. The effect of methyl cellulose based active edible coatings on the storage life of tomato. *FSCT*; 9 (35), URL: <http://journals.modares.ac.ir/article-7-10717-fa.html>.
- 40- Shahdadi sardo A., Gorbani M., Sedagat N., and Milani E. 2015. Application of chitosan edible coating to improve shelf life of fresh fruits and vegetables. *The first national forum between meals*, Mashhad, the Institute of Science and Food Technology. https://www.civilica.com/Paper-FNCSF01-FNCSF01_242.html.
- 41- Siani A., Naser, A.S., and Stewart C.E. 2006. Waste management cytokines, growth factors and cachexia. *Cytokine & Growth Factor Reviews* 17(6): 475-486.
- 42- Tanada -Palmu P.S., and Grosso C.R.F. 2005. Effect of edible "Wheat Gluten"– based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality, *Postharvest Biology Technology* 36: 199-208.
- 43- Xing Y., Li X., Xu Q., Yun J., Lu Y., and Tang Y. 2011. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), *Food Chemistry* 124: 1443–1450.
- 44- Yaman O., and Bayoindirli L. 2001. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries, *LWT - Journal of Food Science and Technology* 35: 146–150.
- 45- Zhang D., and Quantick P.C. 1998. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73(6): 763-767.
- 46- Zhou R., Mo Y., Li Y., Zhao Y., Zhang G., and Hu Y. 2008. Quality and internal characteristics of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) treated with different kinds of coatings during storage, *Postharvest Biology Technology* 49: 171–179.



Investigation the Effect of Corn Zein and Wheat Gluten on Quality Characteristics and Storage Life of Grape cv. *rasmi Meshkin*

A.A. Shokouhian^{1*} - F. Letafatt² - B. Fathi-Achachlouei³ - A. Asghari⁴ - R. Olfatti⁵

Received: 24-06-2020

Accepted: 18-10-2020

Introduction: Grape is a non-climacteric fruit. Its ripening is associated with increased sugars, decreased acidity and development of color and flavor. Edible films and coatings could be used as a selective protection method to extend storage life of fruits. Edible coatings reduce the absorption amount of brine, osmotic solution and frying oil into foods, improve mechanical properties, facilitate displacement and storage strengthen food structure, reduce spoilage and increase its shelf-life. The coatings provide a protective layer for fresh fruits and act as like as modified atmosphere packaging, change the composition of internal gases, and increase the storage-life of fruits by reducing respiration rate. Zein, is an important protein in corn seed and consists about 45 - 50% of the corn proteins. This protein contains a group of Prolamines found in the corn endosperm. Zein has unique properties for preparing edible films and coatings in comparison to other plant proteins due to its high percentage of nonpolar amino acids. Gluten is an insoluble in water protein of wheat that its disulfide bonds play an important role in the establishment of gluten films. Prepared films from wheat gluten are pure and transparent, but commercial gluten produces an opaque film due to gelatinization of its existing starch. Wheat gluten-based films have satisfactory mechanical resistance and very low oxygen permeability. Gluten can encapsulate flavors, colors, or medicines, providing slow-release materials. Bacteria, fungi, or other pest- or weed-control agents can be encapsulated in gluten granules that are then coated with oil to slow drying and maintain vitality.

Materials and Methods: This study was carried out to investigate the effects of gluten and zein coatings on postharvest quality of grape cultivars in a factorial arrangement based on randomized completely design with application of corn's Zein coating treatments at four levels (control, 2, 4 and 6% w/w) and also wheat gluten at four levels (control, 2, 4 and 6% w/w) were performed in the grape cultivars (Meshkin cultivar). Grape fruits were harvested from the gardens of Meshkin city and moved to the laboratory in the University of Mohaghegh Ardabili. Then, after applying the treatments, fruits were kept at 0° C and humidity of 90-95% in cold storage. In this study, pH, total soluble solids, total acidity, starch, anthocyanin, firmness, taste, fruit storage-life, TSS/TA, weight loss, appearance and vitamin C content of fruits were measured in 30 days after applying the treatments.

Results and Discussion: The results of analysis of variance showed that using of zein as grape coating had significant effect on total soluble solids, vitamin C, taste and weight loss ($P<0.01$) and on the TSS /TA attribute ($P<0.05$). The use of gluten also had a significant effect on total soluble solids, anthocyanin, weight loss and vitamin C ($P<0.01$) and also on the fruit starch ($P<0.05$). Interaction effect of gluten and zein treatments were significant on total soluble solids, vitamin C ($P<0.01$) and fruit weight loss ($P<0.05$). Based on the obtained results, the highest starch content, anthocyanin, maturity index and taste were achieved by using of gluten at 4 and 6% and the lowest amount of these substances was related to control treatment. A higher amount of anthocyanin (2.45 mg / 100 g) was retained in 6% gluten treatment. Moreover, in the fruit ripening index, the best result (41) was obtained from 6% zein treatment. The taste of the fruit was also more attractive in the 6% zein treatment without gluten consumption with a score of 8.5. Also, the best results in preservation of vitamin C (17.9), soluble solids (24 brix), fruit appearance (9.5 points) and the least weight loss of fruit (6.5%) were obtained from the combination of gluten and 6% zein treatment. Comparison of the means showed that vitamin C and soluble solids were better preserved by combined using of 4 and 6% gluten with 6 and 4% zein in storage period. These results showed that vitamin C and soluble solids had the lowest stability under control conditions. Also, the control treatment had the highest weight loss and the lowest score in the fruit preservation index. In

1, 2 and 5- Associate Professor, Graduated from the Master of Physiology and Technology Postharvest and Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, respectively.

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

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil

4- Professor, Plant Breeding Branch, University of Mohaghegh Ardabil, Ardabil

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.87246

overall, the best results in most of the studied parameters were obtained from the treatment combination of 6% gluten and zein.

Conclusion: Based on the obtained results, gluten and zein coatings in comparison to control treatment at levels of 6%, had significant positive effects on post-harvest quality and storage of grapes.

Keywords: Anthocyanin, Starch, Storage life, Vitamin C



مقاله علمی-پژوهشی

اثر تیمارهای پس از برداشت فنیل آلانین و سولفید هیدروژن بر حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی میوه بادنجان (*Solanum melongena* L.)

رضا نجفی^۱ - طاهر برزگر^{۲*} - فرهنگ رضوی^۳ - زهرا قهرمانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۳۱

چکیده

به منظور بررسی اثر تیمارهای فنیل آلانین و سولفید هیدروژن بر عمر انبارمانی و کیفیت میوه بادنجان آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تیمارهای فنیل آلانین در سه غلظت (۲/۵، ۵ و ۷/۵ میلی مولار)، سولفید هیدروژن در سه غلظت (۱، ۲ و ۳ میلی مولار) و شاهد (تیمار آب مقطر) و فاکتور دوم طول دوره انبارمانی (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) بود. میوه‌ها پس از تیمار به مدت ۷، ۱۴ و ۲۱ روز در دمای هفت درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد نگهداری شدند. نتایج نشان داد که در میوه‌های شاهد بعد از ۲۱ روز انبارمانی، محتوای کلروفیل کل کاسبرگ (۴۵/۸ درصد)، ویتامین ث (۳۴/۱ درصد)، اسیدیت قابل تیتراسیون (۴۴/۸ درصد)، آنتوسیانین (۶۶/۲ درصد) و سفتی بافت میوه (۲۴/۲ درصد) کاهش، و کاهش وزن میوه (۷/۵ درصد)، مواد جامد محلول کل (۸/۳ درصد) و شاخص سرمازدگی (۴/۳ درصد) افزایش یافت. نتایج نشان داد که کاربرد پس از برداشت سولفید هیدروژن و فنیل آلانین تأثیر معنی داری بر حفظ کیفیت و عمر انبارمانی میوه داشتند. در پایان دوره انبارمانی بیشترین سفتی بافت میوه (۱/۳۷ و ۱/۳۴ کیلوگرم بر سانتی متر مربع)، آنتوسیانین (۵/۰۲ و ۴/۲ میلی گرم در لیتر) و اسید قابل تیتراسیون (۱۵/۶۶ و ۱۸/۶۷ درصد) و کمترین درصد کاهش وزن میوه (۳/۶۷ و ۳/۷) و شاخص سرمازدگی (۱/۶ و ۱/۳ درصد) به ترتیب در میوه‌های تیمار شده با سولفید هیدروژن ۳ میلی مولار و فنیل آلانین ۷/۵ میلی مولار بدست آمد. با توجه به نتایج، تیمار پس از برداشت فنیل آلانین و سولفید هیدروژن می‌تواند جهت بهبود خواص کیفی و عمر ماندگاری میوه بادنجان، در طول دوره انبارمانی پیشنهاد گردد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، سفتی بافت، سرمازدگی، کاهش وزن، ویتامین ث

مقدمه

است (۲۹)، بنابراین انبار سرد عموماً برای حفظ کیفیت پس از برداشت میوه‌ها استفاده می‌شود، با این وجود میوه ارقام مختلف بادنجان در دماهای زیر ۱۰ درجه سانتی گراد نسبت به آسیب سرمازدگی حساس می‌باشند. آسیب سرمازدگی با علایم اصلی شامل پیری سریع، پژمردگی پوست، تغییر رنگ کاسبرگ‌ها، قهوه‌ای شدن بذرها و گوشت میوه آشکار می‌شود (۱۱). تغییر رنگ کاسبرگ‌ها و پوست میوه در طی انبارمانی، کاهش سفتی، قهوه‌ای شدن ناشی از اکسیداسیون ترکیبات فنلی باعث کاهش بازارپسندی این محصول در انبار می‌شود (۹).

همانگونه که اشاره شد محصولات باغبانی برداشت شده قابلیت فساد پذیری بالایی دارند، بنابراین به کارگیری فنون و روش‌های مناسب جهت افزایش قابلیت ماندگاری و عرضه در تمام فصول سال و صادرات ضروری است. در حال حاضر به دلیل نگرانی‌های زیاد مصرف کنندگان در مورد اثرات مواد شیمیایی باقیمانده در محصولات باغبانی، این محصولات اغلب در دماهای پایین نگهداری می‌شوند، با این حال انبارداری دمای پایین منجر به ناهنجاری فیزیولوژیکی می‌شود که به عنوان خسارت سرمازدگی به انواع محصولات گرمسیری

بادنجان با نام علمی (*Solanum melongena* L.) از خانواده سولاناسه یکی از سبزی‌های مهم اقتصادی در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان است (۳۲). میزان تولید بادنجان در ایران و کل جهان به ترتیب بالغ بر ۶۶۶۸۳۸ و ۵۴۰۷۷۲۱۰ تن است، که بر این اساس ایران پنجمین کشور تولید کننده بادنجان در سال ۲۰۱۸ شناخته شده است (۱۴). میوه بادنجان منبع مهم و غنی از ویتامین‌ها و ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند آنتوسیانین و اسید فنولیک است که تأثیرات مثبتی بر سلامتی انسان دارد (۱۵). از جمله مشکلات پس از برداشت بادنجان در طول دوره انبارمانی، کاهش کیفیت ظاهری، کاهش طعم و ارزش غذایی، نرم شدن و قهوه‌ای شدن بافت میوه

۱، ۲، ۳ - به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

(Email: tbarzegar@znu.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.87237

و نیمه گرمسیری معروف است که باعث کاهش چشمگیر کیفیت میوه و سبزی‌ها می‌شود (۱). گزارش شده است که سولفید هیدروژن با تنظیم جنبه‌های مرتبط با رسیدن میوه از جمله تغییر رنگ، آسیب سرما، تنفس، نرم شدن و پوسیدگی پس از برداشت، نقش مهمی در فیزیولوژی پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها دارد (۳۵). سولفید هیدروژن (H_2S) به عنوان سومین سیگنال دهنده عمده گازی بعد از اسید نیتریک و مونواکسید کربن در نظر گرفته می‌شود (۱۰). تیمار ۱/۵ میلی‌مول بر لیتر سولفید هیدروژن سدیم بطور معنی‌داری آسیب سرمازدگی را در میوه‌های زالزالک نگهداری شده به مدت ۲۰ روز در دمای یک درجه سانتی‌گراد را کاهش داد (۲). بررسی تأثیر سولفید هیدروژن بر عمر انبارمانی میوه کیوی نشان داد که تیمار سولفید هیدروژن در غلظت‌های ۴۵ و ۹۰ میکرو مولار بر لیتر اثر قابل ملاحظه‌ای در افزایش قند محلول، ویتامین ث، میزان کلروفیل و استحکام بافت میوه داشت و همچنین تولید اتیلن را محدود کرد (۱۶). میوه‌های توت‌فرنگی تیمار شده با سولفید هیدروژن دارای سفتی بافت میوه بیشتر، شاخص پوسیدگی و شدت تنفسی پائین‌تری نسبت به میوه‌های شاهد بودند (۲۱).

رنگ پوست میوه بادنجان یک شاخص مهم در کیفیت ظاهری میوه است که تا حدود زیادی تصمیم خرید مصرف‌کنندگان را تعیین می‌کند و تخریب رنگ مشخص میوه و سبزی‌ها یک محدودیت عمده در انبارمانی پس از برداشت محصولات است. گزارش شده است که سولفید هیدروژن توانایی زیادی در حفظ کیفیت ظاهری برخی از محصولات باغبانی دارد (۲۲).

فنیل آلانین با نام شیمیایی 2-Amino-3-phenylpropanoic acid یکی از ۲۰ اسید آمینه اصلی به شمار می‌آید که یک آلفا آمینو اسید با فرمول شیمیایی $C_9H_{11}NO_2$ می‌باشد (۳۱). اسید آمینه معطر فنیل آلانین در گیاهان نه تنها از اجزای ضروری برای سنتز پروتئین است، بلکه به عنوان پیش‌ساز بیوسنتزی برای تولید طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه گیاهان می‌باشد (۳۷). در سال‌های اخیر، کاربرد خارجی فنیل آلانین به عنوان یک روش مفید برای افزایش کیفیت مواد مغذی در میوه‌ها و سبزی‌ها با تحریک تجمع فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها با ظرفیت بالای جاروب کردن گونه‌های فعال اکسیژن از طریق تحریک فعالیت مسیر فنیل پروپانویید مورد توجه قرار گرفته است (۳۱). در طول دوره پس از برداشت محصول، تحریک فعالیت مسیر فنیل پروپانویید با استفاده از فنیل آلانین برونزا ممکن است برای بهبود تنش سرما زدگی و پوسیدگی قارچی، به تاخیر انداختن پیری و حفظ کیفیت حسی و تغذیه‌ای میوه و سبزی‌ها بسیار مهم باشد (۲). کاربرد همزمان فنیل آلانین و سولفید هیدروژن در میوه انار رقم ملس ساوه منجر به کاهش آسیب سرمازدگی نسبت به میوه‌های شاهد شد (۲۵). کاربرد فنیل آلانین در غلظت پنج میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری آسیب سرمازدگی را در میوه‌های گوجه‌فرنگی نگهداری

شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۸ روز کاهش داد (۳). کاربرد فنیل آلانین در توت‌فرنگی، تولید ترکیبات معطر و آنتوسیانین را افزایش داد (۱۳). با این حال در مورد تأثیر تیمارهای پس از برداشت فنیل آلانین و سولفید هیدروژن بر عمر پس از برداشت میوه بادنجان پژوهشی صورت نگرفته است، بنابراین در پژوهش حاضر، اثرات تیمارهای پی از برداشت فنیل آلانین و سولفید هیدروژن بر حفظ کیفیت و عمر انبارمانی میوه بادنجان گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سردخانه و آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تیمارهای فنیل آلانین در سه غلظت (۲/۵، ۵ و ۷/۵ میلی‌مولار)، سولفید هیدروژن در سه غلظت (۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار) و شاهد (تیمار آب مقطر) و فاکتور دوم طول دوره انبارمانی شامل (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) بود. هر واحد آزمایشی شامل نه میوه بود. میوه‌های بنفش بالغ و هم اندازه بادنجان گلخانه‌ای رقم هادرین (*Solanum melongena* cv. Hadrian) در زمستان ۱۳۹۷ از گلخانه تجاری واقع در شهرستان هشتگرد از توابع استان البرز برداشت گردید. ابتدا میوه‌ها با آب مقطر شست‌وشو داده شدند و پس از خشک شدن در غلظت‌های مختلف فنیل آلانین و سولفید هیدروژن (ساخت شرکت مرک آلمان) به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای اتاق و با استفاده از توئین ۲۰ درصد غوطه‌ور گردیدند. سپس میوه‌ها در سردخانه به مدت ۲۱ روز در دمای هفت درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد نگهداری شدند و در فاصله زمانی ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از شروع انبارمانی، میوه‌ها برداشت گردید و صفات کمی و کیفی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت (۳).

جهت اندازه‌گیری مواد جامد محلول ابتدا عصاره میوه‌ها تهیه شد و سپس مقدار مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دستی مدل (ATAGO Brixo-%32) بر حسب درصد بریکس قرائت شد (۲۴). برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه، از سفتی‌سنج (OSK 1618- ساخت کشور ایتالیا) با پروب هشت میلی‌متری استفاده شد و میزان سفتی بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع قرائت گردید (۲۴).

شاخص سرمازدگی میوه بر اساس میزان پوسیدگی و قهوه‌ای شدن سطح میوه که مهمترین علامت سرمازدگی در میوه بادنجان است ارزیابی شد. اگر روی میوه پوسیدگی و علائم قهوه‌ای شدن مشاهده نشد صفر، در صورت مشاهده علائم سطحی کمتر از ۲۵ درصد در سطح میوه نمره ۱، پوسیدگی و قهوه‌ای شدن سطحی بین ۲۵ تا ۵۰ درصد در سطح میوه نمره ۲، پوسیدگی و قهوه‌ای شدن بین ۵۰ تا ۷۵ درصد در سطح میوه نمره ۳ و بیش از ۷۵ درصد پوسیدگی و

که کمترین میزان در بازه زمانی ۲۱ روز مربوط به تیمار شاهد (یک کیلوگرم بر سانتی متر مربع) بود. در طول دوره انبارمانی تیمارهای سولفید هیدروژن و فنیل آلانین در غلظت بالاتر (به ترتیب سه و ۷/۵ میلی مولار) باعث حفظ سفتی بافت میوه بادنجان شدند (شکل ۱).

سفتی میوه بادنجان به مدت زمان نگهداری، رطوبت و دمای انبار بستگی دارد. گزارش شده است که سفتی بافت میوه بادنجان با بلوغ میوه افزایش یافت و پس از برداشت در طول دوره انبارمانی روند کاهشی پیدا کرد (۱۵). حفظ سفتی بافت و تاخیر در نرم شدن میوه ممکن است به دلیل ممانعت از هیدرولیز پکتین در نتیجه کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی و همچنین ممانعت از تولید اتیلن به دلیل کاهش فعالیت آنزیم سنتز اتیلن باشد (۲۷). نتایج تحقیقات نشان داد که تیمار میوه گوجه فرنگی با فنیل آلانین سفتی بافت میوه را نسبت به شاهد در پایان دوره انبارمانی حفظ کرد که ممکن است تحریک فعالیت مسیر فنیل پروپانویید با استفاده از فنیل آلانین خارجی و افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیدان در به تاخیر انداختن پیری موثر باشد (۳). سولفید هیدروژن با کاهش فعالیت آنزیم‌های مرتبط با نرم شدن میوه مانند پلی گالاکتوروناز، پکتین متیل استراز و اندو-بتا-۱ و ۴-گلوکاناز از نرمی بافت میوه ممانعت می‌کند (۲۱). در پژوهشی دیگر مشخص شد میوه‌های موز تیمار شده با ۵/۵ میلی مولار سولفید هیدروژن بیشترین سفتی را نشان دادند که به علت کاهش تولید اتیلن در طی انبارمانی می‌باشد (۲۸).

درصد کاهش وزن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن و فنیل آلانین، مدت زمان انبارمانی و همچنین اثر برهمکنش بین تیمار و مدت زمان انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج بیشترین درصد کاهش وزن میوه (۶ درصد) در هفت روز اول دوره انبارمانی اتفاق افتاد و با گذشت زمان انبارمانی درصد کاهش وزن میوه در تمامی تیمارها کاهش یافت در پایان دوره انبارمانی بیشترین کاهش وزن میوه در تیمار شاهد با ۷/۵ درصد مشاهده شد (شکل ۱). به‌طور کلی تیمار فنیل آلانین و سولفید هیدروژن تأثیر مثبتی بر کاهش وزن میوه بادنجان داشتند و کاهش وزن میوه را به تاخیر انداختند.

وزن میوه یکی از معیارهای مهم کیفیت میوه است که به مرور زمان با توجه به شرایط نگهداری کاهش می‌یابد. در دوره پس از برداشت دو عامل مهم باعث از دست دادن آب و کاهش وزن محصول می‌شود: اول قطع شدن رابط آبی میوه با گیاه مادری و دوم افزایش تعرق از سطح میوه که یک فرآیند فیزیولوژیکی است و منجر به از دست دادن رطوبت محصول می‌شود (۳۶).

قهوه‌ای شدن در سطح میوه نمره ۴ داده شد (۱۲). برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد. ابتدا عصاره میوه تهیه شد و سپس با آب مقطر غلظت ۱۰ درصد آن تهیه شد. مقدار ۱۰ سی‌سی از آب میوه و ۲۰ سی‌سی آب مقطر در ارلن مایر به آن اضافه گردید و ۲ تا ۳ قطره معرف فنل فتالین به آن اضافه گردید و با استفاده از سود تیتر شد (۳۰). برای اندازه‌گیری اسید آسکوربیک (ویتامین ث) از روش یدومتریک استفاده شد (۲۴). برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل کاسبرگ میوه از روش آرنون استفاده شد (۷).

برای ارزیابی مقدار آنتوسیانین پوست میوه، پنج میلی‌لیتر آب پوست میوه به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس یک میلی‌لیتر از محلول رویی با پنج میلی‌لیتر محلول KCl-HCl (۵۰ میلی‌لیتر از محلول ۰/۲ مولار از کلرید پتاسیم + ۹۷ میلی‌لیتر از محلول ۰/۲ مولار اسید کلریدریک به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد) رقیق شد. یک میلی‌لیتر دیگر از محلول رویی با ۵ میلی‌لیتر بافر استات ۰/۲ مولار (۳۰/۵ میلی‌لیتر استیک اسید ۰/۲ مولار + ۱۹/۵ میلی‌لیتر از استات سدیم ۰/۲ مولار به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد) رقیق شد و سپس جذب هر دو محلول در طول موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر خوانده شد. غلظت آنتوسیانین کل، با استفاده از رابطه (۱) بر حسب میلی گرم سیانیدین ۳- گلوکوزید^۱ در لیتر بیان شد (۱۸).

$$(A) \text{ (mg/L)} = \left(\frac{A}{26900} \times 1000 \right) \times (445.2) \times 5$$

$$(A) \text{ جذب} = (A520 \text{ pH}1 - A700 \text{ pH}1) - (A520 \text{ pH}4.5 - A700 \text{ pH}4.5)$$

۱۰۲ = عامل تبدیل، ۲۶۹۰۰ = ضریب مولی سیانیدین ۳- گلوکوزید، ۴۴۵/۲ = وزن مولکولی سیانیدین ۳ گلوکوزید تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودار با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

سفتی بافت میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای پس از برداشت سولفید هیدروژن و فنیل آلانین و برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری بر سفتی بافت میوه بادنجان داشتند (جدول ۲). در زمان شروع انبارداری میزان سفتی میوه ۲/۶۴ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بود (جدول ۱) و با افزایش دوره انبارمانی میزان سفتی بافت میوه بادنجان کاهش یافت

جدول ۱- مقدار صفات کیفی میوه بادنجان در زمان برداشت

Table 1- Qualitative traits of eggplant fruit at harvest time

آنتوسیانین Anthocyanin (mg L ⁻¹)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	ویتامین ث Vitamin C (mg 100g ⁻¹ FW)	اسید قابل تیتراسیون TA (%)	مواد جامد محلول کل TSS (°B)	سفتی بافت میوه Firmness (kg cm ⁻²)
7.1	1.63	0.41	26.4	2.28	2.64

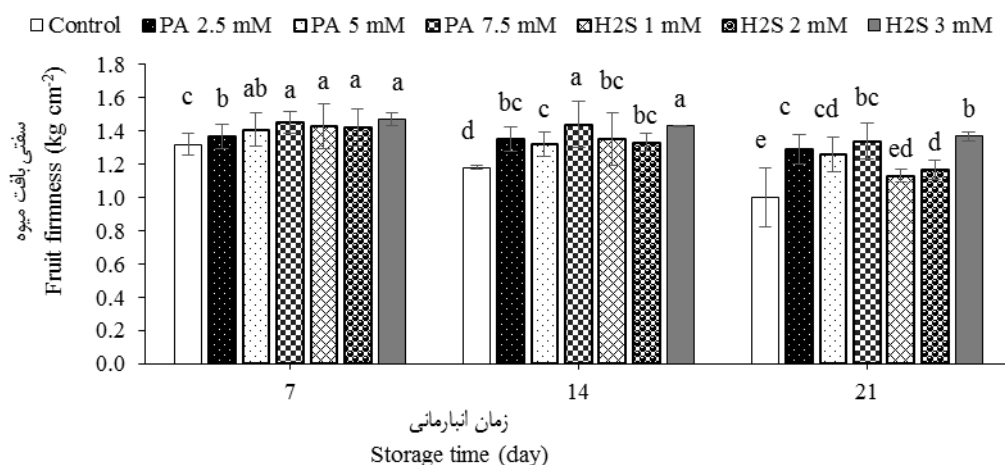
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای فنیل آلانین و سولفید هیدروژن بر صفات کیفی و عمر ماندگاری میوه بادنجان در مدت زمان انبارمانی

Table 2- ANOVA for the effect of hydrogen sulfide (H₂S) and phenylalanine (PA) treatments on quality and shelf life of eggplant fruit during storage time

منابع تغییرات Sources of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares							
		ویتامین ث Vitamin C	آنتوسیانین Anthocyanin	اسید قابل تیتراسیون Titratable acidity	کلروفیل کل Total chlorophyll	مواد جامد محلول کل TSS	شاخص سرمازدگی Chilling index	سفتی بافت میوه Fruit Firmness	کاهش وزن Weight loss
تیمار Treatment	7	0.003**	1.48 ^{ns}	301.16**	2.28**	0.37*	0.01**	0.41**	5.49**
زمان انبارمانی Storage time	3	0.001**	21.18**	113.74**	0.05**	0.24*	0.09**	0.09*	19.36**
تیمار × زمان انبارمانی Treatment × storage time	21	0.003**	5.19**	29.69**	0.31**	0.23**	1.03**	0.1**	0.22**
خطا Error	42	0.01	0.69	2.91	0.008	0.09	0.01	0.03	0.09
ضریب تغییرات C.V (%)		15.8	16.6	8.7	4.07	11.1	11.19	14.4	6.8

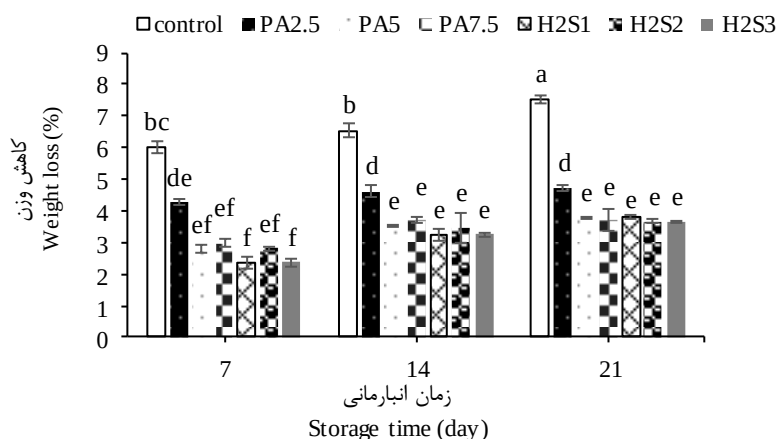
ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

شکل ۱- اثر متقابل تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن (H₂S) × فنیل آلانین (PA) بر میزان سفتی بافت میوه بادنجان در مدت زمان انبارمانیFigure 1- Interaction effect of postharvest treatment of hydrogen sulfide (H₂S) × phenylalanine (PA) on fruit firmness of eggplant fruit during storage (DMRT, $p \leq 0.05$)

در پس از برداشت سبزیجات به دلیل از دست رفتن آب بافت گیاه است که برزگر و همکاران (۸) گزارش کردند میزان کاهش وزن میوه فلفل دلمه‌ای با کاهش مقدار ویتامین ث و سفتی بافت رابطه مثبتی دارد.

گزارش شد در میوه بادنجان در طی دوره انبارمانی وزن میوه کاهش یافت (۲۹). تیمار پس از برداشت میوه انار رقم ملس ساوه با فنیل آلانین و سولفید هیدروژن در در طی مدت انبارمانی بر میزان کاهش وزن میوه تأثیر مثبتی داشت (۲۵). با کاربرد سولفید هیدروژن میزان کاهش وزن در کلم سفید چینی کاهش یافت (۵). کاهش وزن



شکل ۲- اثر متقابل تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن (H_2S) × فنیل آلانین (PA) بر کاهش وزن میوه بادنجان در مدت زمان انبارمانی
Figure 2- Interaction effect of postharvest treatment of hydrogen sulfide (H_2S) × phenylalanine (PA) on weight loss of eggplant fruit during storage time (DMRT, $p \leq 0.05$)

سولفید هیدروژن سدیم در کلم بروکلی، مقدار مواد جامد محلول بیشتری را پس از ۵ روز نگهداری در مقایسه با شاهد نشان داد (۲۶).

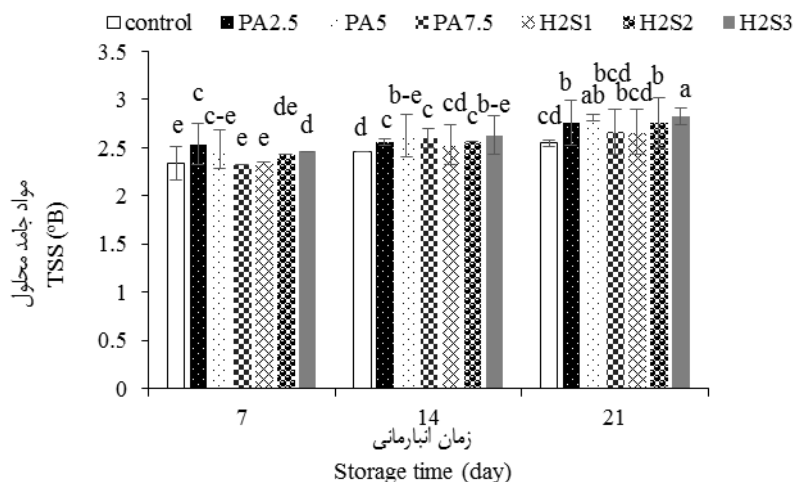
اسیدیته قابل تیتراسیون میوه

مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در شروع انبارداری ۴۶/۴۱ درصد بود (جدول ۱). با توجه به نتایج میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در طی مدت انبارمانی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و کاربرد فنیل آلانین و سولفید هیدروژن تأثیر معنی‌داری در حفظ اسیدیته قابل تیتراسیون میوه بخصوص در ۷ روز اول داشتند و کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون میوه را به تأخیر انداختند. در پایان دوره انبارمانی (روز ۲۱) بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (۱۸/۶۷ درصد) در میوه‌های تیمار شده با ۷/۵ میلی‌مولار فنیل آلانین و کمترین مقدار در میوه‌های شاهد (۱۰/۲۱ درصد) مشاهده شد (جدول ۲ و شکل ۳).

اسیدهای آلی به هنگام رسیدن میوه در نتیجه تنفس و نیز تبدیل شدن به قندها کاهش می‌یابند و این کاهش رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد. در واقع اسیدهای آلی به عنوان یک منبع ذخیره برای میوه عمل می‌کنند و هنگام رسیدن آن، با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند (۱۷). کاهش اسید قابل تیتراسیون در طول دوره انبارمانی در میوه فلفل دلمه‌ای گزارش شد (۸). گزارش شد که کاربرد همزمان سولفید هیدروژن و فنیل آلانین بر روی میوه انار رقم ملس ساوه باعث حفظ اسیدیته قابل تیتراسیون میوه شد (۲۵).

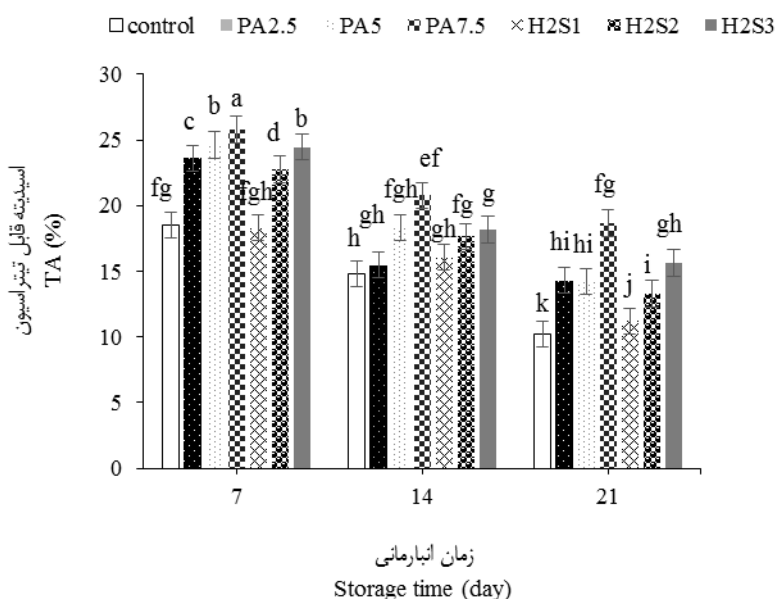
مواد جامد محلول

مقدار مواد جامد محلول میوه در زمان شروع انبارداری ۲/۲۸ درصد بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش طول دوره انبارمانی میزان مواد جامد محلول به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و این افزایش در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد بیشتر بود به‌طوری که در پایان دوره انبارمانی حداکثر میزان مواد جامد محلول (۲/۸۳ و ۲/۸۱ درصد) به ترتیب در تیمار ۳ میلی‌مولار سولفید هیدروژن و ۵ میلی‌مولار فنیل آلانین مشاهده شد (جدول ۲ و شکل ۲). گزارش شده است که با افزایش دوره انبارمانی مقدار مواد جامد محلول در میوه فلفل دلمه‌ای افزایش یافت و افزایش غلظت مواد جامد محلول میوه با کاهش وزن تر میوه طی انبارداری مرتبط است (۸). تغییر میزان قندها در طی مدت نگهداری با هیدرولیز پلی- ساکاریدها و تغلیظ شدن عصاره میوه و همچنین کاهش آب میوه مرتبط می‌باشد (۱۹). در پژوهشی مشاهده شد که تیمار میوه‌های گوجه فرنگی با فنیل آلانین موجب حفظ مواد جامد محلول میوه در طول دوره انبارمانی شد و میزان مواد جامد محلول در طول دوره انبارمانی افزایش یافت (۸). مطالعات انجام شده نشان داد که در طول مدت زمان انبارمانی در میوه انار رقم ملس ساوه، مواد جامد محلول میوه افزایش یافت و تیمار فنیل آلانین و سولفید هیدروژن باعث حفظ مواد جامد محلول میوه شد (۲۵). کاربرد خارجی ۲/۴ میلی‌مولار



شکل ۳- اثر متقابل تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن (H_2S) × فنیل آلانین (PA) بر میزان مواد جامد محلول میوه بادنجان در مدت زمان انبارمانی

Figure 3- Interaction effect of postharvest treatment of hydrogen sulfide (H_2S) × phenylalanine (PA) on total soluble solid (TSS) of eggplant fruit during storage time (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۴- اثر متقابل تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن (H_2S) × فنیل آلانین (PA) بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه بادنجان در مدت زمان انبارمانی

Figure 4- Interaction effect of postharvest treatment of hydrogen sulfide (H_2S) × phenylalanine (PA) on titratable acidity (TA) of eggplant fruit during storage time (DMRT, $p \leq 0.05$)

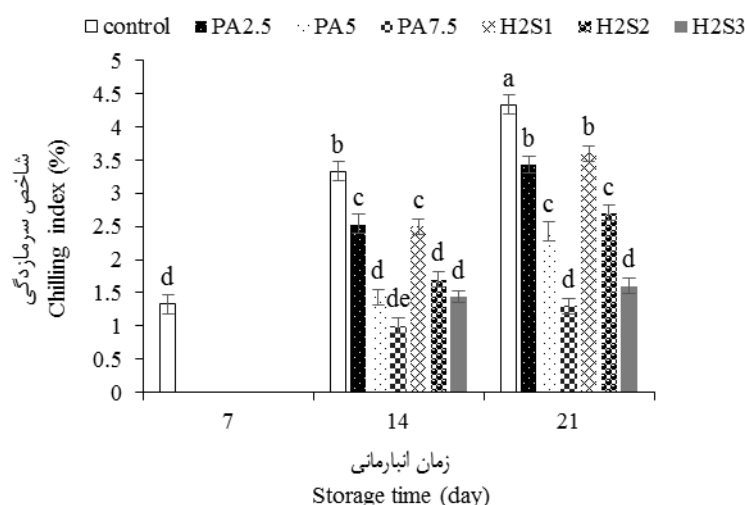
شاخص سرمزدگی

(جدول ۲). نتایج نشان داد که میوه‌های شاهد دارای درصد سرمزدگی بالاتری نسبت به نمونه‌های تیمار شده بودند. در روز هفتم انبارمانی هیچ علائمی از سرمزدگی در میوه‌های تیمار شده با سولفید هیدروژن و فنیل آلانین مشاهده نشد اما بعد از گذشت ۱۴ روز

تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن و فنیل آلانین، مدت زمان انبارمانی و همچنین برهمکنش بین تیمار و مدت زمان انبارمانی بر شاخص سرمزدگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($p \leq$

با کاهش نفوذ پذیری غشاء و پراکسیداسیون لیپیدها، منجر به کاهش خسارت سرمازدگی میوه موز در شرایط انبار سرد شد (۶). کاربرد خارجی فنیل آلانین بطور معنی‌داری آسیب سرمازدگی را در میوه‌های گوجه‌فرنگی نگهداری شده در دمای ۴ درجه‌ساتی‌گراد به مدت ۲۸ روز کاهش داد. گزارش شد که تحمل به سرمازدگی در میوه‌های گوجه‌فرنگی با کاربرد فنیل آلانین با کاهش نشت یونی و تجمع مالین دی‌آلدئید و حفظ غشای سلولی همراه بود که به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز می‌باشد (۳).

انبارمانی، میزان سرمازدگی همه تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافت. در پایان دوره انبارمانی بیشترین درصد سرمازدگی در بافت میوه‌های شاهد (۴/۳۳ درصد) مشاهده شد. بررسی علائم ظاهری خسارت سرما نشان داد افزایش غلظت سولفید هیدروژن و فنیل آلانین بر تحمل به سرمای میوه‌ها تأثیر مثبتی داشت به طوری که کمترین علامت سرمازدگی در غلظت ۷/۵ میلی‌مولار فنیل آلانین (۱/۳ درصد) و ۳ میلی‌مولار سولفید هیدروژن (۱/۶ درصد) مشاهده شد (شکل ۵). محصولات گرمسیری و نیمه گرمسیری مانند بادنجان نسبت به سرما حساس می‌باشند و نگهداری آنها در دمای پائین اغلب منجر به آسیب سرمازدگی می‌شود (۶). گزارش شده است که سولفید هیدروژن



شکل ۵- اثر متقابل تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن (H₂S) × فنیل آلانین (PA) بر درصد شاخص سرمازدگی میوه بادنجان در مدت زمان انبارمانی

Figure 5- Interaction effect of postharvest treatment of hydrogen sulfide (H₂S) × phenylalanine (PA) on chilling index of eggplant fruit during storage time (DMRT, $p \leq 0.05$)

(۶). برزگر و همکاران (۸) گزارش کردند که مقدار ویتامین ث در میوه فلفل دلمه‌ای طی دوره انبارمانی بطور معنی‌داری کاهش یافت. اسید آسکوربیک یک ویتامین محلول در آب است که به عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی، می‌تواند سبب کاهش گونه‌های فعال اکسیژن شود و در سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن به‌ویژه پراکسید هیدروژن نقش دارد و به طور مستقیم در خنثی‌کردن رادیکال‌های سوپراکسید به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در تولید آلفا توکوفرول (ویتامین E) و سایر آنتی‌اکسیدان‌های چربی نقش ایفا کند (۳۴). محققین علت این کاهش را به اکسیدشدن اسید آسکوربیک به عنوان دهنده‌ی الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد نسبت دادند و اسید آسکوربیک را به عنوان یک آنتی اکسیدان مهم طبیعی در میوه‌ها معرفی کردند (۱۶). گزارش شده است که میزان اسید آسکوربیک در میوه‌های سیب برش یافته در مدت سه روز انبارمانی کاهش یافت ولی در میوه‌های تیمار شده با ۰/۴

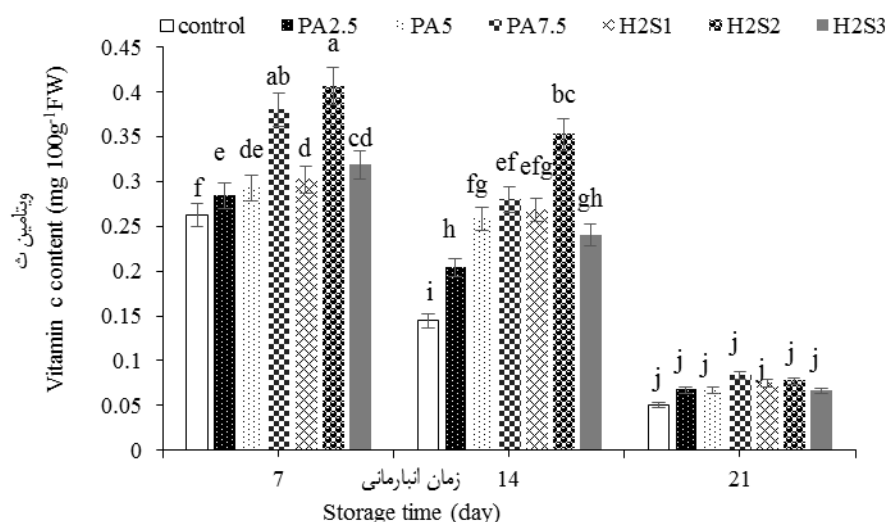
ویتامین ث

تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن و فنیل آلانین تأثیر معنی‌داری، در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) بر میزان ویتامین ث در طی مدت زمان انبارمانی داشت (جدول ۲).

مقدار ویتامین ث میوه بادنجان در زمان شروع انبارمانی ۰/۴۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بود و به‌طور کلی در طول دوره انبارمانی کاهش یافت (جدول ۱ و شکل ۶). کاربرد سولفید هیدروژن و فنیل آلانین، کاهش میزان ویتامین ث را تا روز چهاردهم انبارداری به‌طور معنی‌داری به تأخیر انداختند به‌طوری که در روز چهاردهم مقدار ویتامین ث در میوه‌های شاهد ۶۵/۸ درصد کاهش یافت در صورتی که این کاهش در تیمار ۲ میلی‌مولار سولفید هیدروژن ۱۴/۶ درصد و در تیمار ۷/۵ میلی‌مولار فنیل آلانین ۳۴/۱ درصد بود. بعد از ۲۱ روز انبارمانی محتوای ویتامین ث به مقدار قابل‌توجهی کاهش یافت و بین میوه‌های شاهد و تیمار شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل

بروکلی تیمار شده با سولفید هیدروژن پس از پنج روز نگهداری مقدار ویتامین ث بالایی را در مقایسه با شاهد نشان دادند (۲۶).

میلی مولار سولفید هیدروژن سدیم کاهش اسید آسکوربیک به تاخیر افتاد (۳۵). تیمار فنیل آلانین و سولفید هیدروژن در طی دوره انبارمانی بر روی میوه انار باعث حفظ ویتامین ث نسبت به شاهد شد (۲۵). کلم



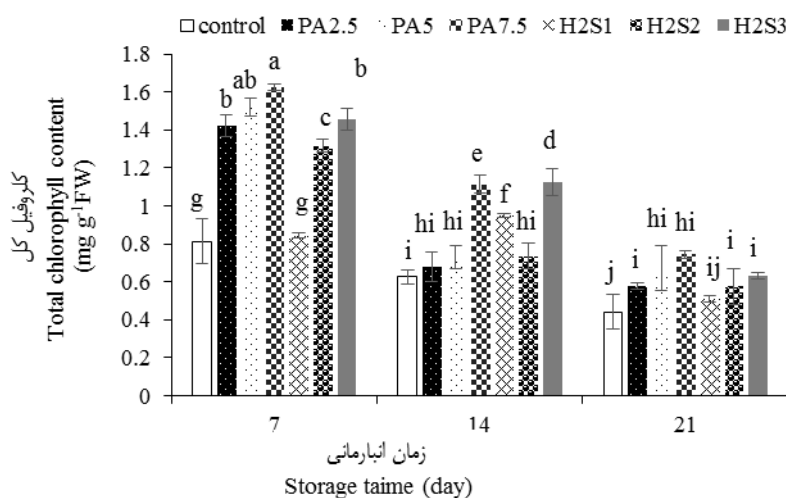
شکل ۶- اثر متقابل تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن (H_2S) × فنیل آلانین (PA) بر محتوای ویتامین ث میوه بادنجان در مدت زمان انبارمانی
Figure 6- Interaction effect of postharvest treatment of hydrogen sulfide (H_2S) × phenylalanine (PA) on vitamin c content of eggplant fruit during storage time (DMRT, $p \leq 0.05$)

کلروفیل کل کاسبرگ میوه

در طول دوره انبارمانی محتوای کلروفیل کاسبرگ میوه به طور معنی داری کاهش یافت. تیمار سولفید هیدروژن و فنیل آلانین محتوای کلروفیل کاسبرگ را تا روز هفتم بطور قابل توجهی حفظ نمودند ولی در روزهای آخر انبارداری محتوای کلروفیل به شدت در همه تیمارها کاهش یافت (شکل ۷). تغییر رنگ کاسبرگها در میوه بادنجان بخشی از فرآیند طبیعی پیری میوه است (۳۳). در طی دوره انبارداری رنگ کاسبرگهای بادنجان از سبز روشن به زرد قهوه‌ای تغییر یافت (۲۹). تأثیر تیمار سولفید هیدروژن بر عمر انبارمانی گیاه اسفناج نشان داد که سولفید هیدروژن با ممانعت از فعالیت آنزیم کلروفیلاز کاهش محتوای کلروفیل را به تأخیر انداخت و رنگ سبز برگها را برای هشت روز حفظ نمود (۲۲). گزارش شد که مقدار محتوای کلروفیل کلم بروکلی در گیاهان شاهد به تدریج در دوره انبارمانی کاهش یافت در حالی که تیمار سولفید هیدروژن مقدار محتوای کلروفیل را حفظ کرد، و سطح بالاتری از محتوای کلروفیل در اواخر دوره انبارمانی نسبت به شاهد مشاهده شد (۲۶). تجمع گونه‌های فعال اکسیژن در زمان انبارمانی منجر به تخریب کلروفیل و پیری سبزی می‌شود که سولفید هیدروژن با افزایش فعالیت آنزیمهای جاروب کننده گونه‌های فعال اکسیژن شامل کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز مانع تخریب کلروفیل می‌شود (۲۲).

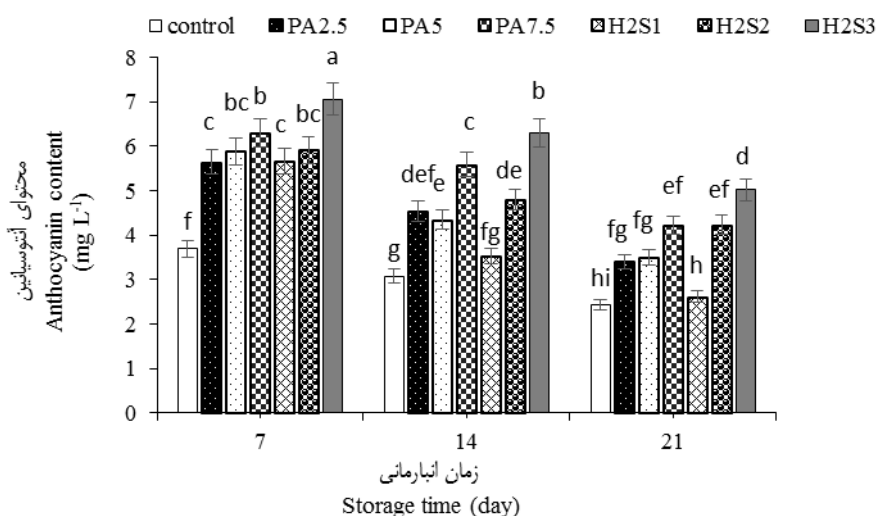
آنتوسیانین

نتایج حاصل از اندازه‌گیری آنتوسیانین پوست میوه بادنجان نشان داد که در زمان شروع انبارمانی مقدار آنتوسیانین ۷/۱ میلی گرم در لیتر بود (جدول ۱) که با افزایش طول دوره انبارمانی میزان آنتوسیانین در میوه‌های شاهد و تیمار شده کاهش یافت (شکل ۴). تیمارهای فنیل آلانین و سولفید هیدروژن مقدار آنتوسیانین پوست میوه را بخصوص در هفت روز اول انبارمانی حفظ نمود و کاهش آن را به تأخیر انداخت. در پایان دوره انبارمانی بیشترین مقدار آنتوسیانین (۵/۰۲ میلی گرم در لیتر) در تیمار سه میلی مولار سولفید هیدروژن و کمترین مقدار (۲/۴ میلی گرم در لیتر) در تیمار شاهد مشاهده شد. آنتوسیانین‌ها ترکیباتی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار بالا هستند و عمدتاً در میوه‌ها و سبزی‌های قرمز یافت می‌شوند که مسئول رنگ‌های قرمز، ارغوانی، و آبی در بسیاری از گل‌ها، میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشند و در سطح بالا در پوست میوه بادنجان وجود دارد (۲۰).



شکل ۷- اثر متقابل تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن (H_2S) × فنیل آلانین (PA) بر محتوای کلروفیل کل کالیکس میوه بادنجان در طول مدت زمان انبارمانی

Figure 7- Interaction effect of postharvest treatment of hydrogen sulfide (H_2S) × phenylalanine (PA) on total chlorophyll content of eggplant fruit during storage time (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۸- اثر متقابل تیمار پس از برداشت سولفید هیدروژن (H_2S) × فنیل آلانین (PA) بر محتوای آنتوسیانین پوست میوه بادنجان در طول مدت زمان انبارمانی

Figure 8- Interaction effect of postharvest treatment of hydrogen sulfide (H_2S) × phenylalanine (PA) on anthocyanin content of eggplant fruit skin during storage time (DMRT, $p \leq 0.05$)

بخصوص آنتوسیانین بسیار مهم باشد (۲). هیو و همکاران^۱ (۲۳) گزارش کردند که کاربرد سولفید هیدروژن سدیم در میوه شاه‌توت با افزایش فعالیت ال-سیستئین در سولفیداز و د-سیستئین دی سولفیداز، محتوای سولفید هیدروژن درونی را افزایش داد و در نتیجه با توقف تخریب آنتوسیانین باعث حفظ رنگ قرمز میوه به مدت شش روز شد.

طبق تحقیقات پیشین، آنتوسیانین پوست میوه بادنجان طی دوره انبارمانی کاهش معنی‌داری یافت (۳۳). در پژوهش انجام شده گزارش شد که تیمار میوه انار با فنیل آلانین و سولفید هیدروژن آنتوسیانین میوه را در طول دوره انبارمانی حفظ کرد (۲۵). در طول دوره پس از برداشت محصول، تحریک فعالیت مسیر فنیل پروپانویید با استفاده از فنیل آلانین خارجی ممکن است برای حفظ کیفیت سبزی‌ها

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، کاربرد پس از برداشت فنیل آلانین و سولفید هیدروژن صفات کیفی میوه شامل محتوای ویتامین ث، مواد جامد محلول کل، آنتوسیانین، اسید قابل تیتراسیون و سفتی بافت میوه را حفظ نمود. مطابق نتایج با گذشت مدت زمان انبارمانی، مقدار ویتامین ث، آنتوسیانین، اسید قابل تیتراسیون، کلروفیل کل کاسبرگ ها و سفتی بافت میوه کاهش یافت و در مقابل محتوای مواد

منابع

جامد کل میوه و درصد کاهش وزن و شاخص سرمازدگی افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که تیمارهای فنیل آلانین و سولفید هیدروژن با کاهش درصد کاهش وزن و شاخص سرمازدگی میوه ها موجب افزایش عمر انبارمانی میوه ها شدند. بر اساس نتایج این آزمایش، کاربرد پس از برداشت ۷/۵ میلی مولار فنیل آلانین و ۳ میلی مولار سولفید هیدروژن جهت حفظ کیفیت میوه و تأخیر کاهش وزن و آسیب سرمازدگی و طولانی نمودن عمر ماندگاری میوه در طول دوره انبارمانی پیشنهاد می گردد.

- 1- Aghdam M.S., and Bodbodak S. 2013. Physiological and biochemical mechanisms regulating chilling tolerance in fruit and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments. *Scientia Horticulturae* 156: 73–85.
- 2- Aghdam M.S., Mahmoudi R., Razavi F., Rabiei V., and Soleimani A. 2018. Hydrogen sulfide treatment confers chilling tolerance in hawthorn fruit during cold storage by triggering endogenous H₂S accumulation, enhancing antioxidant enzymes activity and promoting phenols accumulation. *Scientia Horticulturae* 238: 264–271.
- 3- Aghdam M., Moradi M., Razavi F., and Rabiei V. 2019. Exogenous phenylalanine application promotes chilling tolerance in tomato fruits during cold storage by ensuring supply of NADPH for activation of ROS scavenging systems. *Scientia Horticulturae* 246: 818-825.
- 4- Al Ubeed H.M.S., Wills R.B.H., Bowyer M.C., Vuong Q.V., and Golding J.B. 2017. Interaction of exogenous hydrogen sulfide and ethylene on senescence of green leafy vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 133: 81-87.
- 5- Ali S., Nawaz A., Ejaz S., S. Haider T.A., Alam M.W., and Javed H.U. 2019. Effects of hydrogen sulfide on postharvest physiology of fruits and vegetables: An overview. *Scientia Horticulturae* 243: 290-299.
- 6- Ali, S., Khan A.S., Malik A.U., Shaheen T., and Shahid M. 2018. Pre-storage methionine treatment inhibits postharvest enzymatic browning of cold stored 'Gola' litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology* 140: 100–106.
- 7- Arnon A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23(1): 112-121.
- 8- Barzegar T., Fateh M., and Razavi F. 2018. Enhancement of postharvest sensory quality and antioxidant capacity of sweet pepper fruits by foliar applying calcium lactate and ascorbic acid. *Scientia Horticulturae* 241, 293-303.
- 9- Buyukbay E.O., Uzunoğlu M., and Bal H.S.G. 2011. Post-harvest losses in tomato and fresh bean production in Tokat province of Turkey. *Scientific Research and Essays* 6(7): 1656-1666.
- 10- Christou A., Manganaris G.A., Papadopoulos I., and Fotopoulos V. 2013. Hydrogen sulfide induces systemic tolerance to salinity and non-ionic osmotic stress in strawberry plants through modification of reactive species biosynthesis and transcriptional regulation of multiple defense pathways. *Journal of Experimental Botany* 64(7): 1953-1966.
- 11- Concellón A., Zarza M.J., Chaves A.R., and Vicente A.R. 2012. Changes in quality and phenolic antioxidants in dark purple American eggplant (*Solanum melongena* L. cv. lucía) as affected by storage at 0 °C and 10 °C. *Postharvest Biology and Technology* 66: 35-41.
- 12- Ding C.K., Wang C., Gross K.C., and Smith D.L. 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. *Planta* 214(6): 895-901.
- 13- Edaheiro J., Nakamura M., Seki M., and Furusaki S. 2005. Enhanced accumulation of anthocyanin in cultured strawberry cells by repetitive feeding of L-phenylalanine into the medium. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 99: 43–47.
- 14- FAO. 2018. FAOSTAT, FAO Statistical Databases <http://faostat.fao.org>.
- 15- Gajewski M., Katarzyna K., and Bajer M. 2009. The influence of postharvest storage on quality characteristics of fruit of eggplant cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 37(2): 200-205.
- 16- Gao S.P., Hu K. D., Hu L.Y., Li Y.H., Han Y., Wang H.L., Ly K., Liu Y.S., and Zhang H. 2013. Hydrogen sulfide delays postharvest senescence and plays an antioxidative role in fresh-cut kiwifruit. *HortScience* 48(11): 1385-1392.
- 17- Getenit H., Seyoum T., and Woldetsdick K. 2008. The effect of cultivar, maturity stage and storage environment on quality of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 87: 467-498.
- 18- Giusti M. M., and Wrolstad R. E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible

- spectroscopy. Current Protocols 1: 1-2.
- 19- Hernandez-Munoz P., Almenar E., Del Valle V., Velez D., and Gavara R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chemistry 110(2): 428-435.
 - 20- Horbowicz M., Kosson R., Grzesiuk A., and Dębski H. 2008. Anthocyanin's of fruits and vegetables their occurrence, analysis and role in human nutrition. Vegetable Crops Research Bulletin 68: 5-22.
 - 21- Hu L.Y., Hu S.L., Wu J., Li Y.H., Zheng J.L., Wei Z.J., Liu J., Wang H. L., Liu Y.S., and Zhang H. 2012. Hydrogen sulfide prolongs postharvest shelf life of strawberry and plays an antioxidative role in fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry 60(35): 8684-8693.
 - 22- Hu H., Liu D., Li P., and Shen W. 2015. Hydrogen sulfide delays leaf yellowing of stored water spinach (*Ipomoea aquatica*) during dark-induced senescence by delaying chlorophyll breakdown, maintaining energy status and increasing antioxidative capacity. Postharvest Biology and Technology 108: 8-20.
 - 23- Hu H., Shen W., and Li P. 2014. Effects of hydrogen sulphide on quality and antioxidant capacity of mulberry fruit. International Journal of Food Science Technology 49(2): 399-409.
 - 24- Jalili Marandi R. 2013. Postharvest physiology (Handling and storage of fruits, vegetables and ornamental plants) (2th ed.). Publishers Jihad Urmia University. 624 pp. (In Persian)
 - 25- Keshavarz, F. 2018. Effect of postharvest phenylalanine and hydrogen sulfide treatments on biochemical and antioxidant properties of pomegranate fruit cultivar Malas Saveh during cold storage. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran. (In Persian)
 - 26- Li S.P., Hu K.D., Hu L.Y., Li Y.H., Jiang A.M., Xiao F., Han Y., Liu Y.S., and Zhang H. 2014. Hydrogen sulfide alleviates postharvest senescence of broccoli by modulating antioxidant defense and senescence-related gene expression. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62(5): 1119-1129.
 - 27- Luo Z. 2006. Extending shelf-life of persimmon (*Diospyros kaki* L.) fruit by hot air treatment. European Food Research and Technology 222(1-2): 149-154.
 - 28- Luo Z.D., Li R.D., and Mou W. 2015. Hydrogen sulfide alleviates chilling injury of banana fruit by enhanced antioxidant system and proline content. Scientia Horticulturae 183: 144-151.
 - 29- Massolo J.F., Concellón A., Chaves A.R., and Vicente A.R. 2011. Methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology 59(1): 10-15.
 - 30- Mostofi Y., Dehestani Ardekani M., and Razavi H. 2011. The effect of chitosan on postharvest life extension and qualitative characteristics of table grape "Shahroodi". Journal of Food Science 8(30), 93-102. (In Persian)
 - 31- Portu J., López-Alfaro I., Gómez-Alonso S., López R., and Garde-Cerdán T. 2015. Changes on grape phenolic composition induced by grapevine foliar applications of phenylalanine and urea. Food Chemistry 180: 171-180.
 - 32- San José R., Plazas M., Sánchez-Mata M.C., Cámara M., and Prohens J. 2016. Diversity in composition of scarlet (*S. aethiopicum*) and gboma (*S. macrocarpon*) eggplants and of interspecific hybrids between *S. aethiopicum* and common eggplant (*S. melongena*). Journal of Food Composition and Analysis 45: 130-140.
 - 33- Shi J., Zuo J., Zhou F., Gao L., Wang Q., and Jiang A. 2018. Low-temperature conditioning enhances chilling tolerance and reduces damage in cold-stored eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology 141: 33-38.
 - 34- Suekawa M., Fujikawa Y., Inoue A., Kondo T., Uchida E., Koizumi T., and Esaka, M. 2019. High levels of expression of multiple enzymes in the Smirnoff-Wheeler pathway are important for high accumulation of ascorbic acid in acerola fruits. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 1-4.
 - 35- Sun Y., Zhang W., Zeng T., Nie Q.X., Zhang F. Y., and Zhu L.Q. 2015. Hydrogen sulfide inhibits enzymatic browning of fresh-cut lotus root slices by regulating phenolic metabolism. Food Chemistry 177: 376-381.
 - 36- Treviño Garza M. Z., García S., Del Socorro Flores González M., and Arévalo Niño K. 2015. Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*). Journal of Food Sciences 80(8): 1823-1830.
 - 37- Tzin V., and Galili G. 2010. New insights into the shikimate and aromatic amino acids biosynthesis pathways in plants. Mol. Plant. 3(6): 956-972.
 - 38- Zheng J.L., Lan-Ying Hu L.Y., and Hu K.D. 2016. Hydrogen sulfide alleviates senescence of fresh-cut apple by regulating antioxidant defense system and senescence-related gene expression. HortScience 51(2): 152-158.



Effect of Postharvest Treatments of Phenylalanine and Hydrogen Sulfide on Maintaining Quality and Enhancing Shelf life of Eggplant (*Solanum melongena* L.)

R. Najafi¹- T. Barzegar^{2*}- F. Razavi³- Z. Ghahremani⁴

Received: 12-07-2020

Accepted: 21-09-2020

Introduction: Eggplant (*Solanum melongena* L.) is an important non-climacteric fruit grown in tropical and subtropical regions. The total production in Iran and world for eggplants in 2018 were estimated 54077210 and 666838 tons, respectively, and Iran ranked fifth in the production of this product. The health-promoting attributes of eggplant are derived from the phytochemicals with good source of antioxidants (anthocyanin and phenolic acids), dietary fiber and vitamins. Fruit deterioration during long term storage is associated with appearance quality reduction, calyx discoloration, softening and pulp browning caused by the oxidation of phenolic compounds. Hydrogen Sulfide (H_2S) is a flammable and colorless gas, that similar to carbon monoxide and nitric oxide, is known as third leading signaling molecule. It has been reported that H_2S play an imperative role in the postharvest physiology and chilling injury of various fruits and vegetables. In recent years, exogenous phenylalanine (PA) application has been employed as a beneficial procedure for enhancing quality in fruits and vegetables by promoting higher phenols and flavonoids accumulation arising from higher PAL enzyme activity and proline accumulation exhibiting higher ROS scavenging capacity. Thus, the aim of this study was to investigate the postharvest application of H_2S and PA on quality and postharvest storage of eggplant fruit during storage at 7 °C for 21 days.

Material and Methods: Eggplant fruits (*Solanum melongena* cv. Hadrian) were harvested at commercially maturity stage in Jun 2019 from a greenhouse in Hashtgerd city, Iran. Fruit selected for uniform size, shape, and color, and immediately transported to the laboratory. They were divided into seven parts for the following treatments: control (0), hydrogen Sulfide (H_2S) at 0.1, 0.2 or 0.3 mM and phenylalanine (PA) at 2.5, 5 or 7.5 mM. Each treatment was done in three replicates, consists of 24 fruits from each replicate, and then randomly divided into four groups include six fruits. One group was analyzed 24 hrs. after harvesting and another groups stored at 7 ± 1 °C and 85% RH for 21 days. At 7-day intervals, one group was taken at random and transferred for one day at 20 °C (shelf-life), and subjected to physicochemical analysis. For H_2S fumigation, fruit was placed at the bottom of a sealed 15 L container with different aqueous sodium hydrosulfide (NaHS) solution concentrations for 10 min, and for PA treatments, the fruits were immersed in 10 L of fresh phenylalanine solution for 10 min and in distilled water as a control. The fruits were allowed to completely dry at room temperature before storage.

Results and Discussion: The results showed that fruits treated by PA and H_2S exhibited higher fruit firmness, chlorophyll, anthocyanin, total soluble solids (TSS), vitamin C, pH and titratable acidity (TA) accompanied by lower weight loss and chilling indices during storage at 7 °C for 21 days. In control eggplant fruits, fruit firmness (24.2%), chlorophyll (45.8%), vitamin C (34.1 %), anthocyanin content (66.2 %) and TA (44.8) decreased, and weight loss (7.5 %), TSS (8.2%) and chilling indices (4.5 %) increased during 21 storage time. The maximum fruit firmness (1.37 and 1.34 kg cm⁻²), anthocyanin content (5.02 and 4.2 mg L⁻¹) and TA (18.67 and 1.37 %), and the lowest weight loss (3.67 and 3.7 %) and chilling index (1.6 and 1.3 %) was found in fruits treated with H_2S at 3 mM and PA at 7.5 mM during storage at 7 °C for 21 days, respectively. It has been reported that texture correlates with firmness and higher firmness is a characteristic indicator of good texture during postharvest storage of fresh products. Soluble solid contents, titratable acidity (TA) and sugars have been known as important attributes contributing in overall sensory quality of fruits and vegetables. Development of the chilling injury disorder significantly reduces quality of fruits and vegetables due to diminished consumer's acceptance. So, start of chilling injury symptoms eventually becomes economically critical postharvest constraint that defines the storage life potential of the products. Decline chilling injury in responses to H_2S and PA treatments may resulted from higher ROS scavenging enzymes SOD, CAT, APX and POD activity and

1, 2, 3 and 4- Graduated M.Sc., Associate Professor and Assistant Professors, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: tbarzegar@znu.ac.ir)

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.87237

proline, phenols and flavonoids accumulation giving rise to conferring chilling tolerance.

Conclusion: According to results, PA at 7.5 mM and H₂S at 3 mM had the highest positive effect on maintain firmness and fruit quality and reducing weight loss and chilling, therefor postharvest treatment of PA and H₂S can be proposed to improve fruit quality and postharvest life during storage period.

Keywords: Anthocyanin, Chilling, Firmness, Vitamin C, Weight loss

Contents

Estimation of Melon Seed Cavity Volume Using X-Ray Computed Tomography	545
M. Aryan - M. Khojastehpour- M.R. Golzarian	
Evaluation of the Effect of Exogenous Application of Polyamines on Growth, Nut Traits and Yield of ‘Akbari’ Pistachio Trees (<i>Pistacia vera</i> L.)	561
G.H. Davarynejad- M. Nurzadeh Namaghi - A. Momen	
Nitrogen and Sulfur with Thiobacillus Bacteria Effects on Garlic Yield and Garlic Nitrate Content and some Nutrients Availability in Soil	576
M. Seilsepour	
Improving Physiological Characteristics of Grafted Cucumber under Drought Stress	591
M. Haghighi - A. Sheibanirad	
The Effect of Water Stress, Chemical and Organic Fertilizers on Biomass, Seed Yield and Root Phenolic Compounds of Purple Coneflower (<i>Echinacea purpurea</i> L.)	603
B. Soltanian - P. Rezvani Moghaddam- J. Asili	
Evaluation of the Effect of Drought Stress on Morphophysiological Characteristics of Three Populations of Balangu (<i>Lallemantia royleana</i> Benth.)	620
H. Omid -F. Pirjalili- Kh. Ahmadi	
The Effect of Ascorbic Acid on Vegetative Growth of Olive Plants cv. ‘Baghmalek’ under Water Deficit Conditions	632
N. Moallemi – E. Khaleghi- Z. Jafari zadeh	
Effect of Potassium Solubilizing Biofertilizers Application Compared to Potassium Sulfate on Growth and Some Physiological Traits of Radish (<i>Raphanus sativus</i> L.) under Drought Stress	643
A. Samadi - A. Hassani - M. Gholamhoseini	
Morphological Markers as a Tool for Investigating Genetic Diversity of Some Lime Genotypes	662
Sh. Jahangirzadeh Khiavi - B. Golein	
The Effect of Concentration and Time of Application of Humic Acid on Morpho-physiological Characteristics of <i>Spinacia oleracea</i>	678
M. Naseri - H. Arouiee - M. Mohammadi	
Investigating the Effect of Magnetic Field, Fennel (<i>Foeniculum vulgare</i>) Essential Oil and Aloe vera Gel on the Browning of Fresh-cut Apples	691
M. Mohammadian - H. Kaveh	
Investigation the Effect of Corn Zein and Wheat Gluten on Quality Characteristics and Storage Life of Grape cv. <i>rasmi Meshkin</i>	703
A.A. Shokouhian - F. Letafatt - B. Fathi-Achachlouei- A. Asghari- R. Olfatti	
Effect of Postharvest Treatments of Phenylalanine and Hydrogen Sulfide on Maintaining Quality and Enhancing Shelf life of Eggplant (<i>Solanum melongena</i> L.)	717
R. Najafi - T. Barzegar- F. Razavi- Z. Ghahremani	

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 34

No. 4

2020

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.
Arouiee, H.	Horticultural Sciences	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Khanizadeh, S.H.	Research Scientist	Bioproducts and Bioprocesses, Agriculture and Agri-Food Canada.
Davarynejad, G.H.	Horticultural Sciences	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Haghighi, M.	Horticultural Sciences	Asso. Prof. Isfahan University of Technology.
Tavakkol Afshari, R.	Seed Physiology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Azizi, M.	Medicinal Plants	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Sharifani, M.M.	Horticultural Sciences	Asso. Prof. Gorgan University of Agricultural Science & Natural Resources.
Shoor, M.	Horticultural Sciences	Asso. 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.
Zamani, Z.	Horticultural Sciences	Prof. University of Tehran, Iran

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.

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>