



عنوان مقالات

- ۱..... تأثیر سطوح آبیاری بر بهبود تحمل به تنش یخ‌زدگی در گیاه بنفشه در شرایط کنترل شده
عطیه اورعی - علی تهرانی فر - احمد نظامی - محمود شور
- ۱۵..... بررسی تأثیر خاکپوش و محلول پاشی با محرک زیستی استیمپلکس و کود دکاپ بر رشد و برخی صفات
فیزیوشیمیایی ریحان
لمیا وجودی مهربانی
- ۳۳..... ارزیابی اثر موم کارنوبا و گلیکول پتاس بر تحمل نهال پرتقال تامسون ناول در دماهای انجماد
سپیده تقی‌زاده - حسین صادقی - مهدی حدادی نژاد
- ۴۵..... بررسی اثر سطوح مختلف کود اوره و منابع مختلف کود آهن بر عملکرد کمی و کیفی به‌لیمو
(*Lippia citriodora* H. B. & K.)
مریم حیدرزاده - غلامرضا زارعی - ابوالفضل مروتی
- ۶۱..... اثر محلول پاشی قبل از برداشت سلنیم بر ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی انگور رقم فخری
(*Vitis vinifera* cv. Fakhri)
محسن مظفری - فرهنگ رضوی - ولی ربیعی - عزیزاله خیری - اکبر حسینی
- ۷۵..... بررسی اثر دو نوع زغال زیستی پوشال برنج و کلش گندم بر برخی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی
علی رضا لادن مقدم
- ۹۱..... بهبود تحمل به شوری و جذب عناصر غذایی در فلفل دلمه‌ای با کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک
محمد کاظم شفازاده شهراباکی - مهدی حسینی فرهی - غضنفر محمدی نیا
- بهبودسازی محیط کشت جهت پینه‌زایی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*) و تأثیر عصاره مخمر بر ترکیبات
آنتی‌اکسیدان
آزاده صفاریزادی - علی گنجعلی - رضا فرهوش - منیره چنایی
- ۱۰۷..... تأثیر شکل نیتروژن بر ترکیب شیمیایی و عملکرد ارقام کاهو (*Lactuca sativa* L.) در کشت بدون خاک
عاطفه بیگی هرچگانی - شهرام کیانی - علیرضا حسین‌پور
- ۱۱۹..... تأثیر کودهای زیستی و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیکی نشاء خربزه (*Cucumis melo* L.)
در شرایط تنش شوری
حسین نستری نصرآبادی - سید فرهاد صابرعلی
- ۱۳۱..... بهینه‌سازی ریزازدیادی مامیران (*Chelidonium* sp.) و بررسی میزان فنول تام در اندام‌های مختلف
آن در شرایط درون‌شیشه‌ای
مسعود قاسمی - حسین آروبی - پژمان آزادی - آتوسا علی احمدی
- ۱۴۵..... واکنش جمعیت‌های خربزه ایرانی به شرایط کم آبیاری
محمد رضا نارویی راد - بهنام بخشی - جهانگیر عباسی کوهپالکانی - احمد قاسمی - منصور فاضلی رستم‌پور
- ۱۶۱..... ارزیابی اثر پیش تیمارهای خشکی و سرما بر رشد، نمو و میزان عملکرد گوجه‌فرنگی
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) در شرایط مزرعه
فردین قبری - محمد سیاری
- ۱۷۱..... تأثیر رژیم آبیاری و هرس سبز بر برخی صفات کیفی، فیزیولوژیک و عملکرد انگور رقم یاقوتی
منصور فاضلی رستم‌پور

Contents

- The Effect of Irrigation Levels on Improvement of Cold Tolerance in Viola Plants under Controlled Conditions..... 14
A. Oraee - A. Tehranifar- A. Nezami- M. Shoor
- The Effect of Plastic Soil Cover, Dekap and Estimplex Foliar Application on Growth and Some Physio-chemical Characteristics of *Ocimum basilicum* L. 32
L. Vojodi Mehrabani
- Evaluation of Thamson- Navel Orange Young Trees Resistance to Freezing, Using Carnauba Wax and Glycol Potash..... 44
S. Taghizadeh - H. Sadeghi- M. Hadadinejad
- The Effect of Different Levels of Urea and Iron Fertilizer Resources on Yield and Quality of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* H. B. K.)..... 59
M. Heidarzadeh - Gh. Zarei- A. Morovvati
- Effect of Preharvest Spraying of Selenium on Qualitative and Biochemical Characteristics of Grape cv. Fakhri (*Vitis vinifera* cv. Fakhri)..... 74
M. Mozaffari - F. Razavi-V. Rabiei- A. Kheiry-A. Hassani
- Investigating the Effect of Wheat and Rice Straw Biochars on Some Strawberry (*Fragaria×ananasa*) Characteristics 89
A. Ladan Moghadam
- Improvement of Salt Tolerance and Nutrient Absorption in Pepper (*Capsicum annum*) Through Application of Salicylic Acid and Humic Acid 106
M.K. Shefazadeh Shahreabaki - M. Hosseinifarahi- Gh. Mohamadineia
- Culture Optimization for *In Vitro* Callogenesis in Purslane (*Portulaca oleracea*) and Effect of Yeast Extract on Antioxidant Compounds 118
A. Saffaryazdi - A. Ganjeali- R. Farhoosh- M. Cheniany
- The Effect of Nitrogen Form on Chemical Composition and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Cultivars in Soilless Culture..... 130
A. Beigi Harchegani - Sh. Kiani- A.R. Hosseinpur
- Effect of Bio-fertilizer and Salicylic Acid on Some Physiological Traits of Melon under Salinity Stress 144
H. Nastari Nasrabadi - S.F. Saberali
- Optimization of Micropropagation of *Chelidonium majus* L. and Study on Total Phenol Content in Different Organs *In Vitro* Conditions..... 159
M. Ghasemi - H. Arouiee- P. Azadi- A. Ali Ahmadi
- Response of Iranian Melon Populations to Deficit Irrigation Condition 169
M.R. Naroui Rad - B. Bakhshi- J. Kohpalekani Abbasi- A. Ghasemi- M. Fazeli Rostampour
- Evaluation of Drought and Cold Treatments on Growth and Yield of Tomato in Field Conditions 183
F. Ghanbari - M. Sayyari
- The Effect of Irrigation Regime and Green Pruning on Some Qualitative, Physiological Traits and Yield of Yaghooti Grape 196
M. Fazeli Rostampour

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

بهار 1399

شماره 1

جلد 34

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
سر دبیر: 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)
چاپ: چاپخانه 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

- 1 تأثیر سطوح آبیاری بر بهبود تحمل به تنش یخزدگی در گیاه بنفشه در شرایط کنترل شده
عطیه اورعی - علی تهرانی فر - احمد نظامی - محمود شور
- 15 بررسی تأثیر خاکپوش و محلول پاشی با محرک زیستی استیمپلکس و کود دکاپ بر رشد و برخی صفات فیزیوشیمیایی ریحان
لمیا وجودی مهربانی
- 33 ارزیابی اثر موم کارنوبا و گلیکول پتاس بر تحمل نهال پرتقال تامسون ناول در دماهای انجماد
سپیده تقی‌زاده - حسین صادقی - مهدی حدادی نژاد
- 45 بررسی اثر سطوح مختلف کود اوره و منابع مختلف کود آهن بر عملکرد کمی و کیفی به‌لیمو (*Lippia citriodora* H. B. & K.)
مریم حیدرزاده - غلامرضا زارعی - ابوالفضل مروتی
- 61 اثر محلول پاشی قبل از برداشت سلنیم بر ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی انگور رقم فخری (*Vitis vinifera* cv. Fakhri)
محسن مظفری - فرهنگ رضوی - ولی ربیعی - عزیزاله خیری - اکبر حسینی
- 75 بررسی اثر دو نوع زغال زیستی پوشال برنج و کلش گندم بر برخی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی
علی رضا لادن مقدم
- 91 بهبود تحمل به شوری و جذب عناصر غذایی در فلفل دلمه‌ای با کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک
محمد کاظم شفازاده شهربابکی - مهدی حسینی فرهی - غضنفر محمدی نیا
- 107 بهینه‌سازی محیط کشت جهت پینه‌زایی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*) و تأثیر عصاره مخمر بر ترکیبات آنتی‌اکسیدان
آزاده صفاریزدی - علی گنجعلی - رضا فرهوش - منیره چینیانی
- 119 تأثیر شکل نیتروژن بر ترکیب شیمیایی و عملکرد ارقام کاهو (*Lactuca sativa* L.) در کشت بدون خاک
عاطفه بیگی هرچگانی - شهرام کیانی - علیرضا حسین‌پور
- 131 تأثیر کودهای زیستی و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیکی نشاء خربزه (*Cucumis melo* L.) در شرایط تنش شوری
حسین نستری نصرآبادی - سید فرهاد صابرعلی
- 145 بهینه‌سازی ریزازدبادی مامبران (*Chelidonium* sp.) و بررسی میزان فنول تام در اندام‌های مختلف آن در شرایط درون‌شیشه‌ای
مسعود قاسمی - حسین آروبی - پژمان آزادی - آنوسا علی احمدی
- 161 واکنش جمعیت‌های خربزه ایرانی به شرایط کم آبیاری
محمد رضا ناروئی راد - بهنام بخشی - جهانگیر عباسی کوهپالکانی - احمد قاسمی - منصور فاضلی رستم‌پور
- 171 ارزیابی اثر پیش تیمارهای خشکی و سرما بر رشد، نمو و میزان عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در شرایط مزرعه
فردین قنبری - محمد سیاری
- 185 تأثیر رژیم آبیاری و هرس سبز بر برخی صفات کیفی، فیزیولوژیک و عملکرد انگور رقم یاقوتی
منصور فاضلی رستم‌پور



مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر سطوح آبیاری بر بهبود تحمل به تنش یخ‌زدگی در گیاه بنفشه در شرایط کنترل شده

عطیه اورعی^۱ - علی تهرانی فر^{۲*} - احمد نظامی^۳ - محمود شور^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۲

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر تحمل به یخ‌زدگی گیاهان بنفشه، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۴ انجام شد. عوامل آزمایش شامل سه سطوح آبیاری (۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و ۱۰ سطح دمایی (۲۰، صفر، ۳-، ۶-، ۹-، ۱۲-، ۱۵-، ۱۸-، ۲۱- و ۲۴- درجه سانتی‌گراد) بود. گیاهان پس از گذراندن دوره خوسرمایی در معرض تیمارهای آبیاری قرار گرفتند و سپس برای تنش یخ‌زدگی به فریزر ترموگرادیان انتقال یافتند. نتایج نشان داد که هر چند با کاهش دما درصد نشت الکترولیت‌ها در گیاهان هر سه تیمار آبیاری افزایش یافت، اما میزان آن در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به دو تیمار دیگر به ترتیب ۳۲ و ۱۰ درصد بیشتر بود. گیاهان تحت تیمار (به جز ۸۰ درصد ظرفیت زراعی) توانستند کاهش دما تا ۲۱- درجه سانتی‌گراد را تحمل کنند. تیمارهای ۸۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد بیشترین و کمترین (به ترتیب ۷۴ و ۴۲ درصد) کاهش سطح برگ را نسبت به تیمار شاهد داشتند. اجزاء زایشی به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای دمایی و آبیاری قرار گرفتند. گیاهان تحت تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در دمای صفر درجه سانتی‌گراد بیشترین افزایش (به ترتیب ۵۵، ۶۲ و ۶۴ درصد) وزن خشک اجزاء رویشی، زایشی و کل را نسبت به شاهد به خود اختصاص دادند. وجود همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد بقاء و دمای کشته ۵۰ درصد گیاهان براساس درصد بقاء (LT_{50su}) مشاهده شد ($r = -0.95^{**}$). نتایج همچنین نشان داد که در گیاهان، با کاهش درصد نشت الکترولیت‌ها، دمای کشته ۵۰ درصد نمونه‌ها بر اساس نشت الکترولیت‌ها (LT_{50el}) و دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک گیاه ($RDMT_{50}$) به طور معنی‌داری کاهش یافته است. با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد که با اعمال تیمار آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مقاومت گیاهان بنفشه در برابر تنش یخ‌زدگی افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: بقاء زمستانه، تغییرات اقلیمی، دمای کشندگی، مقاوم‌سازی، یخ‌زدگی

مقدمه

می‌شود)، همچنین پسابیدگی زمستانه (که در این حالت خاک منجمد است، در حالی که دمای هوا افزایش می‌یابد و گیاه در معرض تشعشع خورشید و افزایش تعرق قرار دارد) رشد و نمو و بقاء زمستانه گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۳۵).

توانایی گیاهان مختلف در تحمل به دمای پایین بسیار متفاوت است با این وجود برای تضمین بقاء گیاهان در شرایط زمستان وجود مکانیسم‌های سازگار کننده ضروری است و از جمله مهم‌ترین مکانیسم‌های شناخته شده در این خصوص می‌توان به خوسرمایی اشاره داشت (۱۸). ایجاد خوسرمایی در گیاه از طریق تغییر در ترکیب چربی‌های غشاء پلاسمائی، تجمع ترکیبات محافظت کننده نظیر کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه یا سایر اسمولیت‌ها و القاء فعالیت ژن های جدید سبب افزایش مقاومت گیاه به سرمای زمستانه می‌شود (۱۱). تغییر آبیاری و تنش خشکی یکی دیگر از مکانیسم‌هایی که جهت افزایش تحمل به یخ‌زدگی استفاده می‌گردد. اعتقاد بر این است که تنش سبب بهبود مقاومت گیاهان به تنش‌های دمایی می‌شود

بنفشه (*Viola × wittrockiana*) گیاهی چند ساله است که به صورت یکساله کشت می‌شود و متعلق به خانواده Violaceae می‌باشد. این گیاه به صورت علفی رشد می‌کند (۱۴). بنفشه بهترین رشد را در دمای ۴-۱۳ درجه سانتی‌گراد داشته از این رو دماهای یخ‌زدگی زمستانه نقش مهمی در ماندگاری آن دارند (۶). در اغلب نواحی معتدله عواملی مانند یخ‌زدگی، چرخه‌های ذوب و یخ (که به دلیل کاهش و افزایش دمای محیط ایجاد می‌شود)، تشکیل لایه‌های یخ روی گیاه و خاک (که موجب بروز شرایط غیرهوازی در گیاه

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانش آموخته دکتری، استاد و دانشیار گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.64594

(۵). جیانگ و هانگ (۱۳) در تحقیقی نشان دادند که تنش خشکی سبب افزایش مقاومت به دمای زیاد به دلیل افزایش رشد ریشه و تنظیمات اسمزی در چمن پوا (*Kentucky bluegrass*) گردید. نتایج آزمایش هافمن و همکاران (۱۱) بر اثر پیش تیمار تنش خشکی بر مقاومت به یخزدگی در دوشرايط دریافت تیمار خوسرمایی (۲ درجه سانتی گراد) و عدم دریافت خوسرمایی (۲۰ درجه سانتی گراد) در دو رقم چمن لولوم (*Lolium perenne*) نشان داد که پیش تیمار تنش خشکی سبب افزایش مقاومت به یخزدگی (کمترین LT_{50}) در رقم بوکانیر (*Buccaneer*) گردید اما بر رقم سانکیسد (*Sunkissed*) تأثیری نداشت. مدیرز و پوکمن (۱۹) اثر تیمارهای خشکی را بر گیاه بوته قطران (*Larrea tridentate*) بررسی نمودند و نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب افزایش مقاومت به یخزدگی در برگها گردید و همچنین بعد از تنش یخزدگی، مرگ سلولی در گیاهانی که در معرض تنش خشکی بودند کمتر از گیاهانی که آبیاری کامل دریافت کردند، بود. در هر دو تیمار آبیاری گیاهان در دمای ۲۴- درجه سانتی گراد از بین رفتند. در گیاه توت فرنگی نتایج مورد بررسی نشان داد که تنش آبی و دمای کم دو کلید اساسی در سازگاری به یخزدگی به شمار می آیند، زیرا در طبیعت با کاهش دما در گیاهان تنش خشکی اعمال می گردد و پتانسیل آب برگ کاهش می یابد. درحالی که هر دو فاکتور دما و آبیاری در سازگاری به دمای کم نقش دارند، اما به نظر می رسد در این گیاه تنش آبی نقش مهم تری را در مقاومت به یخزدگی ایفا می کند. تیمار خوسرمایی گیاهان به مدت دو هفته سبب افزایش مقاومت به یخزدگی از ۱۴ درجه تا ۲۰- درجه سانتی گراد گردید در حالی با حذف تیمار تنش خشکی گیاهان فقط تا ۵ درجه سانتی گراد مقاوم بودند که این نشان دهنده نقش مهم تنش خشکی در سازگاری به دمای کم می باشد (۳۲).

در تنش سرما فعالیت غشاء مختل می گردد، به همین دلیل اندازه گیری نشت الکترولیت ها از بافت های گیاهی پس از اعمال تنش یخزدگی، به عنوان یک روش مناسب برای تخمین میزان خسارت سرما در گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است و دمایی که سبب ۵۰ درصد نشت از سلول های گیاهی می شود به عنوان دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50el}) پیشنهاد شده است (۲۹). در مطالعه ای تحمل به یخزدگی گونه های زویشیاگراس (*Zoysia spp.*) مورد آزمایش قرار گرفت و مشاهده شد که دامنه دمای پنجاه درصد کشندگی بر اساس درصد نشت الکترولیت ها در آن ها بین ۱/۹- تا ۱۰/۴- درجه سانتی گراد با میانگین LT_{50} 11.77 ± 6.4 درجه سانتی گراد) بود و بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در گونه های *Z. japonica* (متحمل) مشاهده شد

(۳۷). از آنجایی که تنش یخزدگی منجر به کاهش درصد بقاء (۳۳) می شود، لذا تعیین دمایی که منجر به کاهش ۵۰ درصدی در بقاء (LT_{50su}) گیاهان می گردد، شاخص مناسب دیگری برای بهگزینی انواع متحمل ذکر شده است (۳۸). موسوی و همکاران (۲۲) تحمل به یخزدگی گیاه زینتی مینای چمنی (*Bellis perenis*) را بر اساس شاخص درصد بقاء و LT_{50su} مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که با کاهش دما به کمتر از ۱۶- درجه سانتی گراد درصد بقاء گیاهان کاهش یافت و میزان LT_{50su} گیاه نیز ۱۷- درجه سانتی گراد بود. اعتقاد بر این است که درصد بقاء و LT_{50su} به تنهایی نمی تواند معیار معتبر و مناسبی برای تشخیص و معرفی ارقام متحمل باشد. عبارتی ممکن است یک نمونه گیاهی LT_{50su} خوبی (به لحاظ این شاخص متحمل تر باشد) داشته باشد، ولی لزوماً زیست توده مناسبی تولید نکند، از این رو تعیین دمایی که سبب کاهش ۵۰ درصد وزن خشک گیاه ($RDMT_{50}$) می شود، مد نظر قرار گرفته است (۲۹). در بررسی بر تحمل به سرمای دیررس بهاره گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) از نظر $RDMT_{50}$ تفاوت معنی داری بین اکوتیپ ها وجود داشت، بطوری که اکوتیپ های سبزوار و بیرجند کمترین و اکوتیپ فردوس بیشترین مقدار را به لحاظ این شاخص داشتند. در مطالعه مذکور، اکوتیپ های سبزوار و فردوس به لحاظ LT_{50su} نیز به ترتیب بعنوان مقاوم ترین و حساس ترین اکوتیپ ها شناخته شدند (۱۵).

بنفشه گیاهی با اهمیت اقتصادی فراوان است که بیشتر به عنوان یک محصول فصل سرد کاربرد دارد و یکی از عوامل محدود کننده رشد این گیاه، افزایش دما طی فصول سرد و به دنبال آن ایجاد تنش خشکی است. از طرف دیگر در گذشته در زمستان به علت کاهش تبخیر و تعرق و وجود رطوبت نسبی مناسب گیاهان نیاز به آبیاری کمتری داشتند اما پراکنش متفاوت و تغییر مدت این دوره ها در زمستان تغییر کرده است و سرما به دوره های کوتاه مدتی تبدیل گردیده اند. از آنجایی که متغیرهای دما و بارش عوامل موثری در مطالعه تغییر اقلیم به شمار می روند مطالعات انجام گرفته نیز بیشتر بر محور این دو متغیر متمرکز بود و این سؤال را برای متصدیان فضای سبز به وجود آورده که آیا باید این گیاهان را در زمستان آبیاری نمود؟. بنابراین در این پژوهش اثرات متقابل تنش خشکی و یخزدگی در برخی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه بنفشه تحت شرایط کنترل شده ارزیابی گردید.

مواد و روش ها

2- Lethal temperature 50 according to the plant survival percentage
3- Reduced dry matter temperature 50

1 -Lethal temperature 50 according to electrolyte leakage percentage

نشت الکترولیت‌ها با استفاده از دستگاه EC متر (مدل - Jenway) اندازه‌گیری شد (EC_1). به منظور اندازه‌گیری میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، ویال‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو، با فشار ۱/۵ مگاپاسکال و دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد، قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها به مدت شش ساعت روی شیکر قرار گرفته و پس از آن نشت الکترولیت‌ها (EC_2) اندازه‌گیری شد. درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد (۳۱).

$$EL\% = \frac{E_1}{E_2} \times 100 \quad (2)$$

در این معادله $EL\%$ ، EC_1 و EC_2 به ترتیب نشان دهنده‌ی درصد نشت الکترولیت‌ها، نشت الکترولیت اولیه و نشت الکترولیت نهایی می‌باشند.

جهت تعیین درصد بقاء و بازیافت، گلدان‌های حاوی نمونه‌های گیاهی به گلخانه منتقل شده و پس از حدود ۴ هفته رشد مجدد آن‌ها ارزیابی شد (۹). درصد بقاء گیاهان از طریق شمارش تعداد بوته زنده در هر گلدان و از طریق معادله (۳) محاسبه شد.

$$SU\% = \frac{A}{B} \times 100 \quad (3)$$

در این معادله A و B به ترتیب گیاهان قبل از تیمار دمایی و تعداد گیاهان زنده بعد از دوره ریکاوری می‌باشد.

همزمان صفات دیگری نظیر سطح برگ و اندام‌های زایشی (گل و غنچه) ثبت شد. وزن خشک اندام رویشی (ساقه و برگ)، اندام زایشی (تعداد گل، غنچه و کپسول)، ریشه و وزن خشک کل گیاهان نیز پس از ۴۸ ساعت قرار گرفتن در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد.

به منظور محاسبه دمای ۵۰ درصد کشندگی بر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها، از روش اندرسون و همکاران (۱) از معادله (۴) استفاده شد.

$$ELp = ELi + \left\{ \frac{ELm - ELi}{(1 + e^{-B(T - T_m)})} \right\} \quad (4)$$

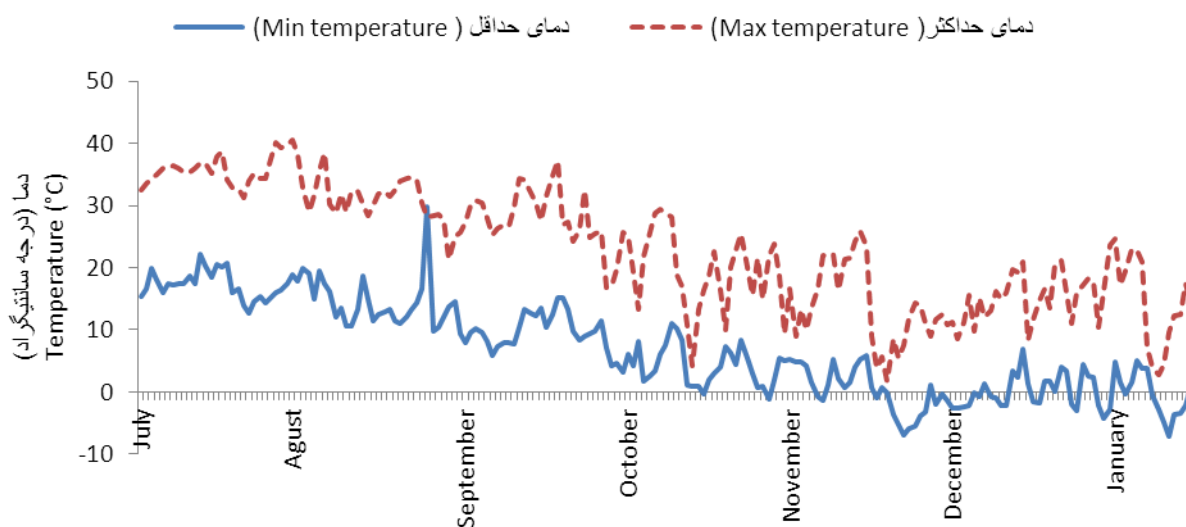
که در این معادله ELp : میزان نشت الکترولیت پیش‌بینی شده، ELi : حداقل مقدار نشت الکترولیت در دماهای مختلف، ELm : حداکثر نشت الکترولیت در دماهای مختلف، e : عدد نپر، B : سرعت افزایش شیب منحنی، T : دما و T_m : نقطه عطف منحنی (نقطه میانی بین نقاط حداقل و حداکثر منحنی و نشان‌دهنده خروج ۵۰ درصد الکترولیت‌ها از سلول) می‌باشد. LT_{50su} و $RDMT_{50}$ نیز به ترتیب با استفاده از رسم نمودار درصد بقاء و وزن خشک گیاهان در مقابل دماهای یخ‌زدگی و تعیین دمایی که سبب کاهش ۵۰ درصدی صفت مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد شده بود، تعیین گردیدند. محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای SAS JMP 13.2، Excel و Slidewrite انجام شد و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند.

این آزمایش در سال ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. عوامل آزمایش شامل سه تیمار آبیاری (۸٪، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و ده سطح دمایی (۲۰، صفر، ۳-، ۶-، ۹-، ۱۲-، ۱۵-، ۱۸-، ۲۱-، ۲۴- درجه سانتی‌گراد) بود. این آزمایش شامل ۹۰ گلدان، و هر گلدان حاوی ۵ گیاه بود. پس از کشت بذور بنفشه (*Viola × wittrockiana* Iona Gold with Blotch) در مرداد ماه در خزانه، گیاهان پنج برگی در آبان ماه به گلدان‌هایی با طول ۱۷ و قطر ۱۶ سانتی‌متر حاوی خاک مزرعه، ماسه و کود حیوانی، منتقل شدند. گیاهان در شرایط آب‌وهوای طبیعی رشد یافته و با سرما خو گرفتند (دمای حداقل و حداکثر تابستان، پاییز و زمستان سال آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است). با ظهور گل‌ها تیمار تنش خشکی به مدت دو هفته با استفاده از روش وزنی اعمال گردید. میزان رطوبت وزنی برای وضعیت زراعی (FC)^۱ بر اساس معادله (۱) محاسبه شد (۴).

$$FC = \frac{A - B}{B} \times 100 \quad (1)$$

در این معادله A: وزن خاک مرطوب پس از خروج آب ثقلی و B: وزن خاک خشک شده در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت می‌باشد.

سپس برای اعمال تیمارهای یخ‌زدگی به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش پنج درجه سانتی‌گراد بود که پس از قرار دادن نمونه‌ها در آن دما با سرعت دو درجه سانتی‌گراد در ساعت کاهش یافت. جهت جلوگیری از پدیده فراسرما و ایجاد هستک یخ در گیاهان و اطمینان از اینکه مکانیزم از نوع تحمل است و نه اجتناب، در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد اسپری (Ice INAB) nucleation active bacteria بر روی نمونه‌های مربوط به تیمارهای دمایی کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد به نحوی انجام شد که سطح گیاه را قشری نازک از این محلول پوشاند. جهت ایجاد تعادل در دمای محیط و اطمینان از قرار گرفتن گیاهان در معرض دماهای مورد نظر، گیاهچه‌ها در هر تیمار دمایی به مدت یک ساعت نگهداری (۲۸) و سپس از فریزر خارج و به منظور جلوگیری از ذوب شدن سریع به اتاقک سرد با دمای 2 ± 5 منتقل و بمدت ۱۲ تا ۲۴ ساعت نگهداری شدند. به منظور تعیین پایداری غشاء پلاسمایی از روش اندازه‌گیری نشت یونی استفاده شد. به این منظور برای هر تیمار دمایی پنج برگ جوان کاملاً توسعه یافته از پنج گیاه انتخاب و در ویال‌های حاوی ۴۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر در شرایط محیطی آزمایشگاه قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها روی شیکر قرار گرفته و بعد از شش ساعت



شکل ۱- تغییرات دمای حداقل و حداکثر روزانه در تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۹۴
Figure 1- Variation of daily minimum and maximum temperature during summer, autumn and winter, 2015

نتایج و بحث

اثر متقابل تنش خشکی و دما بر درصد نشت الکترولیت‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱)، به‌طوری که تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حداقل و در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد حداکثر میزان نشت الکترولیت‌ها را داشت. هر چند با کاهش دما درصد نشت الکترولیت‌ها در گیاهان هر سه تیمار آبیاری افزایش یافت، اما این افزایش در تیمار ۸۰٪ ظرفیت زراعی نسبت به دو تیمار دیگر در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۱۶ و ۲/۸ درصد بیشتر بود. شیب افزایش نشت الکترولیت‌ها در تیمارهای ۶۰ درصد و ۴۰ درصد کمتر از تیمار ۸۰ درصد بود. رسیدن به حداکثر درصد نشت الکترولیت‌ها نیز در همه تیمارها در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد رخ داد (شکل ۲). در بررسی اثر تنش یخ‌زدگی بر گیاه گوارا (Guara coccinea) نیز مشخص گردید که با کاهش دمای یخ‌زدگی درصد نشت الکترولیت‌ها افزایش می‌یابد، درصد نشت الکترولیت‌ها در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد ۵۴ درصد بیش‌تر از دمای صفر درجه سانتی‌گراد بوده است (۳۱). ژوان و همکاران (۳۷) دمایی را که در آن ۵۰ درصد نشت الکترولیت‌ها اتفاق می‌افتد، به عنوان دمای ۵۰ درصد کشندگی بر اساس نشت الکترولیت‌ها (LT_{50el}) مورد استفاده قرار دادند. در مطالعه حاضر، از نظر شاخص ذکر شده نیز بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی دارای کمترین LT_{50el} بود اما مقدار آن در دو تیمار ۸۰ درصد و ۴۰

درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۳/۳ و ۶/۶ درجه سانتی‌گراد نسبت به تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش یافت (جدول ۴). از آنجایی که تنش سرما سبب اختلال در غشای سلولی و بدنبال آن نشت الکترولیت‌ها از سلول می‌شود لذا اندازه‌گیری نشت معیار قابل قبولی برای مقاومت به تنش یخ‌زدگی می‌باشد (۲۱). در بررسی حاضر با کاهش دما از ۲۰ به ۲۴- درجه سانتی‌گراد میزان نشت الکترولیت‌ها به دلیل آسیب غشاء افزایش یافت. نتایج آزمایش حاضر با نتایج نظامی و همکاران (۲۴) که نشان دادند که در گیاهان تحت تنش، شیب نشت منحنی درصد نشت الکترولیت‌ها در مقابل دماهای یخ‌زدگی افزایش می‌یابد، مطابقت دارد. در برگ‌های زنده آسیب‌های مکانیکی به دلیل تشکیل هسته‌های یخ درون سلول سبب مرگ سلول یا آسیب بر میزان فتوسنتز برگ می‌شود (۳۰)، از طرفی سلول‌های گیاهی در طول تنش یخ‌زدگی به خشکی آداپته می‌گردند بنابر این سلول‌ها به تغییرات بیشتر در اثر تشکیل هسته‌های یخ در تنش یخ‌زدگی مقاوم‌تر می‌گردند زیرا خشکی با تنظیمات اسمزی سبب تغییرات خواص غشاء می‌شود (۳۴). نتایج نشان داد که تیمار آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی سبب کاهش میزان نشت الکترولیت‌ها گردید و از طرفی با کاهش LT_{50el} مقاومت به تنش یخ‌زدگی افزوده گردید که این نتایج با نتایج هافمن و همکاران (۱۱) که نشان دادند در اثر اعمال تنش خشکی گیاهانی با LT_{50} کمتر در برابر تنش یخ‌زدگی مقاوم‌تر بودند، تطابق داشت

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد نشت الکترولیت، درصد بقاء و رشد مجدد گیاهان بنفشه تحت تیمارهای آبیاری و دمایی
Table 1- ANOVA (mean of squares) of the electrolyte leakage (%), survival (%) and traits related to regrowth of viola plants under irrigation and temperature treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	بقاء Survival (%)	سطح برگ Leaf area	تعداد گل Number of flower	تعداد غنچه Number of bud	وزن خشک Dry weight			کل Total
							رشد رویشی Vegetative growth	رشد زایشی Reproductive growth	ریشه Root	
آبیاری Irrigation	2	71.1**	1098**	1661**	10.4**	8.74**	4924934**	4763174**	104970**	20028459**
دما Temperature	9	214**	9868**	7325**	48.4**	40.8**	11437871**	6482471**	44746**	43004588**
آبیاری×دما Irrigation×Temperature	18	4.8**	599**	67.4**	2.7**	2.30**	217467**	287026**	8994**	819495**
خطا Error	60	0.2	31.1	5.1	0.8	0.8	82001	38304	946	115612
ضریب تغییرات CV (%)		3.99	6.68	4.66	18.8	9.64	11.3	11.7	8.31	7.18

** : نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

**: Represents a significant at 1% probability level

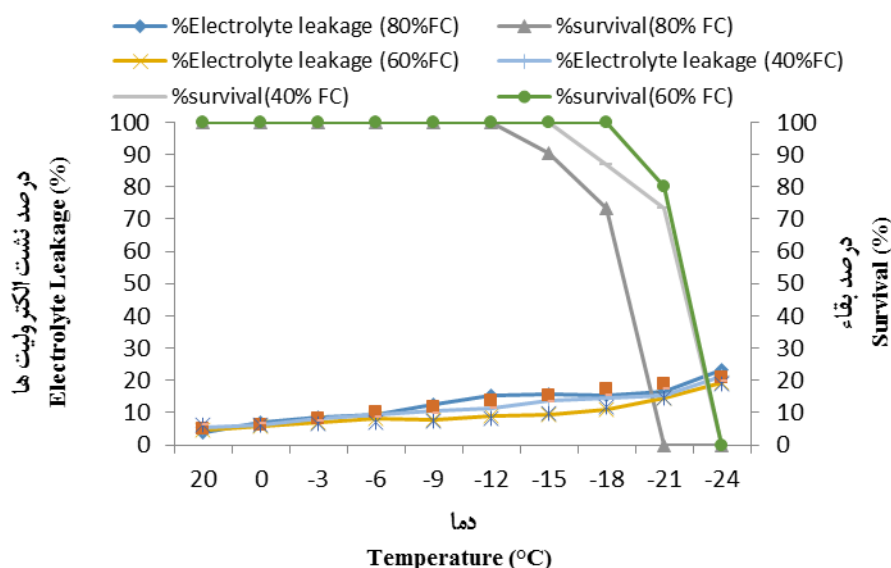
نشت الکترولیت‌ها، درصد بقاء گیاهان را کاهش داده است. از طرفی بین تنش‌های محیطی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد بنحویکه گیاهان در مقابله با تنش‌ها برای بقاء خود، ترکیبات ثانویه‌ای را تولید می‌نمایند و به نظر می‌رسد گیاهان تحت تنش خشکی ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی با تولید این ترکیبات ثانویه (پرویلین) و تنظیمات اسمزی اثرات منفی تنش یخ‌زدگی را تخفیف داده‌اند زیرا تنظیمات اسمزی در طی تنش خشکی باعث کاهش دمای یخ‌زدگی شیره سلولی می‌گردد (۱۷) و از طرفی سوپرکولینگ سلول‌ها تا دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد ادامه می‌یابد درحالی که یخ‌زدگی آپوپلاست در دماهای نزدیک به صفر درجه سانتی‌گراد حاصل می‌شود (۱۹).

اثرات متقابل تیمار آبیاری و دمایی بر دمای ۵۰ درصد کشندگی براساس درصد بقاء معنی‌دار بود. گیاهان تحت تیمارهای ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی دارای کمترین LT_{50su} بودند. با کاهش تنش خشکی در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به دو تیمار دیگر LT_{50su} به ترتیب ۳، ۲/۹ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (جدول ۴). بین درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء گیاهان بنفشه همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -0.77^{**}$) مشاهده شد (جدول ۵) و لذا با افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها، مرگ و میر گیاهان افزایش یافته است. موسوی و همکاران (۲۲) نیز در بررسی تحمل به یخ‌زدگی گیاه زینتی مینا چمنی بیان کردند بین درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء رابطه منفی وجود داشت. با وجود این در شرایطی که ۵۰ درصد نشت الکترولیت‌ها به وقوع پیوسته است، هیچ گونه مرگ و میری در سه تیمار آبیاری رخ نداده، بلکه نشت الکترولیت‌ها به میزان ۴۲، ۴۸ و ۴۶ درصد به ترتیب در گیاهان تحت تیمار ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد منجر به کاهش ۵۰ درصدی بقاء گیاهان شده است (شکل ۲). گیاهان بنفشه

اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و دمایی بر درصد بقاء گیاهان معنی‌داری بود (جدول ۱). گیاهان در سه تیمار آبیاری تا دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد کاملاً زنده ماندند اما در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش دما به ۲۱- درجه سانتی‌گراد سبب مرگ تمام گیاهان شد اما بقاء دو تیمار دیگر در این دما به ترتیب ۸۰ و ۷۳ درصد بود. در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی گیاهان تا ۱۸- درجه سانتی‌گراد کاملاً زنده ماندند اما بقاء در دو تیمار دیگر به ترتیب ۲۷ و ۱۳ درصد کاهش یافت (شکل ۲). کیم و اندرسون (۱۶) در بررسی اثر تنش یخ‌زدگی بر گیاه زینتی داوودی (*Dendranthema grandiflora* Tzvelv.) مشاهده کردند که دماهای یخ‌زدگی تأثیر معنی‌داری بر درصد بقاء گیاهان داشت و با کاهش دما درصد بقاء نیز کم شد، بطوریکه در دماهای ۱۰- و ۱۲- درجه سانتی‌گراد درصد بقاء به ترتیب ۴۶ و ۵۳ درصد کمتر از دمای ۶- درجه سانتی‌گراد بود. ایشان بیان کردند که درصد بقاء بسته به ژنوتیپ گیاهان متفاوت بود. هر چه تحمل به تنش یخ‌زدگی کمتر باشد کاهش دما آسیب بیشتری به گیاهان وارد می‌کند و در نتیجه درصد بقاء نیز کمتر خواهد شد. به طور کلی روش مناسب برای ارزیابی مقاومت گیاهان به سرما، قرار دادن گیاهان در دماهای یخ‌زدگی و تعیین بقاء آن‌ها در برابر دماهای یخ‌زدگی بعد از سه هفته دوره رشد مجدد می‌باشد (۹). نتایج نشان داد که با کاهش بیشتر دما از درصد بقاء گیاهان کاسته شد. از طرفی بین درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء گیاهان رابطه معکوسی وجود دارد بنحویکه با افزایش میزان درصد نشت از بافت‌های گیاهان تحت تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی از میزان بقاء گیاهان در برابر دماهای یخ‌زدگی کاسته شد. به نظر می‌رسد که حضور آب در خاک سبب تشکیل هسته‌های یخ بعد از تیمارهای دمایی شده است و با افزایش درصد

با LT_{50su} منفی تر تحمل بیشتری به دماهای یخ زدگی نسبت به گیاهان با LT_{50su} بالاتر دارند در آزمایش حاضر، سطوح آبیاری ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی با دارا بودن حداکثر درصد بقاء در دمای ۵۰ درصد کشندگی می توانند به عنوان تیمارهایی برای افزایش مقاومت به یخ زدگی انتخاب شوند، که نتایج این آزمایش مطابق با نظرات کیم و اندرسون (۱۶) می باشد. وجود همبستگی بسیار قوی و منفی بین

LT_{50su} و درصد بقاء نشان دهنده این است که گیاهانی با LT_{50su} منفی تر از بالاترین درصد بقاء پس از دوره رشد مجدد برخوردارند (جدول ۵). در آزمایش حاضر، گیاهانی که تحت تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی قرار داشتند بالاتر بودن میزان LT_{50su} سبب کاهش درصد بقاء و کاهش مقاومت به سرما گردید.



شکل ۱- اثر متقابل آبیاری × دما بر درصد نشت الکترولیت ها (منحنی برازش داده شده) پس از اعمال تیمار آبیاری و دمایی و درصد بقاء گیاه بنفشه پس از یک ماه بازیافت در شرایط گلخانه

مقدار LSD در سطح احتمال ۱ درصد برای درصد نشت الکترولیت ها و درصد بقاء به ترتیب ۱/۰۶ و ۱۳/۱ است.

Figure 1- Effect of irrigation × temperature on electrolyte leakage percentage (fitted curve) after applying temperature treatment and survival percentage viola plant after one month recovery in greenhouse conditions
LSD value for electrolyte leakage percentage and survival percentage is 1.06 and 13.1, respectively.

یخ زدگی (صفر، ۴-، ۸-، ۱۲-، ۱۶- و ۲۰- درجه سانتی گراد) قرار گرفتند، در دمای ۱۶- درجه سانتی گراد بیشترین کاهش سطح برگ مربوط به رقم MV-17 و به میزان ۹۸ درصد نسبت به دمای صفر بود (۸). در بررسی تاپا و همکاران (۳۶) بر روی یونجه یکساله (*M. truncatula*) و ارکولی و همکاران (۷) در بررسی سورگوم (*Sorghum bicolor*) نیز مشاهده شد که کاهش دما سبب کاهش سطح برگ گیاهان شده است. در تمام تیمارهای آبیاری با کاهش بسیار دما به زیر ۹- درجه سانتی گراد سطح برگ گیاهان نیز کاهش یافت، اما این کاهش بسته به نوع تیمار آبیاری متفاوت بود. دو تنش خشکی و یخ زدگی در بسیاری از گیاهان به طور مجزا مورد بررسی قرار گرفته است اما اثرات متقابل این دو پاسخ های متفاوتی را در گیاه بنفشه در برداشت. کاهش سطح برگ در گیاهان تحت آبیاری کامل (۸۰ درصد ظرفیت زراعی) به دلیل از بین رفتن تعداد برگ ها در اثر

سطح برگ گیاهان به طور معنی داری تحت اثرات متقابل تیمار آبیاری و دمایی قرار گرفت (جدول ۱). هرچند کاهش دما از شاهد به صفر درجه سانتی گراد منجر به افزایش سطح برگ در تمامی تیمارهای آبیاری شد، اما بیشترین افزایش در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی (۶۷ درصد) و کمترین آن در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی (۴۳ درصد) مشاهده شد. تیمارهای ۴۰ و ۶۰ درصد در دمای ۲۱- درجه سانتی گراد نسبت به دمای شاهد به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش سطح برگ (۷۸ و ۴۹ درصد) را داشتند، درحالی که گیاهان تحت تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی در شرایط مشابه از بین رفتند (جدول ۲). متوالی و همکاران (۲۰) نشان دادند در گیاهان همیشه بهار تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی نسبت به سایر تیمارهای تنش خشکی موجب افزایش سطح برگ گیاهان شد، از طرفی در مطالعه ای بر روی ارقام گندم (*Triticum aestivum*) که در معرض شش تیمار

اندام‌های زایشی در پایان دوره ریکاوری کاسته گردید. همچنین بین درصد بقاء و این شاخص رابطه مثبتی ثبت گردید بنحوی که با افزایش درصد بقاء در گیاهان تحت تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بر تعداد اندام‌های زایشی افزوده شد (جدول ۵) که با یافته‌های محققان (۲۶) و (۲۷) که نشان دادند در گل‌های همیشه بهار (*Calendula officinalis*) و بنفشه (*Viola gracilis*) به دلیل افزایش درصد نشأت الکترولیت‌ها و کاهش درصد بقاء از تعداد اندام‌های زایشی بعد از دوره رشد مجدد کاسته شد، تطابق دارد.

وزن خشک اجزای مختلف به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و دمایی قرار گرفت (جدول ۱). نتایج نشان داد که در سه تیمار آبیاری وزن خشک گیاه (وزن خشک اجزا رویشی، زایشی، ریشه و کل) تحت تأثیر دماهای یخ‌زدگی کاهش یافت. با کاهش دما به ۱۸- درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد کاهش وزن خشک اندام رویشی نسبت به شاهد (به ترتیب ۳۶، ۴۰ درصد) متعلق به تیمارهای ۴۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود. با قرار گرفتن گیاهان در معرض دمای ۲۱- و ۲۴- درجه سانتی‌گراد، گیاهان تحت تیمار ۸۰٪ ظرفیت زراعی از بین رفتند و وزن خشک اندام زایشی گیاهان تحت تیمارهای ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در دمای ۲۱- نسبت به شاهد ۶۲ و ۴۹ درصد کاهش یافت. بیشترین وزن خشک ریشه در تیمارهای ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در دمای صفر درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. علیرغم اینکه فقط گیاهان تحت دو تیمار آبیاری قادر به تحمل دمای ۲۱- درجه سانتی‌گراد بودند ولی وزن خشک ریشه آنها شدیداً کاهش یافت و میزان این شاخص در دو تیمار ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در دمای ۲۱- سانتی‌گراد نسبت به شاهد ۶۷ و ۵۵ درصد کاهش یافت. وزن کل گیاه نیز روندی مشابه با صفات دیگر داشت بنحوی که از دمای ۲۰ تا صفر درجه سانتی‌گراد در هر سه تیمار روندی صعودی و با کاهش بیشتر دما از ۱۲- درجه سانتی‌گراد روندی نزولی مشاهده گردید. در تیمارهای ۶۰٪ و ۴۰٪ ظرفیت زراعی در دمای ۲۱- که برخی از گیاهان تحت تنش زنده ماندند، به ترتیب ۶۳ و ۵۶ درصد از وزن خشک گیاه نسبت به دمای صفر درجه سانتی‌گراد در همین تیمارها کاسته شد (جدول ۳).

در بررسی تحمل به یخ‌زدگی چندین ژنوتیپ یونجه (*Medicago. truncatula*) توسط هکنبای و همکاران (۱۰) نیز مشاهده شد که با کاهش دما از ۱- تا ۱۳- درجه سانتی‌گراد ماده خشک گیاهان به طور معنی‌داری کاهش داشته است، اما شدت این کاهش در ژنوتیپ *M. truncatula* Gaertn. cv. Paraggio بیشتر از سایرین بود.

تیمارهای یخ‌زدگی بود. بین سطح برگ و میزان نشأت الکترولیت‌ها همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -0.88^{**}$) مشاهده شده است بنحوی که با افزایش درصد نشأت الکترولیت‌ها از سطح برگ در پایان دوره رشد مجدد گیاهان بعد از چهار هفته کاسته شد در گیاهان تحت تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی میزان نشأت الکترولیت‌ها بعد از تیمارهای آبیاری تحت دماهای مختلف یخ‌زدگی بیشتر بود که به نظر می‌رسد که سبب کاهش رشد سطح برگ گردیده است زیرا گیاهانی که نشأت الکترولیت از اندام‌های آن‌ها افزایش می‌یابد از توانایی بازیابی این بافت‌ها کاسته می‌شود.

تعداد اجزای زایشی (گل و غنچه) به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات متقابل آبیاری و دمایی در پایان دوره ریکاوری قرار گرفتند (جدول ۱). بین گیاهان از لحاظ تعداد گل در سه تیمار آبیاری تحت تیمار دمایی ۱۸- درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما با کاهش دما از صفر تا ۳- درجه سانتی‌گراد در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی ۶۵ درصد بر تعداد گل افزوده شد. بین گیاهان تحت تیمارهای آبیاری بیشترین تعداد غنچه در دمای صفر درجه سانتی‌گراد مشاهده شد هر چند با کاهش دما از تعداد غنچه نسبت به دمای صفر درجه سانتی‌گراد کاسته شد اما در گیاهان تحت تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی از بازه دمایی ۶- تا ۱۵- و در دو تیمار آبیاری دیگر در بازه دمایی ۱۲- تا ۲۱- درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد (جدول ۲). موسوی و همکاران (۲۲) بررسی اجزای گیاه مینای چمنی (*Bellis perennis*) تحت تأثیر تنش یخ‌زدگی نیز نشان دادند که کاهش دما در گستره دمای صفر تا دمای ۱۴- درجه سانتی‌گراد تأثیر چندانی بر صفات زایشی نداشته است، ولی دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش به ترتیب ۳۲ و ۱۰۰ درصدی تعداد غنچه و گل در گیاه نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که پارامترهای کمی نظیر تعداد گل و غنچه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مورد آزمایش قرار گرفتند و بیشینه تعداد گل و غنچه به‌طور متوسط در دماهای صفر تا ۳- درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. به طور کلی تحمل به سرما در گیاهان تحت تأثیر مرحله رشدی قرار دارد و پیشرفت رشد گیاه از مرحله رشد رویشی به سمت رشد زایشی سبب کاهش تحمل آن‌ها به درجه حرارت‌های کم می‌شود (۳) که سبب از بین رفتن اندام‌های زایشی می‌گردد. از طرفی بین تعداد اندام‌های زایشی با میزان نشأت الکترولیت‌ها همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -0.79^{**}$) مشاهده گردید و با افزایش درصد نشأت الکترولیت‌ها در گیاهان تحت تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی ۰ بعد اعمال یخ‌زدگی از میزان

جدول ۲- اثرات متقابل تیمارهای آبیاری × دمایی بر سطح برگ، تعداد گل و غنچه گیاهان بنفشه

Table 2- Interaction effects of irrigation × temperature treatments on leaf area, number of flower and number of bud of viola plants.

آبیاری (ظرفیت زراعی) Irrigation (FC)	دما Temperature (°C)	سطح برگ Leaf area (cm ²)	تعداد گل Number of flower	تعداد غنچه Number of bud
80%	20	56.8 g	5.47 cdefg	3.53 ghi
	0	81.6 c	7.07 ab	5.40 a
	-3	65.5 ef	5.87 bcde	4.07 defg
	-6	64.5 ef	5.80 bcdef	3.93 efgh
	-9	52.6 h	5.67 bcdef	3.93 efgh
	-12	48.9 i	5 defgh	3.47 ghi
	-15	28.9 k	4 gh	3.53 gh
	-18	14.6 l	3.67 h	2.87 j
	-21	0 m	0 i	0 k
60%	-24	0 m	0 i	0 k
	20	66.3 de	4.67 efgh	4 efgh
	0	94.7 a	6 bcde	5.40 a
	-3	86.6 b	7.73 a	5.07 ab
	-6	80.1 c	6.80 abc	4.33 cde
	-9	66.2 e	6 bcde	3.93 efgh
	-12	65.5 ef	6 bcde	4.07 defg
	-15	64.1 i	5.73 bcdef	3.87 efgh
	-18	27.8 k	4.93 defgh	3.53 ghi
40%	-21	28.8 k	4.33 fgh	3 ij
	-24	0 m	0 i	0 k
	20	61.9 f	5.87 bcde	3.80 efgh
	0	90.2 b	7.73 a	5.40 a
	-3	69.9 d	7.07 ab	4.73 bc
	-6	66.7 de	6.67 abc	4.60 bcd
	-9	57.5 g	6.33 abcd	4.20 cdef
	-12	52.7 h	4.87 defgh	3.67 fgh
	-15	35.9 j	4.67 efgh	3.67 fgh
	-18	32.8 j	4.33 fgh	3.67 fgh
	-21	12.7 l	4 gh	3.67 fgh
	-24	0 m	0 i	0 k

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر تیمار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences among treatments at 0.05 level by LSD test.

درصد ظرفیت زراعی با افزایش موادی نظیر کربوهیدرات‌ها و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مقاومت خود را در برابر تنش سرما نسبت به گیاهان شاهد افزایش داده اند. وزن خشک کل در پایان دوره بازیافت همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = 0.82^{**}$) با درصد بقاء داشت. به عبارتی با افزایش درصد بقاء وزن خشک گیاهان پس از تنش افزایش یافته است. بین وزن خشک کل گیاه و درصد نشت الکترولیت‌ها همبستگی معنی‌داری ($r = -0.89^{**}$) مشاهده شد و لذا با افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها در گیاهان تحت تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی از وزن خشک کل گیاه در دوره رشد مجدد کاسته شده است. همچنین وزن خشک رویشی با سطح برگ ($r = -0.94^{**}$) و وزن خشک زایشی با تعداد گل ($r = 0.83^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند (جدول ۵).

ایلس و هوارد آگنو (۱۲) نیز در بررسی تحمل به یخ‌زدگی گیاه زینتی *Heuchera sanguinea* Chatterbox بیان کردند که دماهای یخ‌زدگی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گیاهان در پایان دوره بازیافت داشت و کاهش دما به کم‌تر از ۸- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش شدید در وزن خشک بوته شد، به صورتی که وزن خشک گیاه در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد ۴۸ درصد کم‌تر از آن نسبت به دمای صفر درجه سانتی‌گراد بود. در آزمایش اخیر، کاهش وزن خشک گیاهان بنفشه تحت تنش در اثر خسارت یخ‌زدگی بر گیاه و کاهش توانایی رشد مجدد آن می‌باشد که با نتایج عزیزی و همکاران (۲) مطابق می‌باشد. گیاهان با تجمع ترکیبات یکسانی نظیر آمینو اسیدها و پروتئین‌ها، ظرفیت خود را در مقابله با تنش خشکی و یخ‌زدگی افزایش می‌دهد که به نظر می‌رسد گیاهان تحت تنش خشکی ۶۰

جدول ۳- اثرات متقابل تیمارهای آبیاری × دمایی بر وزن خشک قسمت‌های مختلف گیاهان بنفشه

Table 3- Interaction effects of irrigation × temperature treatments on dry weights of different parts of viola plants

آبیاری (ظرفیت زراعی) Irrigation (FC)	دما Temperature (°C)	وزن خشک Dry weight (mg)			
		رویشی (برگ و ساقه) Vegetative (leaf and stem)	کپسول Reproductive (Flower, bud and capsule)	ریشه Root	وزن خشک کل Total dry weights
80%	20	2430 fgh	1970 efg	371 efgh	4771 ij
	0	3330 bcd	2727 bc	569 bcd	6626 cd
	-3	2887 def	2020 efg	469 cde	5376 fgh
	-6	2533 fgh	2000 efg	404 efg	4937 ghij
	-9	2410 gh	1883 ef	362 efghi	4656 jk
	-12	2160 hij	1810 ef	231 ijkl	4201 kl
	-15	1727 jk	1237 h	261 hijk	3225 mn
	-18	1563 k	1217 h	215 jkl	2995 no
	-21	0 m	0 j	0 m	0 q
	-24	0 m	0 j	0 m	0 q
60%	20	3557 abc	2473 cd	448 def	6741 cd
	0	3780 a	3193 a	877 a	7850 a
	-3	3667 abc	2737 bc	619 b	6759 cd
	-6	3600 abc	2877 ab	602 bc	7079 bc
	-9	3253 cd	2677 bc	372 efgh	6302 de
	-12	2523 fgh	2487 cd	296 ghijk	5306 ghi
	-15	2503 fgh	2203 de	290 ghijk	4996 ghij
	-18	2483 fgh	1843 fg	261 hijk	4588 jk
	-21	1643 k	746 i	122 lm	2512 op
	-24	0 m	0 j	0 m	0 q
40%	20	2733 efg	1713 g	463 de	4910 hij
	0	3807 a	2677 bc	841 a	7324 ab
	-3	3240 cd	2097 ef	553 bcd	5889 ef
	-6	3050 de	1883 fg	547 bcd	5480 fg
	-9	2457 fgh	1313 h	401 efg	4171 kl
	-12	2203 fgh	1120 h	383 efgh	3706 lm
	-15	1837 hi	1070 h	325 fghij	3232 mn
	-18	1450 ijk	1023 hi	252 hijkl	2725 no
	-21	980 k	1010 hi	166 kl	2156 p
	-24	0 m	0 j	0 m	0 q

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر تیمار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences among treatments at 0.05 level by LSD test.

جدول ۴- اثر تیمارهای آبیاری بر LT_{50el} ، LT_{50su} و $RDMT_{50}$ گیاهان بنفشه تحت تاثیر تیمارهای دمایی در شرایط کنترل شده

Table 4- Effect of irrigation treatment on LT_{50el} ، LT_{50su} and $RDMT_{50}$ of viola under temperature treatments in controlled conditions

تیمارهای آبیاری (ظرفیت زراعی) Irrigation treatments (FC)	LT_{50el}	LT_{50su}	$RDMT_{50}$
80%	-11.8 c	-19.1b	-19 b
60%	-18.4 a	-22.1a	-20.3a
40%	-15.1b	-22a	-19 b
سطح معنی داری Significance level	**	**	**

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر تیمار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letter within each column shows no significant differences among treatments at 0.01 level by LSD test.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف گیاه بنفشه تحت تاثیر تنش خشکی و تنش دمایی در شرایط کنترل شده
Table 5- Correlation coefficients between different characteristics in viola affected by drought and temperature stress, under controlled conditions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
۱- درصد نشت الکترولیت‌ها 1- Electrolyte leakage (%)	1										
۲- دمای ۵۰ درصد کشتگی بر اساس نشت الکترولیت 2- LT _{50el}	0.25*	1									
۳- درصد بقا 3- Survival (%)	-0.77**	-0.13 ^{ns}	1								
۴- دمای ۵۰ درصد کشتگی بر اساس بقا 4- LT _{50su}	0.71**	0.25*	-0.95**	1							
۵- سطح برگ 5- Leaf area	** -0.88	-0.21*	0.77**	-0.69**	1						
۶- تعداد گل 6- Number of flower	-0.79**	-0.16 ^{ns}	0.86**	-0.83**	0.84**	1					
۷- تعداد غنچه 7- Number of bud	-0.79**	-0.16 ^{ns}	0.91**	-0.89**	0.86**	0.90**	1				
۸- وزن خشک رویشی 8- Dry weight of vegetative	-0.89**	0.28**	0.83**	-0.77**	0.94**	0.87**	0.88**	1			
۹- وزن خشک زایشی 9- Dry weight of reproductive	-0.85**	-0.28**	0.78**	-0.71**	0.90**	0.83**	0.84**	0.92**	1		
۱۰- وزن خشک ریشه 10- Dry weight of root	-0.79**	-0.17 ^{ns}	0.68**	-0.62**	0.90**	0.74**	0.81**	0.87**	0.80**	1	
۱۱- وزن خشک کل 11- Total dry weight	-0.89**	-0.28**	0.82**	-0.76**	0.95**	0.87**	0.89**	0.98**	0.97**	0.87**	1
۱۲- دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک 12- RDMT ₅₀	0.72**	0.19 ^{ns}	-0.96**	0.99**	-0.69**	-0.83**	-0.89**	-0.78**	-0.74**	-0.61**	-0.74**

** : نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

***and ns: Significant at 1% and 5% probability levels and no significant, respectively.

ns, ** and ***: به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

بنفشه کاهش یافت. همچنین صفات مربوط به رشد مجدد، گیاهانی که دمای صفر درجه سانتی‌گراد را دریافت نمودند نسبت به گیاهانی که در طول آزمایش هیچگونه دمای یخ‌زدگی را دریافت نکردند (شاهد)، بهتر بود. در آزمایش حاضر استفاده از تیمار آبیاری ۶۰٪ ظرفیت زراعی سبب بهبود رشد مجدد گیاهان با افزایش سطح برگ، تعداد اندام‌های زایشی و وزن خشک قسمت‌های مختلف گیاه بنفشه و افزایش مقاومت به تنش یخ‌زدگی گردید. از طرف دیگر همبستگی معنی‌داری بین صفات مشاهده شد به‌طوری که با افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها صفاتی نظیر سطح برگ، بقاء و وزن خشک اندام‌های مختلف کاهش یافت. در زمستان به دلیل تغییرات اقلیمی و بالا رفتن دما و به دنبال آن ایجاد تنش خشکی با توجه به نتایج حاضر می‌توان به مجریان فضای سبز پیشنهاد نمود که نیازی به آبیاری نمی‌باشد هرچند که کاهش بیش از اندازه رطوبت خاک (۴۰٪ ظرفیت زراعی) نیز سبب کاهش برخی صفات رویشی بنفشه گردید اما درصد بقاء گیاهان نسبت به آبیاری ۸۰٪ ظرفیت زراعی افزایش یافت.

اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و دما نیز بر دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک ($RDMT_{50}$) معنی‌دار بود. کمترین میزان $RDMT_{50}$ متعلق به تیمار ۶۰ درصد ظرفیت زراعی که با دو تیمار دیگر ۱/۵ درجه سانتی‌گراد تفاوت داشت (جدول ۴). نتایج نشان داد که در گیاهان متحمل به تنش یخ‌زدگی با کاهش درصد نشت الکترولیت‌ها، شاخص‌هایی $RDMT_{50}$ و LT_{50su} به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و رابطه مثبت و معنی‌داری بین $RDMT_{50}$ و LT_{50su} ($r = 0.99^{**}$) مشاهده شد (جدول ۵)، به نحوی که در گیاهان تحت تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی با افزایش درصد نشت الکترولیت در اندام‌های مورد آزمایش بر شاخص $RDMT_{50}$ افزوده و از وزن خشک در پایان دوره رشد مجدد کاسته گردید. همبستگی‌های بین شاخص‌های فوق در چغندر (۲۵) و گلرنگ (۲۳) به دست آمده است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش تنش یخ‌زدگی مقاومت گیاهان

منابع

- 1- Anderson J.A., Michael P., and Taliaferro C.M. 1988. Cold hardiness of midiron and Tifgreen. Horticultural Science 23: 748-750.
- 2- Azizi H., Nezami A., Nassiri M., and Khazaie H.R. 2007. Evaluation of cold tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 5: 109-121. (In Persian with English abstract)
- 3- Bagheri a., Nezami A., and Soltani M. 2000. Cool season crops modified for tolerance to stress. Publication of Research, Education and Extension. Mashhad. (In Persian)
- 4- Campbell G.S., and Mulla D.J. 1990. Measurement of soil water content and potential. Chapter 6 In Stewart B.A. and Nielsen D.R. (co-editors). Irrigation of Agricultural Crops. American Society of Agronomy. Madison, USA pp 127-142.
- 5- Chinnusamy V., Schumaker K., and Zhu J.K. 2004. Molecular genetic perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signaling in plants. Journal Experimental Botany 55: 225-236.
- 6- Dole J.M., and Wilkins H.F. 2004. Floriculture (Principles and Species). Second edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey. P.995.
- 7- Ercoli L., Mariotti M., Masoni A., and Arduini I. 2004. Growth responses of sorghum plants to chilling temperature and duration of exposure. European Journal of Agronomy 21: 93-103.
- 8- Gusta L.V., Fowler D.B., and Tyler N.J. 1982. Factors influencing hardening and survival in winter wheat. In: Li P.H., and Sakai A. (eds.). Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. Academic press. New York.
- 9- Gusta L.V., Wisniewski M., Nesbitt N., and Tanino K. 2003. Factors to consider in artificial freeze tests. Intl. Congress. Acta Hort. 618:493-507.
- 10- Hekneby M., Antolin M.C., and Sanchez-Diaz M. 2006. Frost resistance and biochemical changes during cold acclimation in different annual legumes. Environmental Experimental Botany 55: 305-314.
- 11- Hoffman L., DaCosta M., Ebdon J.S., and Zhao J. 2012. Effects of drought preconditioning on freezing tolerance of perennial ryegrass. Environmental and Experimental Botany 79: 11-20.
- 12- Iles J.K., and Howard Agnew N. 1993. Determining cold hardiness of *Heuchera sanguine* Engelm 'Chatterbox' using dormant crowns. Horticultural Science 28: 1087-1088.
- 13- Jiang Y., and Huang B. 2001. Osmotic adjustment and root growth associated with drought preconditioning enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. Crop Science 41: 1168-1173.
- 14- Khalighi A. 2000. Floriculture: Breeding of Ornamental Plants. Golshan Publications. Tehran, Iran. 392 pp. (In Persian)

- 15- Khorsandi T. 2013. Evaluation of late spring cold tolerance in black cumin (*Nigella sativa* L.) ecotypes under controlled conditions. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English abstract)
- 16- Kim D.C., and Anderson N.O. 2006. Comparative analysis of laboratory freezing methods to establish cold tolerance of detached rhizomes and intact crowns in garden chrysanthemums (*Dendranthema- grandiflora* Tzvelv.). *Scientia Horticulturae* 109: 345-352.
- 17- López R., Rodríguez-Calcerrada J., and Gil L. 2009. Physiological and morphological responses to water deficit in seedlings of five provenances of *Pinus canariensis*: potential to detect variation indrought tolerance. *Trees-Structure and Function* 23: 509-519.
- 18- Mahfoozi S., Limin A.E., and Fowler D.B. 2001. Influence of vernalization and photoperiod responses and cold hardiness in winter cereals. *Crop Science* 41: 1006-1011.
- 19- Medeiros J.S., and Pockman W.T. 2011. Drought increases freezing tolerance of both leaves and xylem of *Larrea tridentate*. *Plant, Cell and Environment* 34: 43-51.
- 20- Metwally A.S., Khalid A.K., and Abou-Leila B.H. 2013. Effect of water regime on the growth, flower yield, essential oil and proline contents of *Calendula officinalis*. *Bioscience* 5: 65-69.
- 21- Mirmohamadi Meibodi A., and Tarkeshe Esfahani C. 2004. Aspects of Physiology and breeding for cold and freezing in crops. Golbon Publication, Isfahan, Iran 223 pp. (In Persian)
- 22- Mousavi J.M., Nezami S., Izadi E., Nezami A., Yousef Sani M., Keykha Akhar F. 2011. Evaluation of freezing tolerance of English daisy (*Bellis perennis*) under controlled conditions. *J. Water and Soil* 25: 380-388. (In Persian with English abstract)
- 23- Nezami A., and Naghedinia N. 2010. Effects of freezing stress on electrolyte leakage of sufflower genotypes. *Journal of Iranian Field Crop Research* 7: 891-896.
- 24- Nezami A., Bagheri A., Rahimian H., Kafi M., and Nasiri Mahallati M. 2006. Evaluation of freezing tolerance in chickpea (*Cicer aritinum*) genotypes in controlled condition. *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources* 4: 257-268.
- 25- Nezami A., Hajmohammadnia- Ghalibaf K., and Kamandi A. 2010. Evaluation of freeze tolerance of sugarbeet cultivars (*Beta vulgaris* L.) in controlled conditions. *Environmental Stress in Crop Sciences* 3: 177-187. (In Persian with English abstract)
- 26- Nezami A., Javad Mousavi M., Nezami S., Izadi Darbandi E., Yousef Sani M., and Keykha Akhar F. 2014. Study on freezing tolerance of calendula (*Calendula officinalis* L.) in vegetative and reproductive stages. *Journal of Horticultural Science* 28: 378-369. (In Persian with English abstract)
- 27- Nezami A., Keykhah F., Javad Mousavi M., Izadi Darbandi A., Nezami S., and Yousef Sani M. 2012. Effect of freezing stress on viola (*Viola gracilis* L.) in controlled condition. *Journal of Agroecology* 3: 430-438. (In Persian with English abstract)
- 28- Nezami A., Manjula S.B., and Gusta L.V. 2012. An evaluation of freezing tolerance of winter chickpea (*Cicer arientinum* L.) using controlled freeze tests. *Canadian Journal of Plant Science* 92: 155-161.
- 29- Nezami, A., 2002. Evaluation of cold tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) for fall planting in the highlands. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract)
- 30- Pearce R.S. 2001. Plant freezing and damage. *Annals of Botany* 87: 417-424.
- 31- Pietsch G.M., Anderson N.O., and Li P.H. 2009. Cold tolerance and short day acclimation in perennial *Gaura coccinea* and *G. drummondii*. *Scientia Horticulturae* 120: 418-425.
- 32- Rajashekar C.B., and Panda M. 2014. Water stress is a component of cold acclimation process essential for inducing full freezing tolerance in strawberry. *Scientia Horticulturae* 174: 54-59.
- 33- Rashed Mohassel M.H., Nezami A., Bagheri A.R., Hajmohammadnia K., and Bannayan M. 2009. Evaluation of freezing tolerance of two fennel (*Foeniculum vulgare* L.) ecotypes under controlled conditions. *Journal of Herbs Species and Medicinal Plants* 15: 131-140.
- 34- Serrano L., Peñuelas J., Ogaya R., and Savé R. 2005. Tissue–water relations of two co-occurring evergreen Mediterranean species in response to seasonal and experimental drought conditions. *Journal of Plant Research* 118: 263-269.
- 35- Singh K.B., Malhotra R.S., Saxena M.C., and Bejia G. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. *Agronomy Journal* 89: 112-118.
- 36- Thapa B., Arora R., Knapp A., and Brummer E.C. 2008. Applying Freezing Test to Quantify Cold Acclimation in *Medicago truncatula*. *Journal of American. Society. Horticultural Science* 133: 684-686.
- 37- Xuan J., Liu J., Gao H., Huaguabghu H., and Cheng X. 2009. Evaluation of low-temperature tolerance of Zoysia grass. *Tropical Grasslands* 43: 118-124.
- 38- Zhang Q., Fry J., Rajashekar C., Bremer D., and Engelke M. 2009. Membrane polar lipid changes in Zoysiagrass rhizomes and their potential role in freezing tolerance. *Journal of American Society in Horticultural Science* 134: 322-328.



The Effect of Irrigation Levels on Improvement of Cold Tolerance in Viola Plants under Controlled Conditions

A. Oraee¹- A. Tehranifar^{2*}- A. Nezami³- M. Shoor⁴

Received: 03-10-2017

Accepted: 13-03-2018

Introduction: Climate change is expected to have impacts on ecosystems worldwide. During the last 50 years, the greatest warming trends have been observed in winter months and significant increases in both the occurrence and duration of winter warming have already been reported. In general, predicted future climate change scenarios will result in less than optimal cold acclimation conditions, leading to decreases in freezing tolerance and predisposition of plants to winter injury. Nonetheless, it is not clear whether water stress induced during cold hardening is of high importance in inducing freezing tolerance in plants or it is an integral part of typical cold hardening process. Since rapid and effective assessment of plant cold tolerance is important for researchers and also field trials have no regular process and have high error, different kinds of artificial freeze tests such as survival percentage test and regrowth after imposing stress have been developed.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of drought stress on plant freezing tolerance of viola, a factorial experiment was conducted based on completely randomized design with three replications in faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Experimental factors include three water treatments (80% FC, 60 % FC and 40% FC) and 10 temperature levels (Control, from zero to -24 with 3 °C intervals). Pansy seeds sown in a nursery in the summer of 2015 and after reaching the five-leaf stage in the fall plants were transferred to the pots. After the potted plants spend cold acclimation in nature conditions, plants were subjected to water stress including control (80% FC), 60% and 40% FC for two weeks. After drought stress, whole plants were sampled for freezing tolerance assessment and they were transferred to the freezer thermos-gradient. After applying the stress, electrolyte leakage, lethal temperature 50 according to the electrolyte leakage percentage (LT_{50el}) were measured. One months later, survival percentage, lethal temperature 50% of plant according to the survival percentage (LT_{50su}), leaf area, number of flower and bud, dry weight (dry weight of vegetative, reproductive, root and total) and reduced dry matter temperature 50 (RDMT₅₀) were evaluated.

Results and Discussion: Electrolyte leakage percentage (EL %) and survival (%) were significantly ($p \leq 0.01$) affected by irrigation treatments in the freezing conditions. By lowering the temperature from 20 to -24 °C, the EL% significantly increased in three irrigation treatments and it increased in 80% FC compared to 60% (by 16%) at -24°C. plants under 60% FC treatment exhibited higher baseline freezing tolerance (LT₅₀ of -18.4 °C) compared to 80% FC (LT₅₀ of -11.8 °C). Treated plants (except 80% FC) were able to tolerate lowering the temperature to -21°C. Lowering the temperature to -24°C caused the total mortality. According to the LT_{50su} index, 60% FC treatment was less than compared to other treatments. Leaf area significantly increased by 16%, respectively, when plants were under water deficit (60% FC) compared to 80% FC at 0 °C. The maximum number of flower were seen in 60% FC at -3 °C and the maximum number of bud were observed at 0 °C. The results showed that dry weight was significantly ($p \leq 0.01$) increased by drought stress in the freezing conditions. Plants under 60% FC at 0 °C had the highest increase (55, 62 and 64%, respectively) dry weight of vegetative, reproductive and total growth, respectively compared to control. By lowering the temperature to -18 °C in 80% FC vegetative, reproductive and root growth decreased (36, 38 and 42%, respectively) compared to control plants. RDMT₅₀ significantly affected by drought stress. There were significantly correlation between EL with LT_{50el} and RDMT₅₀ ($r = 0.25^*$ and $r = 0.72^{**}$, respectively). In total, plants under 60% FC showed highest freezing tolerance compared to the other treatments.

Conclusions: In the current study, we found that the greatest gain in freezing tolerance was associated with cold and that the effect of drought stress on freezing tolerance varied with temperature. Drought stress resulted in an improvement in freezing tolerance of viola (lower LT₅₀). Among the different parameters evaluated, 60% FC

1, 2 and 4- Ph.D. Graduated, Professor and Associate Professor, Department of Horticulture Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

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

3- Professor Department of Agronomy Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Mashhad, Iran

treatment at 0 °C most consistently induced increases in survival percentage, reproductive and vegetative growth which suggested a synergistic effect between drought exposure and low temperature. Higher dry weight of viola plants may contribute to better plant overwintering capacity. In addition, future research should explore the effect of repeated mild drought events on freezing tolerance of acclimated plants, by using strategies such as wilt-based irrigation scheduling, partial root zone drying, and deficit irrigation.

Keywords: Climate changing, Freezing, Hardening lethal temperature, Winter survival



مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تأثیر خاکپوش و محلول پاشی با محرک زیستی استیمپلکس و کود دکاپ بر رشد و برخی صفات فیزیوشیمیایی ریحان

لمیا وجودی مهربانی*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷

چکیده

به منظور بررسی تأثیر خاکپوش (شاهد، سفید و سیاه) و سطوح مختلف کودهای دکاپ (حاوی ۳۳ درصد فسفر به صورت P_2O_5 و ۴۲ درصد پتاسیم به صورت K_2O) و استیمپلکس (عصاره جلبک) (شاهد، ۱/۵ و ۳ و ۴/۵ میلی لیتر بر لیتر) بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیک ریحان *Ocimum basilicum* آزمایشی بر مبنای فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان اجرا شد. محتوای فنل کل تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارهای آزمایش قرار گرفت و بیشترین محتوای آن در تیمار خاکپوش سیاه $4/5 \times$ میلی لیتر در لیتر کود دکاپ (۱۰۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک)، خاکپوش سیاه $1/5 \times$ و ۳ میلی لیتر در لیتر (۹۸ میلی گرم بر گرم وزن خشک) کود استیمپلکس مشاهده شد. بالاترین میزان وزن خشک گیاه (۵۱ گرم بر متر مربع) در تیمار خاکپوش سیاه و بالاترین ارتفاع گیاه و تعداد شاخه جانبی در خاکپوش‌های سفید و سیاه مشاهده شد. محلول پاشی با دکاپ و استیمپلکس موجب افزایش ارتفاع و تعداد شاخه جانبی گردید. بیشترین میزان ازت و منیزیم در تیمار خاکپوش سیاه، پتاسیم و روی در هر دو خاکپوش، بیشترین محتوای فسفر و پتاسیم در تیمارهای محلول پاشی با دکاپ و استیمپلکس مشاهده شد و هر سه غلظت کود استیمپلکس موجب افزایش محتوای ازت، پتاسیم و منیزیم در گیاه گردید. نتایج نشان داد که بالاترین محتوای کلروفیل a، فلاونوئید، مواد جامد محلول و پروتئین در تیمار خاکپوش سیاه مشاهده شد. محتوای آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و غلظت مهار ۵۰ درصد (IC_{50}) تحت تأثیر خاکپوش سفید و سیاه قرار گرفت. محلول پاشی با دکاپ و استیمپلکس موجب افزایش محتوای فلاونوئید گردید. محلول پاشی با هر سه غلظت کود استیمپلکس موجب افزایش محتوای کلروفیل a، بهیود غلظت مهار ۵۰ درصد، محتوای پروتئین گیاه گردید. سطوح ۱/۵ و ۳ میلی گرم در لیتر استیمپلکس تأثیر مثبت در محتوای آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، مواد جامد محلول (به میزان ۲/۱۲ و ۲/۱ درجه بریکس) و روی (۲۸/۹ و ۳۰/۳ میلی گرم در کیلوگرم) داشت. در کل چنین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استفاده صحیح از نهاده‌های مصرفی ضمن دستیابی به عملکرد مطلوب زمینه تولید پایدار را فراهم خواهد آورد.

واژه‌های کلیدی: فعالیت آنتی اکسیدانی، فلاونوئید، فنل کل، محتوای عناصر

مقدمه

جلوگیری از فرسایش خاک، تعدیل درجه حرارت خاک، بهبود عناصر غذایی خاک، کنترل شوری، بهبود ساختمان خاک، تأثیر بر رشد کیفی گیاه و کنترل علف‌های هرز و در نهایت افزایش عملکرد محصول استفاده می‌شود. استفاده توأم از آبیاری نواری و مالچ‌های پلاستیکی در رنگ‌های مختلف موجب بالا بردن دمای خاک و حفظ یکنواختی رطوبت خاک، عملکرد، کیفیت و زودرسی محصولات می‌شود (۱۸). جوانمردی و رضایی (۱۸) گزارش کردند که استفاده از خاکپوش سفید موجب افزایش عملکرد و زودرسی میوه فلفل دلمه‌ای گردید. با پیشرفت علم و آشنایی بیشتر بشر با مضرات ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست تمایل به استفاده از کودهای آلی، زیستی و جلبک‌ها در پرورش محصولات رو به افزایش می‌باشد (۳). این کودها با تعدیل pH خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها موجب افزایش محصول

ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* سبزی و گیاه دارویی یک ساله و علفی مهم از خانواده نعنائیان می‌باشد. این گیاه دارای کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی می‌باشد (۱۷). اهمیت این گیاه به دلیل اجزای موجود در اسانس آن می‌باشد که از مهمترین این ترکیبات می‌توان به لینالول، متیل کایوکول، سیترال، اوژنول، و متیل سینامات اشاره نمود (۱۷). امروزه در کشاورزی مدرن از مالچ‌ها به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب،

۱- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

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

دکاپ مورد استفاده در پژوهش حاضر حاوی ۳۳ درصد فسفر به صورت P_2O_5 و ۴۲ درصد پتاسیم به صورت K_2O بود) بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیک گیاه ریحان (یکی از گیاهان دارویی مهم) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر خاکپوش و کودهای استیمپلکس (*Ascophyllum nodosum*) و دکاپ بر رشد و نمو و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک ریحان آزمایش در قالب طرح فاکتوریل بر مبنای بلوک‌های کامل تصادفی در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان اجرا شد. به‌منظور آماده‌سازی خاک مزرعه در پاییز شخم عمیق زده شد و در بهار، بعد از شخم سطحی و تسطیح زمین کرت‌هایی به ابعاد ۲ در ۲ متر ایجاد گردید سپس پوشش مالچ در مزرعه کشیده شد. بذور محلی ریحان در نیمه اول اردیبهشت‌ماه در ردیف‌هایی به فاصله ۳۵ سانتی‌متر در عمق نیم‌سانتی‌متری زمین کشت شد. بعد از سبز شدن بذور تنک گیاهان در مرحله سه‌برگی انجام گرفت به صورتیکه در هر ۳۰ سانتی‌متر فاصله روی ردیف یک بوته نگهداری شد آبیاری مزرعه به صورت نواری و بر حسب نیاز انجام گرفت. محلول‌پاشی گیاهان در مرحله سه‌برگی با غلظت‌های صفر، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ میلی‌لیتر در لیتر کودهای استیمپلکس و دکاپ (International fertile Technologycrop. made in Jordan) به‌صورت جداگانه انجام شد در ۱۰ تیرماه بوته‌ها از ۸ سانتی‌متری سطح خاک کفر شده و بعد از ۱۵ روز محلول‌پاشی دوم تکرار شد. در ۲۰ مردادماه چین دوم گیاهان برداشت شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک نمونه‌ها بلافاصله بعد از برداشت داخل فویل آلومینیومی پیچیده شده و داخل یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. بعد از انجماد در ازلت مایع، در فریزر -۷۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری صفات نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها گیاهان بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل و در دستگاه خشک کن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. لازم به ذکر می‌باشد که به‌منظور حذف اثر حاشیه‌ای نمونه‌برداری از ردیف‌های کناری انجام نشد. نتایج حاصل میانگین داده‌های حاصل از دو چین می‌باشد.

می‌شود. کود دکاپ حاوی مقادیر قابل توجهی فسفر و پتاسیم می‌باشد. فسفر نقش مثبت در رشد ریشه، گلدهی، زودرسی محصول، بهبود کیفیت محصولات و مقاومت در برابر بیماری‌ها را دارد (۱۹). کریمی و همکاران (۱۹) گزارش کردند که استفاده از کود زیستی فسفات بارور ۲ نقش مثبت در محلول‌سازی منابع نامحلول فسفر در خاک داشته و بدین طریق موجب افزایش عملکرد ذرت دانه‌ای گردید. پتاسیم نیز در متابولیسم کربوهیدراتها، بیوسنتز پروتئین، فعال‌سازی آنزیم‌ها، تنظیم آب گیاه و مقاومت در برابر تنش خشکی و شوری نقش دارد (۲۸). در بررسی انجام شده در کاهو مشخص شد که استفاده از عصاره‌های گیاهی (حاوی پروتئین هیدرولیزات) برای محلول‌پاشی گیاهان موجب افزایش عملکرد گیاه به‌دلیل افزایش مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی شد (۲۷). در تحقیق انجام شده در خصوص کاربرد عصاره‌های گیاهی در پرورش محصولات مشخص شد که استفاده از عصاره‌های گیاهی نقش مثبت در افزایش عملکرد محصولات سبزی و میوه‌ها به‌دلیل بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه و افزایش مقاومت آن‌ها در مقابل تنش‌های زیستی را دارد (۱۰). در تحقیق انجام شده در گیاه اسفناج مشخص شد که استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد طبیعی مانند اسید هیومیک تأثیر مثبت در رشد و عملکرد گیاه داشت که دلیل آن افزایش محتوای کلروفیل، پرولین و پروتئین محلول بود (۶). در بررسی انجام شده در اسفناج مشخص شد که محلول‌پاشی گیاه با عصاره جلبک و پروتئین هیدرولیزات مشتق از گیاهان خانواده لگوم موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه به‌دلیل افزایش محتوای کلروفیل شد (۳۳). کود زیستی استیمپلکس (عصاره جلبک حاوی مواد معدنی و هورمون سیتوکنین) و سایر جلبک‌های دریایی نقش مثبت در تغذیه گیاه داشته و نقش مهمی در حرکت به سمت کشاورزی پایدار با کاهش مصرف کودهای شیمیایی را دارند و کاربرد آن‌ها در عملیات کشاورزی پایدار می‌تواند موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی گردد (۱۳ و ۳۶). امروزه با توجه به افزایش جمعیت و تقاضای بازار برای محصولات سالم به‌منظور حفاظت از محیط زیست و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، محلول‌پاشی گیاهان به‌نظر روشی کارآمدتر در رفع نیازهای گیاه و کاهش مصرف کود می‌باشد. آهکی بودن و pH بالای خاک در اغلب مناطق ایران موجب کاهش کمیت و کیفیت محصولات تولیدی به دلیل عدم جذب یا برهم خوردن توازن در جذب مواد غذایی می‌شود. لذا در چنین مناطقی به‌منظور جبران کاهش جذب عناصر غذایی محلول‌پاشی گیاهان روش موثر در افزایش جذب عناصر غذایی می‌باشد از طرفی در سال‌های اخیر به دلیل کاهش بارندگی در اغلب مناطق ایران، بخش‌های زیادی از کشور با بحران آب مواجه بوده و استفاده از مالچ‌های پلاستیکی گامی موثر در کاهش مصرف آب می‌باشد. لذا هدف از بررسی حاضر ارزیابی تأثیر خاکپوش‌های پلاستیکی و محلول‌پاشی گیاهان با کودهای آلی استیمپلکس (عصاره جلبک) و کود دکاپ

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک واحد آزمایشی

Table 1- Physicl and chemical soil characteristic of experimental field

0.8%	پتاسیم k	7.5	pH
1.1 mg kg ⁻¹	روی Zn	1.6 dS/m	EC
0.7 mg kg ⁻¹	آهن Fe	0.05%	ازت N
		0.7%	فسفر P

جدول ۲- مشخصات کودهای مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Fertilizers characteristic used in experiment

کود دکاپ Dekap fertilizer		کود استیمپلکس Estimplex fertilizer	
33%	P ₂ O ₅	0.1%	منیزیم Mg
42%	K ₂ O	16%	بر B
-	-	0.06%	کلسیم Ca
-	-	25%	آهن Fe
-	-	0.01%	سیتوکنین Cytokinin
-	-	0.05%	اسید فسفریک (H ₃ PO ₄)
-	-	4.2%	پتاسیم k
-	-	0.1%	نیتروژن N

محتوای پروتئین: محتوای پروتئین به روش بردفورد (۹) تعیین گردید. بدین منظور ۵/۰ گرم برگ تازه در ۵ میلی لیتر بافر تریس گلیسین به مدت ۱۰ دقیقه سائیده شد. فاز رویی جداسازی شد و در دمای ۴ درجه سانتی گراد در ۱۲۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. روی ۱۰۰ میکرولیتر عصاره پروتئین ۵ میلی لیتر محلول برادفورد اضافه شد و بعد از ۱۰ دقیقه ورتکس جذب در ۵۹۵ نانومتر قرائت شد. مقدار پروتئین بر مبنای منحنی استاندارد تعیین شد.

محتوای عناصر: مقدار عنصر پتاسیم با استفاده از روش فلاپم فتومتری، غلظت فسفر، روی و منیزیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی، محتوای ازت محلول با استفاده از روش کج‌لدال، به روش هنرجو و همکاران (۱۶) تعیین شد.

قند محلول: محتوای قند محلول از یک گرم از برگ گیاه با استفاده از رفراکتومتر دستی (Erma, Tokyo, Japan) اندازه‌گیری شد.

سنجش محتوای سوپراکسید دیسموتاز: فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به روش ریوگونزالز و همکاران (۳۲) بر مبنای سنجش مهار احیای نوری نیتروبلوترازولیوم در طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه گیری شد. برای این منظور نیم گرم از برگ گیاه توسط ازت مایع در هاون چینی سائیده شد سپس روی آن دو میلی لیتر عصاره (۶۰۷/۰ گرم تریس به همراه ۰/۰۵ گرو پلی ونیل پرولیدن در ۴۰ میلی لیتر آب مقطر حل شده سپس pH آن روی ۸ به کمک اسید کلریدریک تنظیم شد و نهایتاً با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسید) اضافه گردید. در مرحله بعدی ۳۳ میکرومول نیتروبلوترازولیوم، ۱۰ میلی لیتر ال-متیونین، ۰/۶۶ میلی مول EDTA و ۳/۳ میکرومول ربیوفلاوین در ۵۰ میلی مول بافر فسفات با pH ۸/۷ مخلوط شد و سپس عصاره به این محلول اضافه شد. نمونه‌ها ده دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در مقابل نور قرار گرفت. سپس جذب در ۵۶۰ نانومتر به مدت ۵ دقیقه با فواصل زمانی ۱۵ ثانیه قرائت شد. از روی جذب نوری مطالعه شده فعالیت آنزیم ارزیابی گردید.

غلظت مهار ۵۰ درصد (IC₅₀): ظرفیت آنتی اکسیدانی گیاه به روش برند ویلیامس (۸) محاسبه گردید. در این روش فعالیت آنتی اکسیدانی بر مبنای پایداری DPPH ارزیابی شد. در این روش ۵/۰ میلی مول محلول کنترل در متانول تهیه شد. سپس از محلول کنترل به غلظت‌های مختلف هر نمونه افزوده شد. در مرحله بعدی نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی در دمای اتاق نگهداری شد. میزان جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. سپس ارزیابی ترکیبات آنتی اکسیدانی در غلظت‌های مختلف نمونه‌ها به منظور دسترسی به IC₅₀ انجام شد.

اندازه‌گیری وزن تر و خشک نمونه‌ها: بعد از برداشت نمونه‌ها در ۲۰ مردادماه، گیاهان مورد نظر با بیل از عمق ۲۰ سانتی متری خاک برداشت و بخش هوایی گیاه جدا و خشک گردید. نمونه‌های ریشه بعد از شستشو در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد خشک گردید.

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل: بدین منظور ۵/۰ گرم از نمونه های برگی در ۵ میلی لیتر از دی متیل سولفوکساید، در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۴ ساعت قرار داده شد سپس جذب نمونه ها با استفاده از اسپکتروفتومتر (T80 ساخت چین) به روش پرچازکوا و همکاران (۳۰) تعیین شد.

اندازه‌گیری محتوای ترکیبات فلاونوئیدی و فنلی کل: محتوای فلاونوئید و فنل کل نمونه‌ها با استفاده از روش کیم و همکاران (۲۴) اندازه‌گیری شد. ابتدا، ۵ گرم از برگ‌های خشک، با استفاده از متانول عصاره‌گیری شد. عصاره‌های حاصل به وسیله دستگاه تبخیر در خلا در دمای کمتر از ۴۰ درجه سانتی گراد خشک و دوباره در متانول حل شدند. در مرحله بعد یک میلی لیتر از عصاره حاصل با ۰/۲ میلی لیتر معرف فولن سیوکالتو و ۱ میلی لیتر کربنات سدیم دو درصد مخلوط شد و به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (T80 ساخت چین) شد. جذب محلول روشناور پس از گذشت ۳۰ دقیقه، در طول موج ۷۵۰ نانومتر تعیین گردید. میزان فنل کل بر مبنای منحنی استاندارد حاصل از اسید گالیک تعیین گردید. برای اندازه‌گیری فلاونوئید ۰/۱ میلی لیتر از عصاره متانولی حاصل از روش تعیین فنل کل، با ۰/۳ میلی لیتر کلراید آلومینیوم ۱۰ درصد اضافه گردید و به مدت ۶ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. جذب نمونه‌ها در ۵۱۰ نانومتر به وسیله اسپکتروفتومتر تعیین شد. میزان کل فلاونوئیدها بر مبنای استاندارد روتین هیدرات محاسبه گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر خاکپوش پلاستیکی و محلول پاشی با کودهای دکاپ و استیمپلکس بر صفات رشدی، محتوای کلروفیل، مواد جامد محلول و محتوای پروتئین ریحان
Table 3- ANOVA for the effects of plastic soli cover and Dekap and Estemplex foliar applications on growth characteristics, chlorophyll content, total soli solids content and protein content of *Ocimum basilicum* L.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزای df	محتوای پروتئین Protein content	محتوای مواد جامد محلول TSS	محتوای کلروفیل b Chlorophyll b content	محتوای کلروفیل a Chlorophyll a content	تعداد شاخه جانبی Axillary shoot number	ارتفاع گیاه Plant height	وزن خشک بخش هوایی Aerial part dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
تکرار Replication	2	135**	0.03 ^{ns}	1.4 ^{ns}	0.56**	1.2 ^{ns}	74 ^{ns}	361**	28*
خاکپوش Soil cover	2	217**	1.05**	0.95 ^{ns}	0.88**	9.6**	456**	1083**	114**
محلول پاشی برگ Foliar application	6	128**	1.2**	1.26 ^{ns}	0.41**	5.2**	189**	787**	44**
خاکپوش × محلول پاشی Foliar application × soil cover	12	14 ^{ns}	0.08 ^{ns}	1.6 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1 ^{ns}	19 ^{ns}	79 ^{ns}	6.2 ^{ns}
اشتباه Error	40	17	0.06	1.7	0.072	1.07	38	52	6.1
CV%		14	13	10.6	12.3	15.7	17	13.9	10.9

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

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر خاکپوش پلاستیکی و محلول پاشی با کودهای دکاپ و استیمپلکس بر محتوای عناصر، محتوای آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، ظرفیت مهار ۵۰ درصدی، محتوای فنل و فلاونوئید کل در ریحان

Table 4- ANOVA for the effects of plastic soli cover and Dekap and Estenplex foliar applications on elemental content, superoxide dismutase content, IC₅₀ total phenolic and flavonoids content of *Ocimum basilicum* L.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه df	محتوای سوپر اکسید دیسموتاز SOD content	محتوای روی Zn content	محتوای منیزیم Mg content	محتوای پتاسیم K content	محتوای فسفر P content	محتوای نیتروژن N content	ظرفیت اکسیدانی IC ₅₀	محتوای فلاونوئید Flavonoid content	محتوای فنل کل Total phenolic content
تکرار Replication	2	20440*	62 ^{ns}	0.02**	0.34 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.03 ^{ns}	68**	415**
خاکپوش Soil cover	2	46931**	78*	0.02**	1.3**	0.03**	1.2**	1.0**	125**	5327**
محلول پاشی برگی Foliar application	6	24499**	224**	0.03**	0.96**	0.018**	0.82**	1.2**	50**	1316**
خاکپوش × محلول پاشی برگی Foliar application × soil cover	12	1694 ^{ns}	10 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.08 ^{ns}	13 ^{ns}	141*
اشتباه Error	40	4805	16	0.001	0.12	0.06	0.05	0.06	11	52
CV%		12	12.6	11.6	16	13	11	13	19	10

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

تجزیه داده‌ها: داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTATC مورد تجزیه قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون LSD (در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد) صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان‌دهنده تأثیر مستقل تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک گیاه، ارتفاع گیاه، محتوای کلروفیل، مواد جامد محلول، محتوای پروتئین، فلاونوئید، غلظت مهار ۵۰ درصد، محتوای عناصر و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بود (جدول ۳ و ۴). محتوای فنل کل تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۴).

وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه: نتایج حاصل از جدول ۶ نشان‌دهنده اثرات مستقل خاکپوش و تیمار محلول‌پاشی بر وزن خشک گیاه است. بیشترین وزن خشک گیاه در تیمار ۱/۵ و ۳ میلی-لیتر در لیتر استیمپلکس، ۳ و ۴/۵ میلی‌لیتر بر لیتر کود دکاپ مشاهده شد. بالاترین وزن خشک ریشه در تیمار ۱/۵ و ۳ میلی‌لیتر در لیتر کود استیمپلکس مشاهده شد (جدول ۵). رنگ خاکپوش تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گیاه داشته و بیشترین میزان وزن خشک گیاه در تیمار خاکپوش سیاه مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش ۲۲ درصد وزن-خشک بخش هوایی گیاه نسبت به تیمار شاهد بود (جدول ۶). عباسی و همکاران (۲) عنوان نمودند که کاربرد مالچ سیاه به همراه مصرف کود زیستی نیتروکسین در دوره‌های آبیاری ۱۲ روزه موجب افزایش عملکرد و روغن دانه در کدوی تخم کاغذی شد. در بررسی انجام شده توسط توبه و همکاران (۳۷) در کرچک و رفاثی و همکاران (۳۳) در اسفناج مشخص شد که استفاده از عصاره جلبک موجب افزایش عملکرد هر دو گیاه شد. در تحقیق انجام شده توسط وجودی مهربانی و همکاران (۳۸) مشخص شد که محلول‌پاشی گیاه شاهی با مارمارین (عصاره جلبک دریایی) موجب افزایش وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه گردید. استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی پایدار موجب بهبود جذب عناصر غذایی و بهبود رشد و افزایش بیوماس به دلیل افزایش تولید هورمون‌هایی مانند اکسین و سیتوکنین در گیاه می‌شود (۶). به طور کلی افزایش در رشد و نمو گیاه به وسیله خاکپوش‌های پلی‌اتیلنی به دلیل تغییر در دمای خاک، تعادل آب موجود در خاک، دسترسی بهتر گیاه به مواد غذایی می‌باشد (۳۹). همچنین در بررسی انجام شده در ریحان مشخص شد که نور بازتابش یافته از پوشش مالچ در رشد گیاه تأثیر داشته و حداکثر رشد برگ در تیمارهای دارای خاکپوش سیاه مشاهده شد (۲۶).

ارتفاع و تعداد شاخه جانبی گیاه: خاکپوش‌های سفید و سیاه مورد استفاده در پژوهش حاضر تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک

درصد بر ارتفاع و تعداد شاخه جانبی گیاه داشت. کمترین تعداد شاخه جانبی و ارتفاع گیاه در تیمار بدون خاکپوش مشاهده شد و هر دو رنگ خاکپوش مورد استفاده تأثیر یکسان بر صفات مذکور داشت (جدول ۵ و ۶). نتایج حاصل از جدول ۵ نشان داد که محلول‌پاشی با دکاپ و استیمپلکس موجب افزایش ارتفاع و تعداد شاخه نسبت به شاهد گردید. بر اساس نتایج به دست آمده با توجه به عدم تفاوت مشاهده شده بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی به منظور کاهش مصرف کود کمترین غلظت از هر دو نوع کود را می‌توان برای افزایش تعداد شاخه جانبی و ارتفاع گیاه پیشنهاد نمود. نتایج مشابهی در این خصوص توسط رفاثی و همکاران (۳۳) در خصوص افزایش رشد و عملکرد اسفناج در اثر محلول‌پاشی با عصاره جلبک و پروتئین هیدرولیزات مشتق از گیاهان خانواده لگوم گزارش شد. در تحقیق انجام شده در گیاه ریحان (۲۵) و اسفناج (۱۳) مشخص شد که محلول‌پاشی عصاره جلبک موجب افزایش عملکرد ریحان و اسفناج و تعداد شاخه جانبی در ریحان به دلیل بهبود وضعیت متابولیسمی گیاه گردید. در بررسی انجام شده توسط وجودی و همکاران (۳۹) مشخص شد که استفاده از کودهای آلی به دلیل تأثیر مثبت آنها بر بهبود تغذیه گیاه موجب افزایش ارتفاع گیاه گردید. بهزادی و همکاران (۷) عنوان نمودند که استفاده از کود فسفات بارور دو و ازتوباکتر موجب تولید هورمون‌های محرک رشدی در انیسون شده و موجب افزایش ارتفاع و تعداد چتر در بوته گردید. در بررسی انجام شده در فلفل دلمه‌ای مشخص شد که استفاده از خاکپوش تأثیر مثبتی بر ارتفاع، قطر ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی داشت (۱۸). نور بازتابش یافته از خاکپوش به سمت بالا بر نحوه رشد دانه‌ها تأثیر داشت. در بالای سطح پوشش سفید انعکاس نور آبی بیشتر بوده و موجب افزایش ضخامت ساقه می‌شود. از طرفی نسبت نور قرمز دور به قرمز که در تنظیم طول ساقه و عمل فیتوکروم در گیاه دخالت دارد در پوشش مشکی نسبت به پوشش سفید بیشتر بوده که در نهایت موجب افزایش رشد گیاه می‌شود (۱۱).

محتوای کلروفیل a: بیشترین محتوای کلروفیل a در تیمار خاکپوش سیاه مشاهده شد (جدول ۶) که نشان‌دهنده افزایش تقریباً ۱۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد و خاکپوش سفید بود. براساس نتایج به دست آمده محلول‌پاشی با هر سه غلظت کود استیمپلکس موجب افزایش محتوای کلروفیل a نسبت به تیمار کود دکاپ و شاهد گردید (جدول ۵). نتایج حاصل از بررسی حاضر با نتایج تحقیقات وجودی و همکاران (۴۰) در خصوص افزایش در محتوای کلروفیل در اثر کاربرد مالچ سیاه مطابقت دارد. چنین به نظر می‌رسد استفاده از کودهای زیستی علاوه بر تامین عناصر غذایی شرایط را برای جذب سایر ریزمغذی‌ها فراهم نموده و این امر موجب افزایش رشد رویشی، افزایش عملکرد به دلیل افزایش فتوسنتز می‌شود (۷ و ۳۶).

جدول ۵- تأثیر تیمار محلول پاشی با غلظت های مختلف دکاپ و استیمپلکس بر صفات رشدی، محتوای کلروفیل a، ظرفیت مهار آنتی اکسیدانی، محتوای مواد جامد محلول کل و فلاونوئید ریحان
Table 5- The effects of foliar application with Dekap and Estemplex growth characteristics, chlorophyll a content, IC50, total soli solid content and flavonoid content of *Ocimum basilicum* L.

محلول پاشی Foliar application	محتوای مواد جامد محلول TSS (° Brix)	محتوای فلاونوئید Flavonoid content (mg g ⁻¹ DWt)	ظرفیت مهار درصدی IC50 %	محتوای کلروفیل a Chlorophyll a content (mg g ⁻¹ FWt)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی Axillary shoot number	بخش هوایی Aerial part dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
شاهد Control	1.29 ^b	6.2 ^b	2.7 ^a	1 ^b	17.5 ^b	2.3 ^b	26 ^c	7.7 ^c
۱/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ 1.5 mg L ⁻¹ Dekap	1.6 ^b	10.5 ^{ab}	1.8 ^{ab}	1 ^b	27 ^a	4.1 ^a	41 ^b	11.3 ^b
۳ میلی گرم در لیتر دکاپ 3 mg L ⁻¹ Dekap	1.8 ^b	12.6 ^a	1.9 ^{ab}	1.1 ^b	30 ^a	4.3 ^a	53 ^a	11.3 ^b
۴/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ 4.5 mg L ⁻¹ Dekap	1.4 ^b	12.4 ^a	2.2 ^a	1.2 ^b	31 ^a	4.4 ^a	50.7 ^{ab}	10.9 ^b
۱/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 1.5 mg L ⁻¹ Estemplex	2.12 ^a	12 ^a	1.7 ^c	1.66 ^a	27 ^a	4.5 ^a	48.3 ^{ab}	11.6 ^{ab}
۳ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 3 mg L ⁻¹ Estemplex	2.1 ^a	12.7 ^a	1.6 ^c	1.6 ^a	29 ^a	4.5 ^a	46.2 ^{ab}	12.6 ^{ab}
۴/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 4.5 mg L ⁻¹ Estemplex	1.7 ^b	12.6 ^a	1.7 ^c	1.54 ^a	26 ^a	4.2 ^a	43.1 ^b	11.56 ^b
LSD (5%)	0.3	1.1	0.35	0.26	4.5	1.2	5.2	3.4

جدول ۶- تأثیر خاکپوش پلاستیکی بر صفات رشدی و برخی صفات فیزیولوژیک ریحان
Table 6- The effects of foliar application with Dekap and Estemplex on growth characteristics and some physiological characteristics of *Ocimum basilicum* L.

خاکپوش Soil cover	محتوای ازت N content (%)	محتوای مواد جامد محلول TSS (° Brix)	محتوای فلاونوئید Flavonoid content (mg g ⁻¹ DWt)	IC ₅₀ (%)	محتوای کلروفیل a Chlorophyll content (mg g ⁻¹ FWt)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی Axillary shoot number	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
شاهد Control	1.7 ^c	1.7 ^b	9.8 ^b	2.2 ^a	1.3 ^b	21 ^b	3.2 ^b	9.4 ^b
سیاه Black cover	2.2 ^a	2.4 ^a	13.5 ^a	1.8 ^b	1.6 ^a	29 ^a	4.7 ^a	13.4 ^a
سفید White cover	1.9 ^b	1.9 ^b	9.1 ^b	1.9 ^b	1.3 ^b	26 ^a	3.8 ^{ab}	11 ^b
LSD (5%)	0.7	0.88	2.1	0.4	0.36	3.9	1.1	1.4

جامد محلول داشته و موجب افزایش ۳۸ درصدی در محتوای مواد جامد محلول نسبت به شاهد گردید. نتایج حاصل از جدول ۱۰ نشان داد که محتوای مواد جامد محلول کل گیاه تحت تأثیر همبستگی وزن خشک بخش هوایی گیاه و محتوای کلروفیل و فلاونوئید قرار گرفت. در تحقیق انجام شده توسط شکری و همکاران (۳۵) مشخص شد که کاربرد پوشش مالچ موجب حفظ رطوبت خاک برای مدت طولانی شده و موجب افزایش فتوسنتز و به دنبال آن کربوهیدرات محلول شد. محلول پاشی شاهی با عصاره جلبک موجب افزایش محتوای مواد جامد محلول در برگ‌ها شد (۳۹). نتایج بررسی انجام شده توسط وجودی مهربانی و همکاران (۳۸) در گیاه شاهی نشان داد که محلول پاشی با مارمارین موجب افزایش محتوای مواد جامد محلول کل شد. چنین به نظر می‌رسد که افزایش در رشد گیاه و به دنبال آن افزایش فتوسنتز در گیاهان تیمار شده با عصاره جلبک می‌تواند به علت مواد محرک رشد موجود در کود باشد که نهایتاً موجب افزایش محتوای مواد جامد محلول در گیاه می‌شود (۱۴).

محتوای ازت، فسفر و پتاسیم: نوع خاکپوش مورد استفاده تأثیر مثبت بر درصد پتاسیم و فسفر داشت (جدول ۷) و بیشترین درصد فسفر (جدول ۷) و نیتروژن (جدول ۶) در تیمار خاکپوش سیاه ثبت شد. هر دو رنگ خاکپوش مورد استفاده تأثیری مشابه در درصد پتاسیم گیاه داشت (افزایش ۱۹ درصدی محتوای پتاسیم نسبت به تیمار شاهد) (جدول ۷). سطوح کودی دکاپ و استیمپلکس مورد استفاده در پژوهش حاضر موجب افزایش درصد فسفر و پتاسیم ریحان شدند و کمترین میزان هر دو ترکیب در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۷). محلول پاشی با غلظت‌های ۱/۵، ۳ و ۴/۵ میلی‌لیتر در لیتر استیمپلکس موجب افزایش درصد ازت نسبت به تیمار شاهد و نمونه های محلول پاشی شده با دکاپ گردید (جدول ۸). بر اساس نتایج حاصل از جدول ۱۰ محتوای پروتئین تحت تأثیر همبستگی مثبت میان وزن خشک بخش هوایی گیاه، محتوای فلاونوئید، ازت، فسفر و پتاسیم گیاه قرار گرفت. نتایج بررسی انجام شده در خصوص کاربرد عصاره جلبک در پرورش اسفناج نشان داد که عصاره موجب افزایش رشد گیاه و عملکرد اسفناج شده در حالیکه باقیمانده ازت در گیاهان تحت تیمار مشاهده نشد (۳۳). در بررسی انجام شده در ریحان مشخص شد که کاربرد خاکی عصاره جلبک موجب افزایش محتوای فسفر و پتاسیم در گیاه شد (۲۵). نیتروژن یکی از عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاه بوده که تأثیر مثبت بر رشد و عملکرد گیاه دارد. این عنصر موجب تأمین N_2 لازم برای تشکیل مولکول کلروفیل و اسیدهای آمینه می‌شود و موجب تداوم عمل فتوسنتز در گیاه می‌شود (۴). وجودی و همکاران (۴۰) و حیدر و همکاران (۱۴) عنوان نمودند که کاربرد کودهای آلی (دامی و ورمی‌کمپوست) موجب افزایش محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه و به دنبال آن افزایش بیوسنتز ترکیبات فنلی شدند.

نتایج بررسی انجام شده در گیاه اسفناج نیز نشان‌دهنده افزایش محتوای کلروفیل گیاه در اثر محلول پاشی با عصاره جلبک بود (۳۳). نتایج مشابهی در خصوص افزایش محتوای کلروفیل در اثر محلول پاشی با عصاره جلبک توسط وجودی مهربانی و همکاران (۳۸) گزارش گردید. در پژوهش انجام شده توسط فان و همکاران (۱۳) مشخص شد که محلول پاشی گیاهان با عصاره جلبک موجب افزایش توانایی کلات کردن آهن در داخل گیاه می‌شود. آهن از عناصر غذایی ضروری در گیاه بوده و نقش بسیار مهمی در فعالیت‌های متابولیکی گیاه دارد. محلول پاشی گیاهان با کودهای مورد استفاده در پژوهش حاضر موجب بهبود رشد گیاه شد افزایش در رشد و فتوسنتز گیاه موجب تخصیص مواد غذایی بیشتری برای ریشه شده و در نهایت موجب افزایش جذب مواد غذایی از خاک می‌شود. افزایش محتوای کلروفیل می‌تواند به دلیل تأثیر مثبت ریزمغذی‌های موجود در کود استیمپلکس باشد. آهن از جمله عناصر موجود در ساختمان سیتوکروم می‌باشد که در عملیات اکسیداسیون و احیا و بیوسنتز کلروفیل در گیاه شرکت دارد (۲۲).

غلظت مهار ۵۰ درصدی (IC₅₀) ریحان: براساس نتایج به دست آمده از جدول ۶ نوع خاکپوش مورد استفاده تأثیر مثبت در IC₅₀ گیاه نسبت به شاهد داشت. بهترین محتوای IC₅₀ ریحان در هر سه سطح تیمار محلول پاشی با کود استیمپلکس مشاهده شد (جدول ۵). همبستگی معنی‌داری میان خاصیت آنتی‌اکسیدانی گیاه و محتوای فنل و فلاونوئید کل مشاهده شد (جدول ۱۰). در تحقیق انجام شده توسط خان و همکاران (۲۱) و تای و همکاران (۳۶) مشخص شد که استفاده از عصاره جلبک در پرورش لوبیا و ریحان موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گردید. نتایج مشابهی در خصوص کاهش محتوای IC₅₀ گیاه شاهی در اثر محلول پاشی با مارمارین گزارش شده است (۳۸). نقی و اوکیما (۲۹) گزارش کردند که عصاره جلبک منبع غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد و اثرات بازدارندگی آن بر رادیکال‌های آزاد بیشتر از ویتامین‌های C و E بود. نتایج بررسی انجام شده توسط فان و همکاران (۱۳) نشان داد که محلول پاشی اسفناج با عصاره جلبک دریایی موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گردید. ترکیبات فنلی در ریحان دارای پتانسیل ردوکس بالایی بوده و نقش بسیار مهمی در جذب و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و از بین بردن رادیکال‌های اکسیژن منفرد و تریپلیت و تجزیه پراکسیدازها دارند (۵).

مواد جامد محلول کل: بیشترین میزان مواد جامد محلول کل در تیمار خاکپوش سیاه (۲/۴ درجه بریکس) مشاهده شد که نشان‌دهنده افزایش ۲۹ درصد مواد جامد محلول نسبت به تیمار شاهد بود (جدول ۶). بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۵ مشخص شد که سطوح ۱/۵ و ۳ میلی‌گرم در لیتر استیمپلکس تأثیر مثبت در محتوای مواد

جدول ۷- تأثیر خاکپوش پلاستیکی بر وزن خشک بخش هوایی گیاه، محتوای عناصر، پروتئین و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ریحان
Table 7- The effects of foliar application with Dekap and Estemplex on aerial part dry weight, elemental content, and protein and superoxide dismutase content of *Ocimum basilicum* L.

خاکپوش Soil cover	محتوای روی Zn content (mg Kg ⁻¹ DWt)	محتوای سوپراکسید دیسموتاز SOD content (mg ⁻¹ Protein)	محتوای پروتئین Protein content (mg g ⁻¹ Fwt)	محتوای منیزیم Mg content (%)	محتوای پتاسیم K content (%)	محتوای فسفر P content (%)	محتوای بخش هوایی Aerial part dry weight (g)
شاهد Control	22 ^b	492 ^b	25 ^b	0.02 ^b	1.7 ^b	0.24 ^b	36 ^b
سیاه Black cover	26 ^a	573 ^a	31 ^a	0.25 ^a	2.1 ^a	0.31 ^a	51 ^a
سفید White cover	23 ^{ab}	545 ^{ab}	27 ^b	0.21 ^b	2.1 ^a	0.24 ^b	42 ^b
LSD (1%)	3	11.9	2.9	0.1	0.4	0.11	7.8

جدول ۸- تأثیر تیمار محلول پاشی SOD و Protein content of *Ocimum basilicum* L.

محلول پاشی Foliar application	محتوای روی Zn content (mg Kg ⁻¹ DWt)	محتوای سوپر اکسید دیسموتاز SOD content (mg ⁻¹ Protein)	محتوای پروتئین Protein content (mg g ⁻¹ Fwt)	محتوای منیزیم Mg content (%)	محتوای پتاسیم K content (%)	محتوای فسفر P content (%)	محتوای نیتروژن N content (%)
شاهد Control	15.4 ^c	432 ^c	20 ^b	0.11 ^d	1.4 ^b	0.2 ^b	1.4 ^b
۱/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ 1.5 mg L ⁻¹ Dekap	23.3 ^b	521 ^b	22.5 ^b	0.20 ^{bc}	2.4 ^a	0.33 ^a	1.6 ^b
۳ میلی گرم در لیتر دکاپ 3 mg L ⁻¹ Dekap	24.5 ^{bc}	518 ^b	26 ^b	0.19 ^b	2.8 ^a	0.29 ^a	1.9 ^b
۴/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ 4.5 mg L ⁻¹ Dekap	23.7 ^{bc}	500 ^b	26.4 ^b	0.20 ^b	2.2 ^a	0.31 ^a	1.6 ^b
۱/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 1.5 mg L ⁻¹ Estemplex	28.9 ^{ab}	570 ^{ab}	29.5 ^{ab}	0.26 ^a	2.11 ^a	0.3 ^a	2.2 ^a
۳ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 3 mg L ⁻¹ Estemplex	30.33 ^a	593 ^a	32.5 ^a	0.25 ^a	2.2 ^a	0.25 ^{ab}	2.3 ^a
۴/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 4.5 mg L ⁻¹ Estemplex	21.3 ^b	510 ^b	29.8 ^{ab}	0.28 ^a	2.2 ^a	0.24 ^{ab}	2.1 ^a
LSD (5%)	3.7	15.4	8.1	0.3	0.4	0.25	0.35

محتوای روی در گیاه شاهی مطابقت دارد. روی از عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه بوده و نقش مهمی در ساختار آنزیم‌هایی مانند اکسید وردکنازها، ترانسفرازها، بیوستنز پروتئین، کربوهیدرات و متابولیسم عمومی سلول دارد (۱۵). تأثیر مثبت روی در افزایش بیوماس گیاه ممکن است به دلیل افزایش محتوای کلروفیل، فعالیت فسفوانول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور روی باشد (۳۱ و ۳۳).

محتوای پروتئین: بیشترین محتوای پروتئین در تیمار خاکپوش سیاه و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد و خاکپوش سفید مشاهده شد (جدول ۷). هر سه سطح محلول‌پاشی با استیمپلکس موجب افزایش محتوای پروتئین گیاه شده و بیشترین میزان پروتئین در تیمار ۳ میلی گرم در لیتر استیمپلکس مشاهده شد. تیمار سه میلی لیتر در لیتر کود استیمپلکس موجب افزایش ۳۸ درصدی محتوای پروتئین نسبت به شاهد گردید (جدول ۸). نتایج حاصل از جدول ضرایب همبستگی نشان دهنده تأثیر معنی‌دار تعداد شاخه جانبی بر وزن خشک بخش هوایی گیاه بود. همچنین بین وزن خشک بخش هوایی گیاه، ارتفاع و محتوای کلروفیل گیاه و خاصیت آنتی اکسیدانی گیاه همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۱۰). نتایج مشابهی در خصوص استفاده از عصاره جلبک بر افزایش محتوای پروتئین در گیاه کرچک گزارش شده است (۳۷). عباس (۱) حیدر و همکاران (۱۴) گزارش نمودند که استفاده از عصاره جلبک به‌عنوان کود موجب افزایش محتوای پروتئین در باقلا و سیب‌زمینی گردید. ایشان دلیل این افزایش را افزایش در غلظت کربوهیدرات‌ها در برگ‌های گیاه دانستند. کسراجان و نقواجو (۲۰) عنوان نمودند که استفاده از مالچ پلاستیکی با کاهش رشد علف هرز، کاهش مصرف آب، افزایش توان ریشه در جذب عناصر غذایی و افزایش کارایی میکروارگانیسم‌های خاک موجب افزایش عملکرد دانه و محتوای پروتئین گیاه شد. شگری و همکاران (۳۵) گزارش کردند که استفاده از پوشش مالچ تأثیر معنی داری بر محتوای پروتئین و فتوسنتز گیاه به‌دلیل حفظ رطوبت خاک و انعکاس نور به داخل تاج توت فرنگی داشت.

محتوای سوپراکسید دیسموتاز: کمترین میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار شاهد مشاهده شد. تفاوتی میان خاکپوش سفید و سیاه از نظر محتوای آنزیم مشاهده نشد (جدول ۷). سطوح محلول‌پاشی با ۱/۵ و ۳ میلی لیتر در لیتر استیمپلکس موجب افزایش محتوای سوپراکسید دیسموتاز نسبت به سایر تیمارها گردید (جدول ۸). نتایج بررسی خزائی و سیاری (۲۳) نشان داد که محلول پاشی گیاهان فلفل شیرین با ۵-آمینولولینیک موجب افزایش محتوای آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گردید. سوپراکسید دیسموتاز از آنزیم‌های مهم در سلول‌های گیاهی بوده و نقش مهمی در حفاظت از فعالیت‌های متابولیکی سلول با افزایش سن گیاه دارد.

بهبود تغذیه و وضعیت رطوبتی گیاه در اثر کاربرد مالچ و کودهای آلی موجب افزایش بیوستنز متابولیت‌های اولیه شده و با افزایش فتوسنتز در گیاه سوپستراهای لازم برای مسیرهای بیوستنزی متابولیت‌های ثانویه فراهم می‌شود. بررسی‌ها نشان داده‌اند که کاربرد کودهای زیستی موجب افزایش محتوای فنل و فلاونوئید در گیاه به دلیل بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه می‌شود. کودهای زیستی دارای محرک‌های رشدی بوده و با تحریک رشد گیاه موجب بیوستنز سیدروفور از ریشه گیاه می‌شوند که نقش مهمی در تحریک میکروارگانیسم‌های خاکزی داشته و موجب افزایش جذب عناصر توسط گیاه می‌شود (۳۶).

محتوای منیزیم گیاه: بیشترین میزان منیزیم در خاکپوش سیاه مشاهده شد از نظر درصد منیزیم تفاوتی میان تیمار شاهد و تیمار خاکپوش سفید وجود نداشت (جدول ۷). درصد منیزیم تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشی با استیمپلکس قرار گرفت و هر سه سطح کودی مورد استفاده موجب افزایش محتوای منیزیم گردیدند (جدول ۸). همبستگی معنی‌داری میان محتوای منیزیم، محتوای کلروفیل a، فلاونوئید، مواد جامد محلول کل، ازت، فسفر و پتاسیم در پژوهش حاضر مشاهده شد (جدول ۱۰). نتایج بررسی انجام شده در اسفناج نشان داد که محلول‌پاشی گیاه با عصاره جلبک موجب افزایش محتوای منیزیم و پتاسیم در گیاهان تحت تیمار شد (۳۳). نتایج مشابهی در خصوص افزایش محتوای منیزیم در اثر محلول‌پاشی ریحان با عصاره گیاهی گزارش شد (۲۵). عصاره جلبک‌های دریایی حاوی عناصر ریز مغذی عناصر غذایی ماکرو، آمینو اسیدها، ویتامین‌ها، هورمون‌ها (سیتوکنین و اکسین) می‌باشند که موجب افزایش رشد گیاه و بهبود عملکرد محصول می‌شوند (۲۱). چنین به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی گیاه به‌همراه استفاده از پوشش مالچ شرایط مطلوبی را برای جذب این عنصر فراهم آورده و موجب افزایش محتوای منیزیم در گیاه شده است (۳۹). وجود منیزیم کافی در گیاه موجب افزایش محتوای کلروفیل و بهبود فعالیت آنزیمی گیاه می‌شود. احتمالاً افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی مشاهده شده در آزمایش حاضر به‌علت بهبود جذب منیزیم بود.

محتوای روی: هر دو خاکپوش مورد استفاده تأثیر مثبت بر محتوای روی ریحان داشت (جدول ۷). محلول‌پاشی با ۱/۵ و ۳ میلی گرم در لیتر استیمپلکس موجب افزایش محتوای روی نمونه‌ها نسبت به سایر تیمارها گردید. کم‌ترین میزان این ترکیب در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۸). نتایج حاصل از جدول ضرایب همبستگی نشان دهنده همبستگی مثبتی میان محتوای روی، کلروفیل a، فلاونوئید، مواد جامد محلول و فسفر بود (جدول ۱۰). نتایج حاصل از بررسی حاضر با نتایج تحقیقات وجودی مهربانی و همکاران (۳۹) در خصوص تأثیر مثبت کودهای آلی بر افزایش

جدول ۹- اثرات متقابل تیمار خاکپوش × سطوح مختلف محلول پاشی با دکاپ و استیمپلکس بر محتوای فنل کل گیاه ریحان

Table 9- The interaction effects of foliar application × Dekap and Estemplex and soil cover on total phenolic content of <i>Ocimum basilicum</i> L.			
تیمار Treatment	محتوای فنل کل Total phenolic content (mg g ⁻¹ Dwt)	تیمار Treatment	محتوای فنل کل Total phenolic content (mg g ⁻¹ Dwt)
شاهد Control	41 ^g	خاکپوش سیاه × ۴/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ 4.5 mg L ⁻¹ Dekap× Black soil cover	105 ^a
خاکپوش سیاه × شاهد Black soil cover×Control	74 ^{cd}	خاکپوش سیاه × ۱/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 1.5 mg L ⁻¹ Estemplex×Black soil cover	98 ^{ab}
خاکپوش سفید × شاهد soil coverWhite×Control	70 ^{cd}	خاکپوش سیاه × ۳ میلی گرم در لیتر استیمپلکس Black soil cover× 3 mg L ⁻¹ Estemplex	98 ^{ab}
بدون خاکپوش × ۱/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ 1.5 mg L ⁻¹ Dekap×Control	58 ^{defg}	خاکپوش سیاه × ۴/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس Black soil cover× 4.5 mg L ⁻¹ Estemplex	73 ^{cd}
بدون خاکپوش × ۳ میلی گرم در لیتر دکاپ 3 mg L ⁻¹ Dekap×Control	60 ^{def}	خاکپوش سفید × ۱/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ 1.5 mgL ⁻¹ Dekap×White soil cover	73 ^{cd}
بدون خاکپوش × ۴/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ 4.5 mg L ⁻¹ Dekap×Control	58 ^{defg}	خاکپوش سفید × ۳ میلی گرم در لیتر دکاپ 3 mgL ⁻¹ Dekap× White soil cover	71 ^{cd}
بدون خاکپوش × ۱/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 1.5 mg L ⁻¹ Estemplex×Control	61 ^{de}	خاکپوش سفید × ۴/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ 4.5 mgL ⁻¹ Dekap× White soil cover	66 ^{cde}
بدون خاکپوش × ۳ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 3 mg L ⁻¹ Estemplex×Control	66 ^{cde}	خاکپوش سفید × ۱/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 1.5 mgL ⁻¹ Estemplex× White soil cover	68 ^{cde}
بدون خاکپوش × ۴/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 4.5 mg L ⁻¹ Estemplex×Control	67 ^{cdf}	خاکپوش سفید × ۳ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 1.5 mgL ⁻¹ Estemplex× White soil cover	72 ^{cd}
خاکپوش سیاه × ۱/۵ میلی گرم در لیتر دکاپ Black soil cover× 1.5 mg L ⁻¹ Dekap	83 ^b	خاکپوش سفید × ۴/۵ میلی گرم در لیتر استیمپلکس 4.5 mgL ⁻¹ Estemplex×White soil cover	83 ^{bc}
خاکپوش سیاه × ۳ میلی گرم در لیتر دکاپ Black soil cover×3 mg L ⁻¹ Dekap	82 ^{bc}		
LSD (1%)	11.2	LSD (1%)	11.2

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی (روش پیرسون) تأثیر خاکپوش و کود استیمپلکس و دکاپ بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک ریحان

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1																
2	0.62**	1															
3	0.50**	0.64**	1														
4	0.60**	0.57**	0.29**	1													
5	0.50**	0.42**	0.51**	0.24	1												
6	0.17	-0.06	-0.02	-0.07	0.13	1											
7	-0.4**	-0.5**	-0.5**	-0.5**	-0.2	1											
8	0.56*	0.73**	0.60**	0.58	0.55**	0.05	-0.7**	1									
9	0.63**	0.52**	0.40**	0.51**	0.54**	0.21	-0.5**	0.63**	1								
10	0.58**	0.60**	0.67**	0.39**	0.72**	0.09	0.54**	0.63**	0.49**	1							
11	0.63**	0.73**	0.56**	0.66**	0.54**	0.20	0.69**	0.78**	0.68**	0.64**	1						
12	0.41**	0.63**	0.4**	0.46**	0.36**	-0.12	-0.4**	0.63**	0.32**	0.45**	0.56**	1					
13	0.48**	0.61**	0.56**	0.61**	0.27*	0.08	-0.6**	0.6**	0.40**	0.42**	0.61**	0.43**	1				
14	0.61**	0.69**	0.40**	0.56**	0.49**	0.147	-0.5**	0.74**	0.60**	0.62**	0.68**	0.43**	0.51**	1			
15	0.28*	0.55**	0.41**	0.42**	0.30*	0.09	-0.4**	0.57**	0.20	0.30**	0.50**	0.48**	0.41**	0.48**	1		
16	0.49**	0.42**	0.35**	0.46**	0.6**	0.22	-0.7**	0.61**	0.59**	0.39**	0.67**	0.28*	0.44**	0.51**	0.31*	1	
17	0.57**	0.49**	0.54**	0.45**	0.70**	0.05	-0.7**	0.68**	0.65**	0.65**	0.69**	0.27*	0.51**	0.59**	0.35**	0.76	1

۱-۱۱- محتوای مواد جامد محلول کل
 ۱۲- محتوای فلاونوئید
 ۱۳- محتوای فنل کل
 ۱۴- محتوای کلروفیل a
 ۱۵- محتوای کلروفیل b
 ۱۶- محتوای کلروفیل
 ۱۷- محتوای پروتئین
 ۱۸- محتوای پروتئین
 ۱۹- محتوای پروتئین
 ۲۰- محتوای پروتئین
 ۲۱- محتوای پروتئین
 ۲۲- محتوای پروتئین
 ۲۳- محتوای پروتئین
 ۲۴- محتوای پروتئین
 ۲۵- محتوای پروتئین
 ۲۶- محتوای پروتئین
 ۲۷- محتوای پروتئین
 ۲۸- محتوای پروتئین
 ۲۹- محتوای پروتئین
 ۳۰- محتوای پروتئین
 ۳۱- محتوای پروتئین
 ۳۲- محتوای پروتئین
 ۳۳- محتوای پروتئین
 ۳۴- محتوای پروتئین
 ۳۵- محتوای پروتئین
 ۳۶- محتوای پروتئین
 ۳۷- محتوای پروتئین
 ۳۸- محتوای پروتئین
 ۳۹- محتوای پروتئین
 ۴۰- محتوای پروتئین
 ۴۱- محتوای پروتئین
 ۴۲- محتوای پروتئین
 ۴۳- محتوای پروتئین
 ۴۴- محتوای پروتئین
 ۴۵- محتوای پروتئین
 ۴۶- محتوای پروتئین
 ۴۷- محتوای پروتئین
 ۴۸- محتوای پروتئین
 ۴۹- محتوای پروتئین
 ۵۰- محتوای پروتئین
 ۵۱- محتوای پروتئین
 ۵۲- محتوای پروتئین
 ۵۳- محتوای پروتئین
 ۵۴- محتوای پروتئین
 ۵۵- محتوای پروتئین
 ۵۶- محتوای پروتئین
 ۵۷- محتوای پروتئین
 ۵۸- محتوای پروتئین
 ۵۹- محتوای پروتئین
 ۶۰- محتوای پروتئین
 ۶۱- محتوای پروتئین
 ۶۲- محتوای پروتئین
 ۶۳- محتوای پروتئین
 ۶۴- محتوای پروتئین
 ۶۵- محتوای پروتئین
 ۶۶- محتوای پروتئین
 ۶۷- محتوای پروتئین
 ۶۸- محتوای پروتئین
 ۶۹- محتوای پروتئین
 ۷۰- محتوای پروتئین
 ۷۱- محتوای پروتئین
 ۷۲- محتوای پروتئین
 ۷۳- محتوای پروتئین
 ۷۴- محتوای پروتئین
 ۷۵- محتوای پروتئین
 ۷۶- محتوای پروتئین
 ۷۷- محتوای پروتئین
 ۷۸- محتوای پروتئین
 ۷۹- محتوای پروتئین
 ۸۰- محتوای پروتئین
 ۸۱- محتوای پروتئین
 ۸۲- محتوای پروتئین
 ۸۳- محتوای پروتئین
 ۸۴- محتوای پروتئین
 ۸۵- محتوای پروتئین
 ۸۶- محتوای پروتئین
 ۸۷- محتوای پروتئین
 ۸۸- محتوای پروتئین
 ۸۹- محتوای پروتئین
 ۹۰- محتوای پروتئین
 ۹۱- محتوای پروتئین
 ۹۲- محتوای پروتئین
 ۹۳- محتوای پروتئین
 ۹۴- محتوای پروتئین
 ۹۵- محتوای پروتئین
 ۹۶- محتوای پروتئین
 ۹۷- محتوای پروتئین
 ۹۸- محتوای پروتئین
 ۹۹- محتوای پروتئین
 ۱۰۰- محتوای پروتئین

1: Root dry weight; 2: Aerial part dry weight; 3: Number of auxiliary shoot; 4: Plant height; 5: Chl a content; 6: Chl b content; 7: IC50 %; 8: Total phenolic content; 9: Flavonoid content; 10: TSS content; 11: N %; 12: P %; 13: K %; 14: protein content; 15: SOD content; 16: Zn content; 17: mg content

همکاران (۱۳) و تای و همکاران (۳۶) مشخص شد که استفاده از عصاره جلبک موجب افزایش محتوای فنل و فلاونوئید کل در باقلا و ریحان به دلیل افزایش دسترسی به سوبستراهای مورد نیاز در بیوسنتز ترکیبات فنلی و افزایش فعالیت آنزیم های درگیر (فنیل آلانین آمونیا لیاژ و چالکون سنتتاز) در بیوسنتز این ترکیبات شد.

نتیجه گیری

تغذیه مناسب و اصولی گیاه موجب حفظ محیط زیست به دلیل کاهش مصرف سم و کود شیمیایی، کاهش فرسایش خاک، حفظ تنوع زیستی و افزایش کارایی نهاده ها می شود. در سال های اخیر به دلیل کمبود منابع آبی کشور تداوم تولید در بخش کشاورزی به استفاده صحیح از منابع آبی وابسته می باشد. استفاده از مالچ های پلاستیکی نیز با افزایش کمیت و کیفیت محصول موجب تسریع حرکت به سمت کشاورزی پایدار می شوند. نتایج حاصل از بررسی حاضر نشان دهنده تأثیر مثبت خاکپوش مخصوصا خاکپوش سیاه و محلول پاشی با هرسه غلظت کود استیمپلکس بر صفات مورد مطالعه بود. براساس نتایج حاصل از آزمایش حاضر چنین به نظر می رسد که تأثیر کود استیمپلکس به دلیل دارا بودن محرک های رشدی و عناصر غذایی در رشد و صفات فیزیولوژیکی ریحان بیشتر از کود دکاپ بوده و با مطالعات تکمیلی می توان از این کود در بخش ترویج و به صورت هم گیر در کشت های متراکم تجاری استفاده نمود.

در بررسی حاضر چنین به نظر می رسد که محلول پاشی تأثیر مثبتی در بیوسنتز آنزیم فوق داشته و همچنان که مشاهده می شود عملکرد بالای گیاه نیز در غلظت های ۱/۵ و ۳ میلی گرم در لیتر کود می تواند تاییدی بر تقلیل اثرات منفی رادیکال های آزاد اکسیژن باشد.

محتوای فنل و کل و فلاونوئید: محتوای فنل کل نمونه ها تحت تأثیر اثرات متقابل خاکپوش و تیمارهای محلول پاشی قرار گرفت و بیشترین میزان فنل کل در تیمار خاکپوش سیاه در ۴/۵ میلی لیتر در لیتر کود دکاپ، خاکپوش سیاه در ۱/۵ و ۳ میلی لیتر در لیتر کود استیمپلکس مشاهده گردید (جدول ۹). محتوای فلاونوئید تحت تأثیر خاکپوش سیاه قرار گرفت. تفاوت معنی داری بین محتوای فلاونوئید بین خاکپوش سفید و تیمار شاهد مشاهده نشد (جدول ۷). هر دو کود موجب افزایش محتوای فلاونوئید نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۷). گیاه ریحان حاوی طیف متنوعی از ترکیبات فنلی می باشد. این ترکیبات به عنوان بخش مهمی از مواد مؤثره گیاه به شدت تحت تأثیر فاکتورهای زراعی و محیطی قرار می گیرند (۱۷). پوشش خاک فاکتور مهم دیگری در رشد گیاهان بوده و باعث کاهش هدر رفت آب از خاک و پایداری دمای خاک می شود. در بررسی حاضر به دلیل محلول پاشی گیاهان با کود استیمپلکس و افزایش جذب آن توسط گیاه محتوای فنل کل افزایش پیدا کرده است. نتایج مشابهی در خصوص افزایش محتوای فنل و فلاونوئید کل در اثر کاربرد عصاره جلبک در گیاه اسفناج گزارش شد (۳۳). نتایج بررسی انجام شده در گیاه شاهی نشان داد که محلول پاشی با مارمارین موجب افزایش محتوای فنل و فلاونوئید کل در گیاه گردید (۳۸). در بررسی انجام شده توسط فان و

منابع

1. Abbas S.M. 2013. The influence of bio-stimulant on the growth and on the biochemical composition of *Vicia faba* cv. Giza 3 beans. Romanian Biotechnological Letter 18: 8061-8068.
2. Abbasi H., AghaAlikhani M., and Hamzei J. 2017. Effect of irrigation intervals, black plastic mulch and bio-fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 15(2): 399-412. (In Persian with English abstract)
3. Adediran J.A., Taiwo L.B., Akande M.O., Sobulo R.A., and Idowu O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.
4. Al-Tarweh A.A. 2005. The effects of two types of organic manure and NPK on growth, yield and quality of lettuce and strawberry. Mu'tah University. M.Sc. Thesis.
5. Asami D.K., Hong Y., Barrett D.M., and Mitchell A.E. 2003. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marion berry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51(5): 1237-1241.
6. Aslam M., Sultana B., Anwar F., Munir H. 2016. Foliar spray of selected plant growth regulators affected the biochemical and antioxidant attributes of spinach in a field experiment. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 40: 136-145.
7. Behzadi Y., Saleh A., Baloch H.R., and Yadavi A. 2014. Effect of biological, organic and chemical fertilizers on yield and yield components of anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(4): 161-175.
8. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., and Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebens. Wissen Technology 28: 25-30.
9. Bradford M.M. 1976. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing

- the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
10. Colla G., Nardi S., Cardarelli M., Ertani A., Lucini L., Canaguier R., and Rouphae Y. 2015. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 28-38. doi: 10.1016/j.scienta.2015.08.037.
 11. Decoteau D.R., Kasperbauer M.J., and Hunt P.G. 1989. Mulch surface color affects yield of fresh-market tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114: 216-219.
 12. El- Gawad A., and Osman H.S. 2014. Effect of exogenous application of boric acid and seaweed extract on growth, biochemical content and yield of eggplant. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants* 6(3): 133-143.
 13. Fan D., Hodges D.M., Zhang J., Kirby C.W., Ji X., Locke S.J., Critchley A.T., and Prithiviraj B. 2011. Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress. *Food Chemistry* 124(1): 195-202.
 14. Haider M.V., Ayyub C.M., Pervez M.A., Asad H., Manan A., and Ashraf A. 2012. Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Soil Environment* 3(2): 157-162.
 15. Hemantaranjan A. 1996. Physiology and biochemical significance of zinc in plants. In: *Advancement in Micronutrient Research*, Ed. Hemanteranjan, A. Scientific Publishers, Joudhpur, Rajasthan, India, Pp: 151-178.
 16. Honarjoo N., Hajrasuliha S.H., Amini H. 2013. Three plants in absorption of ions from different natural saline and sodic soils. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 6: 988-993.
 17. Hussain A.I., Anwar F., Sherazi S.T.H., and Przybylski R. 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry* 108: 986-995.
 18. Javanmardi J., and Rezaei R. 2014. The effects of colorful polyethylene soil cover on quality and quantity of *Capsicum annuum*. *Vegetable Science* 2: 1-7.
 19. Karimi J., Nasorahzadeh A., Jalili F., and Valipour R. 2011. The effects of P fertilizer and micro elements foliar application on yield and yield component of Maize. *Research in Crop Science* 4(15): 33-43.
 20. Kasirajan S., and Ngouajio M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agronomy for sustainable development* 32: 501-529.
 21. Khan W., RayirathSubramanian U.P., Jithesh M.N., Rayorath P., Hodges D.M., Critchley A.T., Craigie J.S., Norrie J., and Prithiviraj B. 2009. Seaweed extracts as bio-stimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth and Regulators* 28: 386-399.
 22. Khandan A. 2004. The effects of chemical and organic fertilizer on physico-chemical characteristic of soil and on *planago psyllium* yield traits. MSC, thesis, Ferdosi University of Mashhad.
 23. Khazaei Z., Sayari M. 2015. Effect of foliar application of 5- aminolevulinic acid on growth, some physiological factors and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under drought stress. *Journal of Plant Research* 28(5): 952-961. (In Persian with English abstract)
 24. Kim K.H., Tsao R., Yang R., and Cui S.W. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry* 95: 466-473.
 25. Kwiatkowski C.A., and Juszczak J. 2011. The response of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) to the application of growth stimulators and forecrops. *Acta Agrobotanica* 64(2): 69-76.
 26. Loughrin J.H., and Kasperbauer M.J. 2001. Light reflected from colored mulches affects aroma and phenol content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(3): 1331-1335.
 27. Luziatelli F., Grazia Ficca A., Colla G., Baldassrre Svecova E., and Ruzzi M. 2019. Foliar application of vegetal-derived bioactive compounds stimulates the growth of beneficial bacteria and enhances microbiome biodiversity in lettuce. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00060>
 28. MolaHossaini H., and Jalali A. 2016. The effects of foliar application of potassium fertilizer to reduce the effects of irrigation water salinity on potatoes. *Iranian Journal of Field crops Research* 25(1): 204-215.
 29. Nagai T., and Ukimoto T. 2003. Preparation and functional properties of beverages made from Sea algae. *Food Chemistry* 81: 327-332.
 30. Prochazkova D., Sairam R.K., Srivastava G.C., and Singh, D.V. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. *Plant Science* 161: 765-771.
 31. Ravi S., Channal H.T., Hebsur N.S., Patil B.N., and Dharmatti P.R. 2008. Effect of sulfur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Science* 32:382- 385.
 32. Rios-Gonzalez K., Erdei L., and Lips S.H. 2002. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings as affected by salinity and different nitrogen sources. *Plant Science* 162: 923-930.
 33. Rouphae Y., Giordano M., Cardarelli M., Cozzolino E., Mori M., Kyriacou M.C., Bonini P., and Colla G. 2018. Plant- and seaweed-based extracts increase yield but differentially modulate nutritional quality of greenhouse

- spinach through bio-stimulant action. *Agronomy* 8(7): 126. <https://doi.org/10.3390/agronomy8070126>.
34. Sawan Z.M., Hafez S.A., and Basyony A.E. 2001. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of plant growth retardant and zinc on cotton seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. *Journal of Agronomy and Crop Science* 186: 183-191.
35. Shokri B., Darabi S., Ghadrei N., and Javaedi T. 2013. The investigation of plastic mulch on different biological characteristics of strawberry under drought stress. Second National Conference on Agriculture and Sustainable Natural Resources. 1-5. (In Persian with English abstract)
36. Taie H.A.A., Salama Z.A., and Radwan S. 2010. Potential activity of basil plants as a source of antioxidants and anticancer agents as affected by organic and bio-organic. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj* 38(1): 119-127.
37. Tobeh A., and Salamat Bakhsh M. 2011. The effects of micro-nutrient foliar application at different development stage in yield component of *Ricinus communis*. MS.c Thesis. University of Mohaghegh Ardabili. (In Persian with English abstract)
38. Vojodi Mehrabani L., Valizadeh Kamran R., Hassanpouraghdam M.B., and Asadi R. 2018. Foliar application of Marmarin on antioxidant activity and storage time of garden cress (*Lepidium sativum* L.). *AgricultureConspectus Scientificus* 83(3): 263-268.
39. Vojodi Mehrabani L., Valizadeh Kamran R., and Hassanpouraghdam M.B. 2017. The effects of relative substitution of organic fertilizers on elemental content, some physiological traits and yield of *Lepidium sativum* L. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 27(3): 63-72.
40. Vojodi Mehrabani L., Valizadeh Kamran R., Azizpour K. 2016. The effects of organic manures, soil cover and drying temperature on some growth and phytochemical characteristics of *Calendula officinalis*. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 26(4): 103-112. (In Persian with English abstract)



The Effect of Plastic Soil Cover, Dekap and Estimplex Foliar Application on Growth and Some Physio-chemical Characteristics of *Ocimum basilicum* L.

L. Vojodi Mehrabani^{1*}

Received: 27-06-2018

Accepted: 28-12-2019

Introduction: *Ocimum basilicum* L. is an herbaceous annual plant from Lamiaceae family. *Ocimum basilicum* is more valued for its essential oil components, vitamins and elemental content. Nowadays, using soil covers is a major trend in modern agricultural systems mainly due to their water saving potential, prevention of soil erosion, soil temperature equilibrium, nutrients availability, soil structure improvement, positive effect on plant quality attributes, weed control and yield improvement. Organic fertilizers, regulate pH, adjust soil CEC and improve the micro-organisms activity. Dekap® and Estimplex® improves the plant nutrition and the application of these organic sources would be so promising in order to meet the sustainable agricultural system needs mainly to cut the overuse of chemical fertilizers. High pH and calcareous soils greatly impact the quality and yield of plants dominantly due to nutritional imbalances in the most regions of the country. Therefore, the foliar application of nutrients would be an efficient way to overcome the problem. Moreover, water deficiency is another constraint encourages the using bed-covers to combat the water scarcity in many parts of the country.

Materials and Methods: In order to study the effects of soil cover (control, black and white) and different levels of Dekap® [Dekap fertilizer is containing 33% P (P_2O_5) and 42%K (K_2O)] and Estimplex (see algae extract) (0, 1.5, 3 and 4.5 mL⁻¹) on growth and some physiochemical characteristics of *Ocimum basilicum* L. an experiment was conducted as factorial based on completely randomized block design with three replications at Azarbaijan Shahid Madani University, Iran.

Results and Discussion: The results showed that there were interaction effects of soil cover and foliar applications on phenolics content. The highest data for phenolics content was recorded with black soil cover × 4.5 mL⁻¹Dekap (105 mgg⁻¹ DWt), black soil cover × 1.5 and 3 mL⁻¹ (98 mgg⁻¹ DWt) Estimplex. The results showed that the highest data for plant dry weight (51 g) were obtained from black soil-cover and the highest plant height and axillary shoots number were recorded in both plastic soil cover. Foliar application of Dekap and Estimplex increased plant height and axillary shoots number. The highest data for N and Mg contents were obtained from black soil-cover and for K and Zn were obtained from black and white soil cover. The foliar application of Dekap and Estimplex increased P and K contents in plant. 1.5, 3 and 4.5 mL⁻¹ Estimplex increased N, K and Mg contents in *Ocimum basilicum*. The results showed that the highest data for chlorophyll a, flavonoid, total soluble solids and protein content were obtained from black soil-cover. IC₅₀ and superoxide dismutase content of plant influenced by black and white soil cover. Foliar application of Dekap and Estimplex increased flavonoid contents in plant. Foliar applications with three concentrations of Estimplex increased chlorophyll a, IC₅₀ and protein content in plant. 1.5, 3 and 4.5 mL⁻¹Estimplex increased superoxide dismutase, total soluble solids content (2.1 0 brix) and Zn content (28.9 and 30.3 mgKg⁻¹).

Conclusion: Adequate and balanced nutrition of plants result in environmental protection mainly by the reduced application of chemical fertilizers, soil erosion prevention, and increased input efficiency. Foliar application is an environmental friendly method to reduce the production changes. The overall results revealed the positive effects of black mulch and Estimplex fertilizer on nearly all the desired traits. It seem that Estimplex fertilizer effects on the growth indices was greater than Dekap fertilizer. Seemingly, with the more detailed studies, this fertilizer has the potential to be employed with the extension section.

Keywords: Antioxidant activity, Elemental content, Flavonoid, Total phenolics content

1- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University

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



مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی اثر موم کارنوبا و گلیکول پتاس بر تحمل نهال پرتقال تامسون ناول در دماهای انجماد

سپیده تقی‌زاده^۱ - حسین صادقی^{۲*} - مهدی حدادی نژاد^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۰

چکیده

نفوذ توده هوای سرد سیبری به مناطق شمالی ایران، هر چند سال یکبار، باعث کاهش شدید دما، بارش سنگین برف و یخزدگی مرکبات می‌شود. بسته به میزان کاهش دما، در برخی از سال‌ها فقط میوه‌ها و در برخی از سال‌ها درختان مرکبات نیز دچار آسیب‌های مهلک شده‌اند. برای کنترل خسارات یخزدگی روش‌های زیادی پیشنهاد شده‌اند، اما محلول‌پاشی با ترکیباتی که محافظت فیزیکی درختان را در مقابل یخزدگی ممکن سازند و یا پاشیدن مواد شیمیایی که با تغییر غلظت شیره سلولی موجب کاهش نقطه انجماد مایع درون سلولی شوند، در زمان‌های نزدیک به یخبندان مورد توجه بیشتری هستند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در پاییز و زمستان ۱۳۹۶ در سردخانه با دمای کنترل شده انجام شد. نهال‌های گلدانی یک ساله پرتقال تامسون ناول در معرض سه سطح دمایی (۵-، ۸- و ۱۱- درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. این نهال‌ها با موم کارنوبا در دو سطح (صفر و ۴ درصد) و گلیکول پتاس در دو سطح (صفر و ۱۰ درصد) محلول‌پاشی شدند. کمترین درصد نشت الکترولیت در دمای ۵- درجه سانتی‌گراد و بیشترین درصد نشت الکترولیت در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. غلظت پرولین با کاهش دما افزایش یافت اما با کاهش بیشتر دما از ۸- درجه سانتی‌گراد دوباره روند کاهشی به خود گرفت. کاربرد موم کارنوبا در دمای ۵- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش غلظت قندهای کل محلول شده است اما تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد و دمای ۱۱- درجه سانتی‌گراد نداشت. کاربرد توأم کارنوبا + گلیکول پتاس در دمای ۵- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش غلظت کلروفیل کل شده است که تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نداشته است. آثار یخزدگی به صورت ریزش برگ و خشکیدگی سرشاخه‌ها در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد قابل مشاهده است. نتایج این آزمایش نشان داد محلول‌پاشی نهال‌ها با موم کارنوبا در غلظت به کار رفته در این آزمایش تا دمای ۸- درجه سانتی‌گراد باعث کاهش آسیب تنش سرمایی شده است اما کاربرد گلیکول پتاس باعث افزایش تنش سرمایی شده است.

واژه‌های کلیدی: خشکیدگی سرشاخه‌ها، ریزش برگ، مرکبات، هوای سرد سیبری، یخزدگی گیاه

مقدمه

میوه‌ها و در برخی از سال‌ها درختان مرکبات نیز دچار آسیب‌های شدید می‌شوند. مهم‌ترین علت سرمازدگی محصولات کشاورزی و باغی در سواحل شمالی کشور حضور جریان پرفشار سیبری و نفوذ زبانه‌های آن است که سبب انتقال و ریزش هوای سرد از سمت شمال شرق به این مناطق می‌شود (۴). از جمله کاهش ناگهانی دما در دی ماه ۱۳۸۶ است که دما از ۷ درجه به ۱۳- درجه سانتی‌گراد رسید که علاوه بر خسارت زدن به گلخانه‌ها و نهالستان‌ها، بیش از یک سوم درختان بارده پرتقال را نیز از بین برد و میوه‌های باقیمانده بر روی درختان هم با یخزدگی و کاهش کیفیت، غیر قابل مصرف شدند (۳۰). خسارت دیدن پی‌درپی درختان و محصول مرکبات در شمال کشور باعث شده است که باغداران مرکبات از اقتصادی بودن آن مأیوس شده و از احیای باغ‌های از بین رفته خودداری نمایند. در نتیجه احتمالاً در آینده نزدیک به تدریج از سطح زیر کاشت باغ‌های مرکبات در مناطق شمالی کاسته شده و کشور با کمبود این محصول مواجه گردد. بیشترین میزان تحمل به سرما در خانواده مرکبات در

کاهش دمای هوا به زیر نقطه انجماد در اثر نفوذ توده‌های سرد انتقالی از مناطق قطبی به مناطق معتدله جهان و ایران در فصل زمستان باعث ایجاد خسارت‌های جبران ناپذیر به اندام‌های گیاهی و محصولات کشاورزی می‌گردد. هرچند سال یکبار نفوذ هوای بسیار سرد از مناطق سیبری به شمال ایران، باعث کاهش ناگهانی دما، وزش بادهای سرد و بارش سنگین برف می‌شود. دمای هوا در برخی از سال‌ها به ۱۲ درجه زیر صفر هم کاهش می‌یابد. اگرچه پایداری این سرما زیاد نیست اما بنا به شدت افت دما در برخی از سال‌ها فقط

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

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

۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی و پژوهشکده فناوری‌های زیستی گیاهان دارویی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

نارنج سه برگ^۱ (۲۰- درجه سانتی گراد) که هم اکنون از هیبریدهای بین گونه‌ای آن مانند سیترنج و سیتروملو به عنوان پایه استفاده می گردد (۱۸). در برخی از گونه‌های مرکبات مانند پرتقال و نارنگی، تحمل نسبی به سرما تا ۹- درجه سانتی گراد وجود دارد اما میزان سرماهای اتفاقی تا ۱۲- درجه سانتی گراد هم می‌رسد که در این موارد نیاز به محافظت دارند. مکانیسم‌های مقاومت به یخ‌زدگی و تحمل نسبی در مقابل سرما در مرکبات شامل تطبیق فیزیولوژیکی و تغییرات متابولیکی است. این تغییرات منجر به تولید اسمولیت‌های مختلف سلولی، تجمع مواد محلول، تغییر در متابولیسم لیپیدها (با افزایش اسید چرب غیراشباع) و یا افزایش دمای سوپر کوئینگ (کاهش دمای بحرانی، در بسیاری از درختان میوه خزان کننده و همیشه سبز در واکنش به یخ‌زدگی و دماهای پایین) شده و در نهایت سبب افزایش مقاومت گیاه خواهند شد (۳۳). به کارگیری روش‌های غیرفعال^۲ (انتخاب مکان مناسب کاشت، انتخاب ارقام و پایه‌های مقاوم به سرما، استفاده از بادشکن و خاک مناسب) و فعال^۳ (استفاده از بخاری‌ها در باغ، غرقاب کردن باغ با استفاده از آب چاه و آبیاری بارانی) هم می‌توانند تا حدی از خسارات سرمازدگی جلوگیری نموده و یا شدت آسیب‌دیدگی را کاهش دهند، اما باغ‌های موجود نیازمند به تدابیر اختصاصی‌تر هستند. پژوهش‌هایی با استفاده از محلول‌پاشی اندام هوایی درختان مرکبات با مواد شیمیایی مختلف با هدف کاهش نقطه‌ی انجماد شیره سلولی و افزایش مقاومت گیاه قبل از شروع یخبندان انجام شده است، اما نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهند که ترکیبات مورد استفاده نتوانستند گیاهان را در مقابل یخ‌زدگی محافظت نمایند و یا از نقطه نظر تجاری قابل قبول نبوده‌اند لذا این تلاش‌ها همچنان ادامه دارند. کاربرد اسید سالیسیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار به‌طور مؤثری باعث افزایش قندهای محلول و کاهش نشت الکترولیت نهال‌های لیمو شده است (۵). موم کارنوبا که از برگ نخل (*Copernicia prunifera*) به دست می‌آید و به عنوان ملکه‌ی موم‌ها نامیده می‌شود (۳۴)، به‌طور وسیعی برای جلوگیری از سرمازدگی و صنایع پس از برداشت مرکبات مورد استفاده قرار گرفته است. این موم به‌عنوان پوششی برای میوه‌های پرتقال در طی دوره‌ی انبارداری و برای جلوگیری از خسارت ناشی دمای پایین انبارهای سرد به کار می‌رود. استفاده از ترکیب تجاری ویپورگارد^۴ و واکس کارنوبا برای محافظت از سرماهای زیر صفر در درختان پرتقال والنسیا و گریپ‌فروت در شرایط باغ نشان داد که کاربرد این مواد تا حدی باعث کاهش یخ‌زدگی میوه‌ها گردید (۳۲). استفاده از موم کارنوبا و موم زنبورعسل می‌تواند با کاهش تنفس، مدت زمان نگهداری میوه پرتقال

- 1- Trifoliate orang
- 2- passive
- 3- active
- 4- vapor Gard

را در انبار سرد افزایش دهد (۱۶). کاربرد واکس کارنوبا در طول دوره انبارداری طولانی مدت در دمای پایین، سبب کاهش تنفس، جلوگیری از چروکیده شدن و از دست دادن آب میوه و حفظ سفتی میوه شده است (۳۱). محتوای بالای پتاسیم گیاه نیز سبب افزایش تحمل درختان مرکبات به آفات و بیماری‌ها، خشکسالی و سرما و دیگر تنش‌های محیطی می‌شود (۱۵). بین خسارات تنش سرمایی و محتوای پتاسیم برگ رابطه‌ی منفی وجود دارد به‌طوری‌که افزایش سطح پتاسیم می‌تواند به‌طور مؤثری گیاه را در برابر یخ‌زدگی حفظ نماید. علاوه بر این محتوای پتاسیم سیتوسل برای تنظیم آنزیم‌هایی که در مقابل یخبندان مؤثرند لازم است. معمولاً بروز سرماهای زیر صفر همیشه در طبیعت وجود ندارند و بطور ناگهانی اتفاق می‌افتند و بطور مصنوعی هم کاهش دمای محیط باغ به دماهای انجماد عملاً امکان‌پذیر نمی‌باشد، لذا در این آزمایش با استفاده از سردخانه زیر صفر و شبیه سازی سرماهای واقعی سعی گردید خسارات یخ‌زدگی نهال‌های یکساله پرتقال تامسون ناول (رایج‌ترین رقم مرکبات منطقه) مورد ارزیابی قرار گیرد. با توجه به این واقعیت که دماهای زیر صفری که معمولاً باعث از بین رفتن نهال‌ها می‌شوند به مراتب کمتر از دماهایی است که می‌توانند درختان بالغ را از بین ببرند بنابراین این دماها می‌توانند شاخصی برای تحمل درختان بالغ هم تلقی گردند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش از پاییز ۱۳۹۶ تا بهار ۹۷ در سردخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بر روی نهال‌های گلدانی (خاک لوم) پرتقال تامسون ناول با ارتفاع یکنواخت (حدود ۱/۵ متر طول و قطر ۱/۵ سانتی‌متر) و پیوند شده بر روی پایه‌ی سیتروملو انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل دماهای زیر صفر در سه سطح (۵-، ۸- و ۱۱- درجه سانتی گراد) و محلول‌پاشی با دو نوع ماده آزمایشی شامل موم کارنوبا در دو غلظت صفر و چهار درصد (تهیه شده از شرکت Orange Soft S.L اسپانیا) و گلایکول پتاس در دو غلظت صفر و ۱۰ درصد (تهیه شده از شرکت پوشش حیات سبز ایران)، تیمار توأم موم کارنوبا + گلایکول پتاس (موم کارنوبا با غلظت چهار درصد و گلایکول پتاس با غلظت ۱۰ درصد) و تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) بود.

نحوه‌ی اعمال تیمارها

نهال‌ها، ۴۸ ساعت قبل از اعمال تنش سرمایی و انتقال به سردخانه محلول‌پاشی شدند. به‌منظور جلوگیری از شوک دمایی و تطابق نهال‌ها با سرما، دما به‌صورت تدریجی و به ازای هر دو ساعت یک درجه کاهش داده شد تا به دماهای موردنظر (۵-، ۸- °C) یک

مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس شد تا محلول دو فازی تشکیل شود. از فاز بالایی مخلوط با شاهد تولوئن در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه طیف سنج نوری (MAPADA مدل uv-1800 ساخت چین) قرائت گردید و در نهایت با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، میزان پرولین با توجه به فرمول زیر محاسبه گشت (۹).

$$\left[\frac{115/5}{(0/5)} \right] \times \left(\frac{\text{میلی لیتر/تولوئن}}{\text{میلی لیتر/میکرو گرم پرولین}} \right) = \frac{\text{میکرو مول پرولین بر گرم وزن تر}}{\text{گرم بافت گیاهی}}$$

برای اندازه گیری قندهای کل محلول ۴۰ میلی گرم از نمونه‌ی خشک شده برگ با ۵ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد مخلوط در لوله‌های پلی اتیلنی مخلوط گشت و به مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت عصاره‌ی الکلی به دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۰۰۰ g سانتریفوژ شد. محلول شفاف به دست آمده حاوی قندهای محلول به یک بشر منتقل گردید و عمل فوق ۴ مرتبه دیگر بر روی بقایای بافتی به جامانده تکرار و در نهایت حجم عصاره غلیظ شده به یک پنجم حجم اولیه رسید. برای اندازه گیری قند کل ۰/۲ میلی لیتر (۲۰۰ میکرو لیتر) از عصاره غلیظ شده‌ی الکلی از برگ خشک گیاهی را با ۳ میلی لیتر آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از سرد شدن نمونه‌ها میزان جذب نور در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شد. منحنی استاندارد که با استفاده از غلظت‌های مختلف گلوکز به دست آمد و نمونه‌ی فاقد گلوکز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. با قرار دادن طول موج به دست آمده از دستگاه اسپکتروفتومتر به جای Y در معادله خط به دست آمده، میزان قندهای محلول بر حسب میکروگرم به گرم وزن تر بافت گیاهی به دست آمد (۲۵)

$$Y = 0.025X - 0.19$$

میزان کلروفیل کل به روش آرنون و همکاران (۱۹۷۶) با استفاده از ۰/۵ گرم بافت تر برگ گیاهی که با ازت مایع پودر شده و بر اساس استخراج با حلال استون ۸۰ درصد و اندازه گیری جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۳ و ۶۴۵ قرائت و غلظت کلروفیل کل بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر به دست آمد (۳).

$$\text{کلروفیل کل} = 20.2(A645) + 8.02(A663) \times \frac{V}{100W}$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم افزار SAS 9.1 و کلیه مقایسات میانگین در سطح پنج درصد و توسط آزمون دانکن انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel ۲۰۱۳ استفاده گردید.

نتایج

و ۱۱-۱) برسد. بعد از تثبیت دما، نهال‌ها به مدت ۱۲ ساعت در دماهای تعیین شده نگه‌داری شدند. پس از اتمام زمان نگه‌داری نهال‌ها، افزایش تدریجی دما به همان شکل کاهش داده شده، انجام گرفت. رطوبت سردخانه در این دماها معمولاً کمتر از نقطه شبنم و تجمع رطوبت بر سطح نهال‌ها می‌باشد که در این آزمایش رعایت شد. برای انجام آزمایشات، برگ‌ها قبل از خاموش شدن سردخانه نمونه برداری شدند و با استفاده از نیتروژن مایع به فریزر ۱۸-°C منتقل شدند. مشاهدات ظاهری برگ‌ها نیز یک ماه پس از قرار گرفتن در دمای معمولی رشد انجام شد.

روش‌های اندازه گیری صفات مورد نظر:

درصد ریزش برگ:

تعداد برگ‌ها بلافاصله بعد از خروج از سردخانه و یک ماه بعد شمارش شدند و با استفاده از فرمول زیر درصد ریزش برگ‌ها محاسبه شد.

$$100 \times \frac{\text{تعداد برگ نهایی} - \text{تعداد برگ اولیه}}{\text{تعداد برگ اولیه}} = \text{درصد ریزش برگ}$$

درصد خشکیدگی سرشاخه:

تعداد شاخه‌های سالم در زمان خروج از سردخانه به عنوان شاخه‌های اولیه و تعداد شاخه‌های خشکیده بعد از یک ماه، با استفاده از فرمول زیر درصد شاخه‌های خشکیده محاسبه گردید.

$$100 \times \frac{\text{تعداد سرشاخه‌های خشکیده} - \text{تعداد سرشاخه‌های اولیه}}{\text{تعداد سرشاخه‌های اولیه}} = \text{درصد خشکیدگی سرشاخه‌ها}$$

نشت الکترولیت (EL) به عنوان شاخص پایداری غشا با استفاده از ۰/۳ گرم نمونه بافت برگ اندازه گیری شد. نمونه‌های بافت برگ را پس از سه بار شستشو با آب مقطر به لوله‌ی آزمایش حاوی ۱۰ سی سی آب مقطر منتقل و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با ۱۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد، سپس هدایت الکتریکی آب مقطر همراه با نمونه‌های برگی به عنوان نشت اولیه (EC₁) با دستگاه EC متر اندازه گیری شد. سپس نمونه‌ها را به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو و پس از سرد شدن آن‌ها، نشت ثانویه (EC₂) را نیز با EC متر قرائت کرده و میزان نشت الکترولیت EL را از رابطه‌ی زیر به دست آمد (۲۳).

$$\%EL = \frac{EC1}{EC2} \times 100$$

برای تعیین مقدار پرولین بافت برگ، ابتدا ۰/۵ گرم از بافت برگ را با ازت مایع پودر شد و با ۱۰ میلی لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳٪ مخلوط گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در ۱۵۰۰ دور سانتریفوژ شد تا مواد اضافی از محلول جدا شود. ۲ میلی لیتر از عصاره صاف شده را به فالکون‌های درب‌دار منتقل نموده و به هر کدام ۲ میلی لیتر اسید ناین هیدرین و ۲ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال به افزوده و به خوبی تکان داده تا مخلوط گردد. نمونه‌ها را به مدت یک ساعت در بن ماری ۱۰۰°C قرار گرفت. پس از آن درون حمام یخ قرار داده شد. مقدار ۴ میلی لیتر تولوئن به محلول اضافه شد و به

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محلول‌پاشی بر صفات نشت الکترولیت، پرولین، ریزش برگ و خشکیدگی سرشاخه‌ها در سطح ۱ درصد معنادار بوده اما بر غلظت کلروفیل کل برگ و قندهای کل محلول تأثیر معنی‌داری نداشته است. دماهای زیر صفر بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱ درصد اثر معنی‌داری داشته است.

جدول ۱- تجزیه واریانس نشت الکترولیت، کلروفیل کل، پرولین، قند کل، ریزش برگ، خشکیدگی سرشاخه‌های نهال پرتقال تامسون ناول در دماهای انجماد

Table 1- ANOVA for electrolyte leakage, total chlorophyll, proline, soluble sugar, leaf abscission, shoot dying back of Thamson- navel orange young trees at freezing temperatures

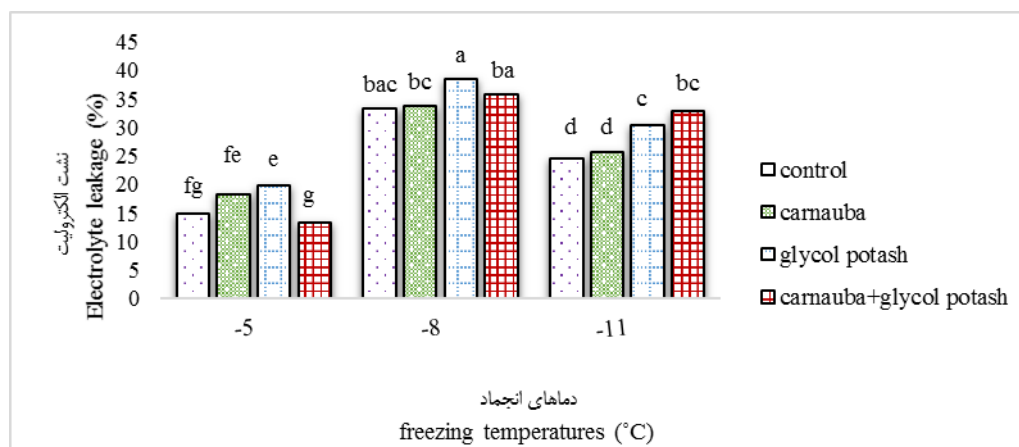
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	کلروفیل کل Total chlorophyll	پرولین Proline	قندهای کل محلول Total soluble sugar	ریزش برگ Leaf abscission	خشکیدگی سرشاخه Shoot dying back
محلول‌پاشی Spraying	3	45.07**	0.0025 ^{ns}	1.97 **	251.21 ^{ns}	1541.26**	802.54**
دماهای انجماد Freezing temperature	2	102.7**	0.68**	19.7 **	2529.65**	3410.25**	19506.25**
اثر متقابل محلول‌پاشی و دماهای انجماد Interactio spraying and freezing temperatures	6	22.006*	0.109**	0.92*	426.85 *	739.65**	1044.21**
خطای آزمایش Error	24	6.72	0.002	0.27	161.11	256.13	132.63
ضریب تغییرات CV	-	9.79	9.59	15.1	19.41	22.91	23.22

ns, *, **, به ترتیب عدم معنی‌داری، معنادار شدن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.
ns, *, **, non-significant and significant in 5% and 1% of probability level, respectively.

نشت الکترولیت

شده است. افزایش نشت الکترولیت در تیمار گلایکول پتاس می‌تواند ناشی از هم‌پاشیدگی سلول گیاهی باشد که تحت تأثیر هیپرتونیک بودن گلایکول پتاس قرار گرفته و با ایجاد فشار اسمزی بالا و پلاسمولیز سلول گیاهی موجب فروپاشی سلولی شده است (۲۷). کاربرد توأم موم کارنوبا و گلایکول پتاس در دمای ۵- باعث کاهش نشت الکترولیت نسبت به شاهد شد، اما در دمای ۸- (۳۵/۶۹) اختلاف معنی‌دار نبود و در دمای ۱۱- (۳۲/۸) افزایش یافته است (شکل ۱). کمترین درصد نشت الکترولیت در دمای ۵- و بیشترین درصد نشت الکترولیت در دمای ۸- مشاهده شد که در دمای ۱۱- کمی کمتر از دمای ۸- بود. افزایش نشت الکترولیت با کاهش دما به دلیل خسارت دیدن غشا سلول است اما با تشدید تنفس و مرگ سلول از میزان نشت الکترولیت کاسته می‌شود. به نظر می‌رسد کاهش نشت الکترولیت در دمای ۱۱- به دلیل مرگ سلولی باشد.

نشت الکترولیت، نشت کنترل نشده یون‌های آلی از غشای سلولی، بر اثر تنش و آسیب به غشا می‌باشد. غشای سلولی نخستین اندامی است که تحت تنش سرمایی آسیب می‌بیند و باعث افزایش تدریجی اسمولیت‌های (یون‌های) آلی از واکوئل سلول‌های گیاهی می‌شود و در نهایت سبب افزایش نشت یون‌های آلی و تراوایی غشا خواهد شد (۶). در این آزمایش بیشترین میزان درصد نشت الکترولیت در دمای ۸- (۳۳/۳۳) درصد دیده شد که اختلاف بسیار معنی‌داری با درصد نشت الکترولیت درختان شاهدی که در معرض دمای ۵- (۱۴/۹۲) درصد و درختان شاهدی که در دمای ۱۱- (۲۴/۸۶) درصد قرار گرفتند، داشت. کاربرد موم کارنوبا در هر سه دمای مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری بر افزایش نشت الکترولیت نسبت به شاهد در همان دما نداشت اما، گلایکول پتاس به‌طور معنی‌داری سبب افزایش نشت الکترولیت درختان تیمار شده در تمامی دماها نسبت به شاهد



شکل ۱- اثر متقابل دماهای انجماد × محلول پاشی بر درصد نشت الکترولیت نهال پرتقال تامسون ناول

Figure 1- Interaction effect of freezing temperatures and spraying on electrolyte leakage of Thamson- navel orange young trees (DMRT, $p \leq 0.05$)

پرولین

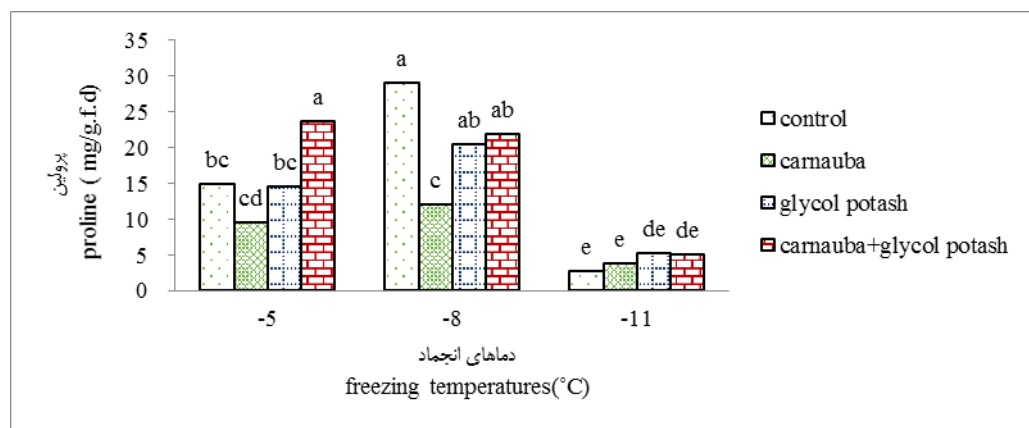
پرولین به عنوان یک مولکول پیام رسان بر تنظیم فعالیت میتوکندری، تکثیر و مرگ سلول اثر دارد و باعث بیان ژن های خاصی که در بهبود وضعیت گیاه در شرایط تنش ضروری هستند، می شود (۳۷). غلظت پرولین با کاهش دما افزایش یافت اما با کاهش بیشتر دما از -8°C دوباره روند کاهشی به خود گرفت بطوریکه از مقدار پرولین در دمای -5°C هم کمتر شد. بیشترین میزان پرولین در دمای -8°C (۲۰/۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) و دمای -5°C (۱۵/۶۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) دیده شد و کمترین آن با اختلاف بسیار معناداری در دمای -11°C (۴/۲۱ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده گردید. کاهش غلظت پرولین با کاهش بیشتر دما (-11°C) به دلیل تخریب سریع بافت های گیاهی و عدم امکان تولید زیر ساخت پرولین در شرایط تنش شدید سرمایی بود به طوری که مقدار آن از دمای -5°C کمتر شد. کاربرد موم کارنوبا در دمای -5°C باعث کاهش غلظت پرولین (۹/۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) نسبت به شاهد (۱۴/۹۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) شده است اما با آن اختلاف معنی داری نداشت. در دمای -8°C کاربرد موم کارنوبا سبب کاهش غلظت پرولین برگ ها (۱۲/۱۴ میلی گرم بر گرم وزن تر) شد که با شاهد (۲۹/۱۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) اختلاف معنی داری نشان داد. در شرایط تنش، پرولین از مسیر گلوتامیک اسید توسط آنزیم دلتا-1-پرولین 5- کربوکسیلاز (P5CS) با مصرف ATP و احیا NADPH تولید می شود (۲۲). کاهش غلظت پرولین در تیمار کارنوبا ناشی از تأثیر موم کارنوبا در کاهش تنفس است که سبب کاهش تولید ATP در سلول گیاهی می گردد در نتیجه سبب کاهش تولید پرولین می شود (۷). کاربرد گلیکول پتاس در دمای -5°C تأثیر معنی داری بر غلظت پرولین (۱۴/۵۰ میلی گرم بر گرم وزن تر) نسبت به شاهد (۱۴/۹۳ میلی

گرم بر گرم وزن تر) نداشته است. در دمای -8°C نیز کاربرد گلیکول پتاس سبب کاهش غلظت پرولین شده است (۲۰/۴۶ میلی گرم بر گرم وزن تر)، اما اختلاف معنی داری نسبت به شاهد (۲۹/۱۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) نداشته است.

غلظت قندهای کل محلول

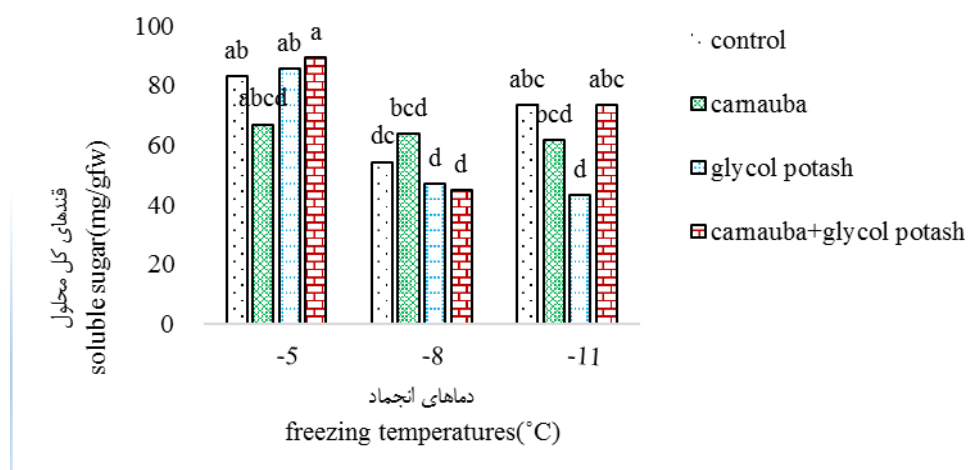
گیاهان می توانند تحمل به انجماد را به تدریج در دمای پایین افزایش دهند. قندهای محلول در طی این فرآیند نقش مهمی داشته و از راه های مختلفی همچون اسموپروتئین، مواد مغذی و تعامل بالا با لیپیدهای غشایی از سلول های گیاهی در برابر آسیب ها محافظت کنند (۴۳). غلظت قندهای محلول با اختلاف معنی دار در دمای -5°C بیشتر از دمای -8°C و -11°C بود. بین غلظت قندهای محلول در دماهای -8°C و -11°C تفاوت معنی داری مشاهده نشده است. کاربرد موم کارنوبا در دمای -5°C سبب کاهش غلظت قندهای کل محلول شده است (۶۶/۹۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) اما تفاوت معنی داری با تیمار شاهد (۸۳/۲۳) و دمای -11°C نداشت. همین روند در دمای -8°C و -11°C هم دیده شد. کاربرد گلیکول پتاس در دمای -5°C باعث افزایش غلظت قند شده است (۸۵/۵۵ میکروگرم بر گرم وزن تر) اما تفاوت معنی داری با تیمار شاهد (۸۳/۲۳ میکروگرم بر گرم وزن تر) نداشت؛ اما در دمای -8°C کاربرد گلیکول پتاس تا حدی سبب کاهش غلظت قند شده است (۴۷/۱۱ میکروگرم بر گرم وزن تر) که تفاوت معنادار نسبت به شاهد (۵۴/۳۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) نداشت اما این روند در دمای -11°C تفاوتی معنی دار در سطح ۱ درصد داشت. کاهش قندهای محلول با کاهش دما به دلیل مصرف قند در سنتز متابولیت هایی چون پرولین در اندام هوایی است (۱۷) زیرا کاهش یکی از محافظت کننده های اسمزی، ناشی از سنتز و افزایش دیگر متابولیت و محافظت کننده اسمزی در شرایط تنش است

(۱۲) که همبستگی منفی بین غلظت قندهای محلول و غلظت پرولین در این آزمایش وجود دارد نشان دهنده رابطه‌ی عکس سنتز پرولین و قند است.



شکل ۲- اثر متقابل دماهای انجماد × محلول پاشی بر غلظت پرولین برگ نهال‌های تامسون ناول

Figure 2- Interaction effect of freezing temperatures × spraying on proline concentration of Thamson- navel orange young trees (DMRT, $p \leq 0.05$)



شکل ۳- اثر متقابل دماهای انجماد × محلول پاشی بر غلظت قندهای کل محلول برگ نهال پرتقال تامسون ناول

Figure 3- Interaction effect of freezing temperatures × spraying on soluble sugar of Thamson- navel orange young trees leaf (DMRT, $p \leq 0.05$)

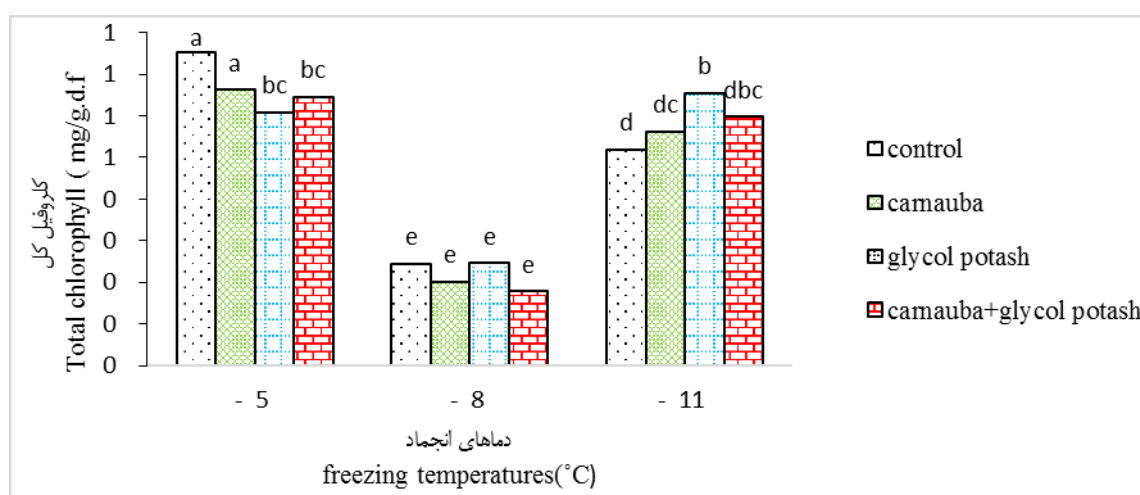
کلروفیل کل

پوششی موم کارنوبا که سبب کاهش تنفس، کاهش نفوذپذیری CO_2 ، کاهش خروج CO_2 از برگ و در واقع مانع تبادلات گازی می‌شود (۱۱) که این رویداد سبب کاهش فتوسنتز خالص و کاهش محتوای کلروفیل خواهد شد (۳۹) همچنین کم بودن غلظت کلروفیل در تیمار توأم کارنوبا + پتاسیم گلیکول ناشی از اثر غالب کارنوبا بر غلظت کلروفیل کل است اما غلظت کلروفیل برگ نهال‌های تیمار شده با کارنوبا در دمای $-11^\circ C$ (0.56 میلی گرم بر گرم وزن تر) کمی بیشتر از تیمار شاهد (0.51 میلی گرم بر گرم وزن تر) بود اما به هر حال این تفاوت هم معنی‌دار نشد. کاربرد توأم کارنوبا+ گلیکول پتاس در دمای $-5^\circ C$ سبب کاهش غلظت کلروفیل کل (0.64 میلی گرم بر

بیشترین غلظت کلروفیل کل در برگ گیاهانی که در دمای $-5^\circ C$ (0.75 میلی گرم بر گرم وزن تر) قرار گرفته بودند مشاهده شد که اختلاف بسیار معنی‌داری با دمای $-8^\circ C$ (0.24 میلی گرم بر گرم وزن تر) داشت اما در دمای $-11^\circ C$ (0.51 میلی گرم بر گرم وزن تر) این اختلاف معنی‌دار نبود. غلظت کلروفیل برگ‌های نهال‌های محلول پاشی شده با موم کارنوبا در دمای $-5^\circ C$ (0.66) اندکی کمتر از شاهد (0.75 میلی گرم بر گرم وزن تر) بوده است اما با آن تفاوت معنی‌داری نداشته است همین روند در تیمار کارنوبا در دمای $-8^\circ C$ (0.2 میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد که به دلیل خاصیت

می‌شود (۲۱). به نظر می‌رسد افزایش معنادار غلظت کلروفیل در دمای -11°C نسبت به غلظت کلروفیل در دمای -8°C ناشی از تخریب قسمت داخلی کلروپلاست و خروج رنگیزه‌های کلروفیل از داخل لومن تیلاکوئید است، به‌طوری‌که شرایط برای شکل‌گیری قسمت‌های سر و دم کلروفیل به‌طور موقت مهیا می‌گردد و در نتیجه تعداد کلروفیل ساخته شده نسبت به مرحله‌ی قبلی (دمای -8°C درجه سانتی‌گراد) افزایش می‌یابد اما نسبت به غلظت کلروفیل در دمای بالاتر (-5°C درجه سانتی‌گراد) کمتر و تخریب آن بیشتر است..

گرم وزن‌تر) با تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد ($0/75$) شده است؛ اما در دمای -11°C این روند افزایشی بوده و کاربرد توأم کارنوبا + گلیکول پتاس در تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت و با اختلاف بسیار معنی‌دار از دمای -5°C و -11°C کمتر بود. در این آزمایش غلظت کلروفیل کل هم تحت تأثیر دما قرار گرفته است. کمترین غلظت کلروفیل در دمای -8°C و بیشترین آن در دمای -5°C مشاهده شد اما در دمای -11°C غلظت آن افزایش داشته است. کاهش محتوای کلروفیل در نتیجه کاهش دما ناشی از افزایش اکسیژن فعال (ROS) است که سبب آسیب به سیستم فتوسنتزی



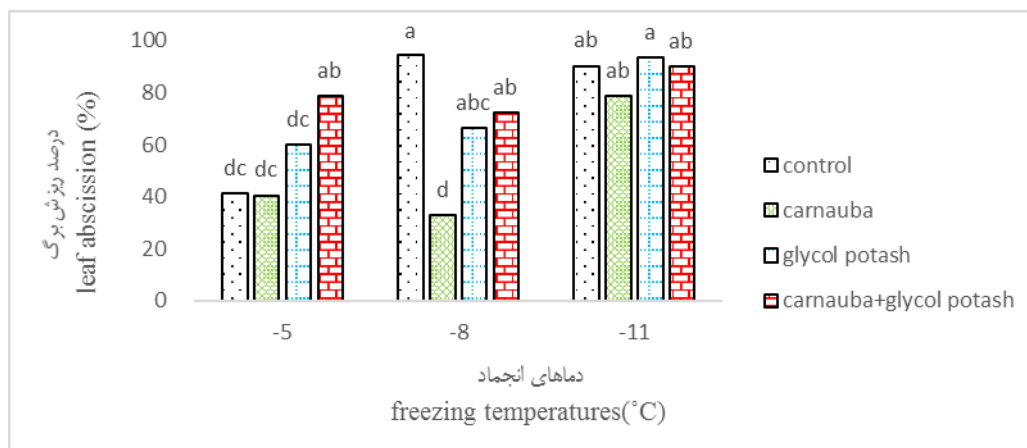
شکل ۴- اثر متقابل دماهای انجماد و محلول‌پاشی بر غلظت کلروفیل کل برگ نهال پرتقال تامسون ناول

Figure 4- Interaction effect of freezing temperatures $\times$ spraying on total chlorophyll of Thamson- navel orange young trees leaf (DMRT, $p \leq 0.05$)

-11°C نتوانستند از ریزش برگ‌ها جلوگیری کنند. کمترین درصد ریزش برگ در تیمار کارنوبا و بیشترین آن در تیمار توأم کارنوبا + گلیکول پتاس مشاهده شده که تفاوت معنی‌داری با تیمار گلیکول پتاس و تیمار شاهد نداشت. به نظر می‌رسد کاهش ریزش برگ در تیمار موم کارنوبا به دلیل دارا بودن فاز لیپیدی موم کارنوبا است که به شکل مانع فیزیکی و پوششی، با پر کردن منافذ سطح سبب کاهش اثر انجماد و خسارت آن و کاهش از دست دادن آب سلول گیاهی در شرایط یخ‌زدان می‌شود (۲۹). افزایش درصد ریزش برگ در تیمار کارنوبا + پتاسیم گلیکول ناشی از اثر منفی پتاسیم گلیکول بر برگ‌ها است به طوری که سبب تشدید آسیب به برگ و افزایش سوختگی و ریزش برگ می‌شود.

درصد ریزش برگ

تحمل به سرما و یخ‌زدگی در قسمت‌های مختلف درختان مرکبات متفاوت است، تحمل میوه‌ها از برگ‌ها کمتر و برگ‌ها هم مقاومت کمی نسبت به سرما دارند (۱۶). دماهای زیر صفر تأثیر معنی‌داری بر درصد ریزش برگ داشته‌اند. بیشترین درصد ریزش برگ در دمای -11°C و کمترین آن با اختلاف معنی‌داری در دمای -5°C مشاهده شد. افزایش ریزش برگ با کاهش دما ناشی از افزایش نشت یونی و کاهش محتوا و پتانسیل آب برگ و آب گز شدن برگ‌ها بوده است که در دمای -11°C به‌صورت نقاط قهوه‌ای رنگ روی نهال‌ها باقی مانده بود (۲، ۸). تیمارهای آزمایشی سبب نگهداری برگ‌ها در دمای -5°C نشدند محلول‌پاشی نهال‌ها با گلیکول پتاس در دمای -5°C سبب افزایش درصد ریزش برگ (۶۰ درصد) نسبت به تیمار شاهد (۴۱/۲ درصد) شده است. حتی کاربرد توأم گلیکول پتاس و موم باعث افزایش ریزش هم شدند اما تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری در دمای -8°C سبب کاهش ریزش برگ نهال‌ها (۷۸/۶۲ درصد) نسبت به شاهد (۹۰/۳۲ درصد) شدند. تیمارهای آزمایش در



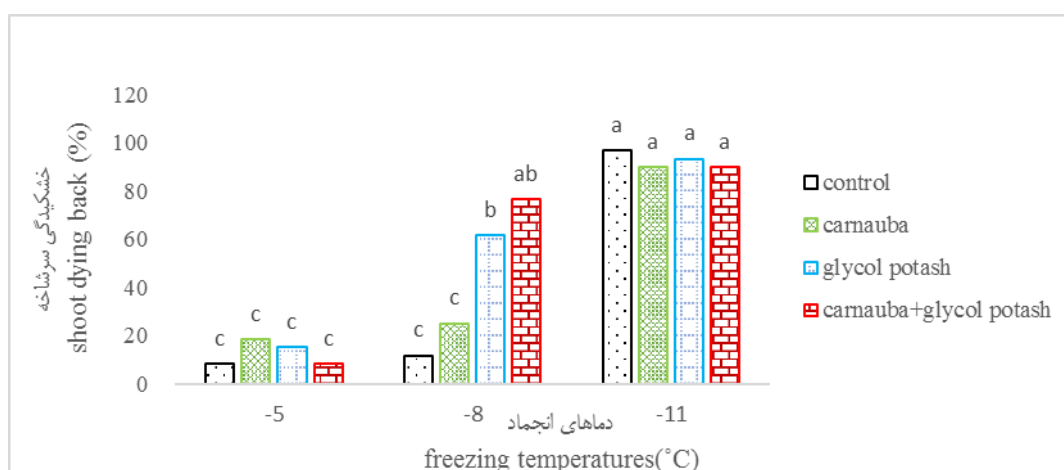
شکل ۵- اثر متقابل دماهای انجماد × محلول پاشی بر درصد ریزش برگ نهال پرتقال تامسون ناول

Figure 5- Interaction effect of freezing temperatures×spraying on leaf abscission of Thamson- navel orange trees young leaf (DMRT, $p \leq 0.05$)

نتوانستند در دمای -۱۱ از خشکیدگی سرشاخه‌ها جلوگیری نمایند. در دمای -۵°C نیز خشکی سرشاخه‌ها با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند اما به‌طور معنی‌داری گلایکول پتاس باعث افزایش خشکیدگی سرشاخه‌ها شده است. بیشترین درصد خشکیدگی سرشاخه در تیمار کارنوبا و گلایکول پتاس و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شده است. افزایش درصد خشکیدگی سرشاخه‌ها در تیمار کارنوبا + گلایکول پتاس ناشی از اثر منفی گلایکول پتاس بر برگ‌ها و سرشاخه‌ها است به طوری که بر طبق مشاهدات این آزمایش کاربرد گلایکول پتاس سبب تشدید آسیب به برگ‌ها و سرشاخه‌ها و افزایش کلروز و نکروز شده است.

درصد خشکیدگی سرشاخه

سرشاخه‌ها و شاخه‌های جوان به سرما و یخبندان بسیار حساس هستند به طوری که بافت‌های آن بر اثر سرما تغییر رنگ می‌دهند. اگر شدت سرما و یخبندان زیاد باشد سبب خشک شدن سرشاخه‌ها می‌گردد. دماهای زیر صفر بر درصد خشکیدگی سرشاخه تأثیر معنی‌داری داشته است. بیشترین درصد خشکیدگی سرشاخه‌ها در دمای -۱۱°C و کمترین آن در دمای -۵°C مشاهده شده که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشته‌اند. دما تأثیر معنی‌داری در خشکیدگی سرشاخه داشته به طوری که بیشترین خشکیدگی سرشاخه‌ها در دمای -۱۱°C (۹۱/۶۶ درصد) و کمترین آن در دمای -۵°C (۱۰/۴۱ درصد) مشاهده گردید. تیمارهای آزمایش نیز



شکل ۶- اثر متقابل دماهای انجماد × محلول پاشی بر درصد خشکیدگی سرشاخه‌های نهال پرتقال تامسون ناول

Figure 6- Interaction effect of freezing temperatures×spraying on Shoot dying back of Thamson- navel orange young trees (DMRT, $p \leq 0.05$)

جدول ۲- ضریب همبستگی صفات تحت تأثیر محلول پاشی و دماهای انجماد در نهال پرتقال تامسون ناول
Table 2- Correlation coefficient of traits effect by spray application and freezing temperatures

صفات Traits	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	کلروفیل کل Total chlorophyll	پرولین Proline	قندهای کل محلول Total soluble sugar	خشکیدگی سرشاخه ها Shoot dying back	ریزش برگ Leaf abscission
نشت الکترولیت Electrolyte leakage	1					
کلروفیل کل Total chlorophyll	-0.597**	1				
پرولین Proline	0.209 ^{ns}	-0.392*	1			
قندهای کل محلول Total soluble sugar	-0.553**	0.469**	-0.138 ^{ns}	1		
خشکیدگی سرشاخه ها Shoot dying back	0.181 ^{ns}	-0.137 ^{ns}	-0.548**	-0.436**	1	
ریزش برگ Leaf abscission	-0.061 ^{ns}	-0.175 ^{ns}	-0.48 ^{ns}	0.138 ^{ns}	0.481**	1

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

تجزیه همبستگی

نتایج تجزیه همبستگی کانونیک نشان داد بین درصد نشت الکترولیت با غلظت کلروفیل کل همبستگی منفی معنی داری در سطح ۱ درصد ($r = -0.597$) وجود دارد که ناشی از اثر تخریبی رادیکال های فعال اکسیژن بر روی رنگدانه های کلروفیل (۳۸) و کاهش سریع و دائمی محتوای ATP سلول تحت تأثیر تنش سرمایی است که سبب افزایش نشت الکترولیت سلول خواهد شد (۲۴) و همبستگی منفی معنی داری که بین درصد نشت الکترولیت و قندهای کل محلول در سطح ۱ درصد ($r = -0.553$) وجود دارد ناشی از تأثیر قندهای سلول بر تثبیت غشای سلولی در شرایط تنش سرمایی است به طوری که یا قندهای مختلف با اتصال به گروه فسفات در ساختار غشای سلولی، اثر تثبیت کننده ای بر غشای دولایه ای سلولی که در طی انجماد دارند و با تأثیر بر ساختار آب سبب ثبات لایه فسفولیپیدی و کاهش نفوذپذیری غشا می شوند (۳۶). افزایش نشت الکترولیت ناشی از آسیب به ساختار غشا است که رابطه ای معکوسی با غلظت قندهای محلول در سلول گیاهی دارد. افزایش غلظت قندهای محلول در آپوپلاست گیاهان مقاوم به سرما نقش مهمی در حفاظت از غشای پلاسمایی با تثبیت غشا به طور مستقیم یا با تحریک محافظت کننده های غشا به طور غیرمستقیم دارد (۴۲).

همبستگی منفی معنی داری بین غلظت پرولین برگ های نهال با کلروفیل کل در سطح ۵ درصد وجود دارد ($r = -0.392$). تنش سرمایی سبب تجمع پرولین و کاهش غلظت کلروفیل در سلول های برگ می گردد (۱). غلظت بالای پرولین سبب آسیب به ساختار

کلروپلاست و میتوکندری می شود که ناشی از دخالت پرولین در سیستم انتقال الکترون است به نحوی که پرولین مانع از انعطاف پذیری گیرنده ی الکترونی در فتوسیستم دستگاه فتوسنتزی می شود (۱۰) که این امر سبب همبستگی منفی بین غلظت پرولین و محتوای کلروفیل کل است. بین غلظت پرولین برگ های نهال با درصد خشکیدگی سرشاخه ها همبستگی منفی معنی داری در سطح ۱ درصد وجود دارد ($r = -0.548$). بین غلظت قندهای کل محلول و کلروفیل کل همبستگی مثبت معنی داری در سطح ۱ درصد ($r = 0.469$) وجود دارد. قندهای محلول در تنش های شدید محیطی در کنار دیگر آنزیم های متابولیکی سبب تجمع اکسیژن فعال (ROS) در سلول های گیاهی می شود (۱۹). و تولید بیش از حد اکسیژن فعال (ROS) در پلاستیدها، پراکسی زومها، میتوکندری، سیتوزول و آپوپلاست سلول گیاهی سبب ایجاد تنش اکسیداتیو خواهد شد (۴۱) و در نتیجه کاهش ظرفیت فتوسنتزی و غلظت کلروفیل خواهد شد. به نظر می رسد تجمع قندهای محلول در دمای 5°C سبب تولید و تجمع ROS در سلول های گیاهی شده است و در پی آن تنش اکسیداتیو، آسیب به میتوکندری و کاهش غلظت قند در سلول در نتیجه کاهش دما شده است که این روند کاهشی در محتوای کلروفیل کل نیز مشاهده شده است.

همبستگی منفی معناداری که بین غلظت قندهای کل محلول و خشکیدگی سرشاخه ها در سطح ۱ درصد مشاهده شد ($r = -0.553$). ناشی از تأثیر غلظت قندهای محلول بر تحمل به انجماد در سلول های گیاهی است به طوری که افزایش غلظت قندهای کل

دمای -8°C نقش مثبتی دارد اما گلايکول پتاس با افزایش ریزش برگ‌ها و خشکیدگی سرشاخه‌ها نقش منفی داشته است. افزایش میزان پتاسیم برگ از طریق گلايکول پتاس نه تنها مقاومت به سرما را افزایش نداده است بلکه باعث افزایش حساسیت به یخ‌زدگی هم شده است. برای افزایش تحمل سرمازدگی درختان مرکبات، پتاسیم باید از منابع دیگری تامین شود. نتایج این آزمایش نشان داد استفاده از موم کارنوبا تا ۴۸ ساعت قبل از وقوع سرمای احتمالی که از طریق هواشناسی اعلام می‌گردد با غلظت ۴ درصد می‌تواند تا دمای -8°C که به طور معمول گیاه از بین می‌رود آن را زنده نگه دارد، اما با عبور از این دما، مثلاً در -11°C درجه سانتی‌گراد قادر به حفظ گیاه نمی‌باشد.

محلول سبب افزایش تحمل به انجماد خواهد شد و در نتیجه کاهش خسارات سرما و یخبندان به اندام هوایی درخت خواهد شد (۳۰).
بین درصد ریزش برگ و درصد خشکیدگی سرشاخه‌ها همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد ($r=0/481$).

نتیجه‌گیری

نهال‌های پرتقال تامسون ناول تا دمای -5°C آسیب چندانی نمی‌بینند اما با کاهش دما خسارات ناشی از یخ‌زدگی افزایش می‌یابد به طوری که آثار یخ‌زدگی به صورت ریزش برگ و خشکیدگی سرشاخه‌ها در دمای -8°C قابل مشاهده است. موم کارنوبا در غلظت به کار رفته در این آزمایش با جلوگیری از ریزش برگ‌ها در

منابع

- 1- Aghaee A., Moradi F., Zare-Maivan H., Zarinkamar F., Irandoost H.P., and Sharifi P. 2011. Physiological responses of two rice (*Oryza sativa*) genotypes to chilling stress at seedling stage. African Journal of Biotechnology 10(39):7617-7621. (In Persian with English abstract)
- 2- Antognozzi E., Famiani F., Proietti P., Pannelli G., and Alfei B. 1993. Frost resistance of some olive cultivars during the winter. In II International Symposium on Olive Growing 356: 152-155.
- 3- Arnone A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23(1): 112-121.
- 4- Arvin A., and Azimzadeh S. 2018. Synoptic Investigation of Frosty Orange Crop in Mazandaran Province in February 2013. Journal of Environmental Science and Technology (Ready to Release). (In Persian)
- 5- Baghbanha m., Fotouhi GR., Hatamzadeh A., and Haidari M. 2007. Effect of salicylic acid on freezing tolerance of Mexican lime (*Citrus aurantifolia*). Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 8(3) 185-198. (In Persian with English abstract)
- 6- Bajji M., Kinet J.M., and Lutts S. 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. Plant Growth Regulation 36(1): 61-70.
- 7- Bartholic J.F. 1985. Thin layer foam for plant freeze protection. In Proc. Fla. Hort. Soc 85: 299-302.
- 8- Bartolozzi, F., and Fontanazza G. 1999. Assessment of frost tolerance in olive (*Olea europaea*). Scientia Horticulture 81(3): 309-319.
- 9- Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil 39(1): 205-207.
- 10- Borgo L., Marur C.J., and Vieira L.G.E. 2015. Effects of high proline accumulation on chloroplast and mitochondrial ultrastructure and on osmotic adjustment in tobacco plants. Acta Scientiarum. Agronomy 37(2): 191-199.
- 11- Hagen Maier R. D., and Baker R. A. 1995. Layered coatings to control weight loss and preserve gloss of citrus fruit. HortScience 30(2): 296-298.
- 12- Hassibi P., Nabi pour M., and Moradi F. 2011. The glucose-intermediate role in ABA signaling and its influence on several physiological characteristics of rice (*Oryza sativa*) seedlings during low temperature stress. International Journal of Agri Science 1(7): 183-183. (In Persian with English abstract)
- 13- Hendershott C.H. 1962. The response of orange trees and fruits to freezing temperatures. In Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 180: 247-254.
- 14- Himelrick D.G., Pool R.M., and McInnis P.J. 1991. Cryoprotectants influence freezing resistance of grapevine bud and leaf tissue. HortScience 26(4): 406-407.
- 15- Hodges A., Rahmani M., and Mulkey D. 2010. Economic Impacts of the Florida Citrus Industry in 2003-04.
- 16- Huyen N.T., and Tanachai P. 2015. August. Effects of mixed wax (beeswax and carnauba wax) on fruit quality and storage life of Vietnamese sweet orange 'Canh' during low-temperature storage. In III Southeast Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems 1179: 77-86.
- 17- Irigoyen J.J., Einerich D.W., and Sánchez-Díaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia plantarum 84(1): 55-60.
- 18- Karlinsky N. 2012. California dreaming: ideology, society, and technology in the citrus industry of Palestine 1890-1939. SUNY Press.
- 19- Keunen E.L.S., Peshev D., Vangronsveld J., Van Den Ende W.I.M., and Cuppers A.N.N. 2013. Plant sugars are

- crucial players in the oxidative challenge during abiotic stress: extending the traditional concept. *Plant, Cell & Environment* 36(7): 1242-12
- 20- Larcher W. 2003. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer Science & Business Media.
- 21- Li X., Wei J.P., Scott E., Liu J.W., Guo S., Li Y., Zhang L., and Han W.Y. 2018. Exogenous melatonin alleviates cold stress by promoting antioxidant defense and redox homeostasis in *Camellia sinensis* L. *Molecules* 23(1): 165
- 22- Liang X., Zhang L., Natarajan S.K., and Becker D.F. 2013. Proline mechanisms of stress survival. *Antioxidants & Redox Signaling* 19(9): 998-1011.
- 23- Lutts S., Kinet J.M., and Bouharmont J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa*) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany* 78(3): 389-398.
- 24- Markowski A., and Skrudlik G. 1995. Electrolyte leakage, ATP content in leaves and intensity of net photosynthesis in maize seedlings at permanent or different daily exposure to low temperatures. *Journal of Agronomy and Crop Science* 175(2): 109-117.
- 25- McCready R.M., Guggolz J., Silviera V., and Owens H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. *Analytical Chemistry* 22(9): 1156-1158.
- 26- Meighani H., Ghasemnezhad M., and Bakhshi D. 2015. Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum*) fruits. *Journal of Food Science and Technology* 52(7): 4507-4514. (In Persian with English abstract).
- 27- Munns R., and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol* 59: 651-681.
- 28- Nascimento F.V., Almeida G.K., Silva S.J.N., and Bender, R.J. 2016. Coatings based on chitosan and carnauba wax for postharvest use on 'Rocha' pears. In VIII International Postharvest Symposium: Enhancing Supply Chain and Consumer Benefits-Ethical and Technological Issues 1194: 283-288.
- 29- Rutten D., and Santarius K.A. 1992. Relationship between frost tolerance and sugar concentration of various bryophytes in summer and winter. *Oecologia* 91(2): 260-265.
- 30- Sadeghi H., and Ghanbari A. 2008. August. A Survey of Damage of Citrus in the Mazandaran Region of Iran Following the January 2008 Freeze. In IX International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems 903: 1163-1168. (In Persian with English abstract)
- 31- Salvador M.L., Jaime P., and Oria R. 2001. Use of edible coatings to reduce water loss and maintain quality of Reineta apple. In VIII International Controlled Atmosphere Research Conference 600: 701-705.
- 32- Sambav. 2010. An integrated approach to peel breakdown in citrus. A theses presented to the graduate school of university of Florida, Master of Science.
- 33- Spiegel-Roy P., and Goldschmidt E.E. 1996. *The biology of citrus*. Cambridge University Press.
- 34- Spreen T.H., Barber R.E., Brown M.G., Hodges A.W., Malugen J.C., Mulkey W.D., Muraro R.P., Norberg R.P., Rahmani M., Roka F.M., and Rouse R.E. 2006. An economic assessment of the future prospects for the Florida citrus industry. Presentation to the Special Industry Task Force, Florida Department of Citrus, Lakeland, FL.
- 35- Steinle J.V. 1936. Carnauba Wax an expedition to its source. *Industrial & Engineering Chemistry* 28(9): 1004-1008.
- 36- Strauss G., and Hauser H. 1986. Stabilization of lipid bilayer vesicles by sucrose during freezing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 83(8): 2422-2426.
- 37- Szabados L., and Savoure A. 2010. Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science* 15(2): 89-97.
- 38- Tadjvar Y., Fotouhi G.R., Hamidoghli Y., and Hassan S.R. 2011. Physiological and biochemical responses of page mandarin on citrange rootstock to low temperature stress 3(9): 1-12. (In Persian with English abstract).
- 39- Taiz L., and Zeiger E. 2002. *Plant Physiology*.
- 40- Tripathy B.C., and Oelmuller, R. 2012. Reactive oxygen species generation and signaling in plants. *Plant signaling & behavior* 7(12): 1621-1633.
- 41- Valluru R., Lammens W., Claupein W., and Van den Ende W. 2008. Freezing tolerance by vesicle-mediated fructan transport. *Trends in Plant Science* 13(8): 409-414.
- 42- Verbruggen N., and Hermans, C. 2008. Proline accumulation in plants: a review. *Amino acids* 35(4): 753-759.
- 43- Yuanyan M., Yali Z., Jiang L., and Hongbo S. 2009. Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress. *African Journal of Biotechnology* 8(10).



Evaluation of Thomson- Navel Orange Young Trees Resistance to Freezing, Using Carnauba Wax and Glycol Potash

S. Taghizadeh¹- H. Sadeghi^{2*}- M. Hadadinejad³

Received: 02-02-2019

Accepted: 09-02-2020

Introduction: Influx of Siberian cold air masses into the northern parts of Iran causes severe decrease in temperature, heavy snowfall and freezing of citrus every few years. Depending on the temperature drop, in some years only fruits and in some years, citrus trees suffer severe damage too. One of the sudden drops in temperature was in January 2007, when the temperature dropped from -7 degrees Celsius to -13 degrees Celsius. Consecutive damage to citrus trees and crops in the north of the country has caused citrus gardeners to despair of its economic viability and to refrain from rehabilitating destroyed orchards. The mechanisms of frost resistance and relative tolerance to cold in citrus include physiological adaptation and metabolic changes. These changes will lead to the production of various cellular osmolytes, the accumulation of soluble substances, changes in lipid metabolism (with an increase in unsaturated fatty acids), an increase in supercooling temperature, and ultimately an increase in plant resistance. The use of passive and active methods can also partially prevent frost damage or reduce the severity of the injury, but spraying with compounds that may provide physical protection of trees against freezing or spraying chemicals that reduce the freezing point of the cellular fluid by altering the concentration of the cell sap could be more promising.

Materials and Methods: Experimental factors include freezing temperatures at three levels (-5, -8 and -11° C) and spraying with two types of experimental material including carnauba wax in two concentrations of zero and four percent (manufactured by Orange Saft SL, Spain) and glycol potash in two concentrations of zero and 10% (prepared by Pooshesh sabze Company, Iran), carnauba + glycol potash (carnauba wax in 4% concentration and 10% glycol potash concentrate) and control (distilled water solution).

Results: Electrolyte leakage is the uncontrolled leakage of organic ions from the cell membrane due to stress and damage to the membrane. The lowest electrolyte leakage was observed at -5° C and the highest one was at -8° C. As a messenger molecule, proline is effective in regulating mitochondrial activity, cell proliferation, and cell death. Proline also expresses certain genes that are essential for improving plant conditions under stress. Proline concentration increased with decreasing temperature but it decreased again at -8° C. Using carnauba wax at -5° C has reduced the concentration of total soluble sugars (66.92 micro g / g by weight) but did not significantly differ from the control treatment (83/23) and -11° C. Frost tolerance and frost resistance vary in different organs of citrus trees. Young shoots and twigs are very sensitive to cold and frost, so their tissues change color due to the cold. If the intensity of cold and frost increases, it will cause the shoots to dry out. Freezing temperature has a significant effect on Shoot dying back, so that the highest dryness of the shoots was observed at -11° C (91.66%) and the lowest at -5° C (10.41%). The highest percentage of leaf abscission was observed at -11 and the lowest with significant difference at -5° C. Symptoms of freezing such as leaf abscission and tree Shoot dying back are not seen up to -5° C but they are well visible at -8° C. Experimental treatments also failed to prevent shoots from drying out at -11° C.

Conclusion: Thomson navel orange young trees do not suffer much damage up to -5° C, but as the temperature decreases, the damage caused by frost increases in the form of leaf abscission and Shoot dying back of branches. Carnauba wax has a positive role in this experiment by preventing leaf abscission at -8° C, but glycol potash has a negative role by increasing leaf abscission and Shoot dying back. Increasing leaf potassium levels through potash glycol not only did not increase cold resistance but also increased susceptibility to frost. Potassium must be supplied from other sources. The results of this experiment showed that the use of carnauba wax up to 48 hours before the possible cold, which is announced through meteorology, with a concentration of 4%, can keep it alive up to -8° C, which normally destroys the plant, but with passing through this temperature, for example at -11 degrees Celsius, is not able to maintain the plant.

Keywords: Citrus, Freezing, Leaf abscission, Shoot dying back, Siberian cold air

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran, respectively.

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

3- Assistant Professor of Department Horticultural Sciences, Crop Sciences College, Research Institute of Medicinal Plants Biotechnologies (RIMPBio), Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU)



مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر سطوح مختلف کود اوره و منابع مختلف کود آهن بر عملکرد کمی و کیفی به‌لیمو

(*Lippia citriodora* H. B. & K.)

مریم حیدرزاده^۱ - غلامرضا زارعی^{۲*} - ابوالفضل مروتی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴

چکیده

به‌لیمو (*Lippia citriodora* H. B. & K.) از گیاهان دارویی ارزشمندی است که اسانس آن در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد. این آزمایش به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود اوره و انواع کودهای آهن بر عملکرد کمی و کیفی به‌لیمو در سال ۱۳۹۶ در باغ فتح آباد کرمان اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل کود اوره در چهار سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و منابع مختلف کود آهن شامل عدم استفاده (شاهد)، سولفات آهن ۱۷ درصد به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار، نانو کلات آهن ۹ درصد به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار و کلات آهن اورتو ۴/۸ درصد به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شدند. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک برگ در بوته، تعداد شاخه، میزان کلروفیل و کمیت و کیفیت اسانس بودند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف اوره و منابع مختلف آهن بر کلیه صفات اثر معنی‌دار داشت. تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بیشترین تأثیر را بر صفات اندازه‌گیری شده نسبت به شاهد داشت. در مجموع استفاده توأم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به همراه کلات اورتو آهن بالاترین عملکرد کمی و کیفی، محتوای کلروفیل (۳۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و درصد اسانس (۱/۳ درصد) را ایجاد نمود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین محتوای کلروفیل برگ‌ها با صفات رویشی و اسانس ملاحظه شد. در ارزیابی کیفی اسانس، ۲۰ ترکیب شیمیایی شناسایی شد که دو ترکیب ژرانیال و نرال اجزای غالب بودند که کمترین میزان این ترکیبات در شاهد (۳۳/۸ درصد) و بالاترین میزان این ترکیبات در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره همراه با کلات آهن اورتو (۴۴/۹ درصد) مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: اسانس، ژرانیال، کلات آهن، نرال، نیتروژن

مقدمه

اضطراب می‌باشد (۳۱). اسانس این گیاه دارای اثرات ضداسهال، مدر، ضد میکروبی علیه میکروفلور دندان، آرام‌بخش، ضد تب و مهار اثر تحریک‌کنندگی هیستامین می‌باشد. برگ علاوه بر اسانس حاوی آلکالوئید، فلاونوئید، موسیلاژ، تانن و فنل‌های اسیدی است. با وجود دارا بودن کلیه این ترکیب‌ها، مهمترین ماده موثره موجود در این گیاه اسانس می‌باشد (۵۷) کاربرد اسانس گیاهان دارویی در صنایع مختلف به ترکیب‌های شیمیایی موجود در آن بستگی دارد که خود تحت تأثیر عوامل محیطی، زمان برداشت، شرایط کشت و روش‌های زراعت می‌باشد (۴۰). اسانس به‌لیمو دارای ترکیبات مختلفی است که عمده‌ترین آنها ژرانیال، نرال و لیمونن (۲۱) می‌باشد. ترکیبات عمده اسانس در سایر مطالعات بتا-کاریوفیلن، ۸۱-سینئول، سیترونلول، ایزومتون، آلفا-برگاموتن و پارا-سیمن (۳)، ژرانیال، نرال، لیمونن، ۸۱-سینئول و بتا-پینن (۵۷)، ژرانیال، نرال، اسپاتولنول، گاما-المن و گلوبولول (۱۷) و اسپاتولنول، کاریوفیلن اکسید، سیترال، بتا-کاریوفیلن و لیمونن (۲) گزارش شده است.

گیاه به‌لیمو با نام علمی *Lippia citriodora* H. B. & K. از خانواده شاه‌پسند (Verbenaceae) بومی آمریکای جنوبی بوده و درختچه‌ای همیشه سبز و برافراشته به ارتفاع حدود ۱/۵ تا ۲ متر با برگ‌های سرنیزه‌ای به طول ۷ تا ۱۰ سانتی‌متر است. از برگ‌های این گیاه آن بوی خوشایند لیمو به مشام می‌رسد (۸). به‌لیمو یکی از گیاهان دارویی ارزشمندی است که به عنوان یک گیاه معطر کشت و مورد استفاده قرار می‌گیرد. برگ گیاه به‌لیمو به عنوان اندام مورد استفاده این گیاه دارای خواص ضد تشنج، ضد انقباض، تب‌بر و آرام بخش بوده و دارای سابقه‌ای طولانی در درمان آسم، اسپاسم، سرماخوردگی، سردرد، تب، نفخ، اسهال، سوء هاضمه، بی‌خوابی و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، استادیار و مربی، گروه زراعت، واحد ممبید، دانشگاه آزاد اسلامی، ممبید، ایران

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

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.78875

این پژوهش با هدف دستیابی به بهترین سطح کود نیتروژن و نوع کود آهن جهت مدیریت بهینه کشت گیاه دارویی به‌لیمو، در جهت رسیدن به حداکثر عملکرد کمی و کیفی در شرایط آب هوایی استان کرمان به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۶ - ۹۵ در باغ فتح آباد واقع در شمال غربی کرمان در فاصله ۱۲ کیلومتری شهر انجام پذیرفت. شهر کرمان با ارتفاع ۱۷۵۵ متر از سطح دریا در طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۵ دقیقه و ۱۶ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه و ۸ ثانیه قرار گرفته است. جهت تعیین خصوصیات خاک مزرعه، تا عمق ۳۰ سانتیمتری نمونه‌برداری صورت گرفت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ آمده است. میزان ماده آلی خاک ۰/۴۸ درصد، میزان نیتروژن ۰/۰۵ درصد و میزان آهن خاک ۳/۱۸ قسمت در میلیون بود (جدول ۱).

جهت انجام آزمایش ابتدا تعداد ۳۰۰ قلمه هم اندازه با قابلیت ریشه‌زایی در گلخانه باغ فتح آباد در آذرماه ۱۳۹۵ در بستر ماسه بادی کشت گردید. از میان ۳۰۰ قلمه کشت شده در گلخانه، تعداد ۱۴۴ قلمه یکسان، هم‌اندازه و ریشه‌دار جدا شده و بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه کشت شدند. تیمارها شامل کود اوره در چهار سطح شامل صفر (شاهد)، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و منابع مختلف کود آهن شامل عدم استفاده از کود آهن (شاهد)، سولفات آهن ۱۷ درصد، نانو کلات آهن ۹ درصد و کلات آهن اورتو ۴/۸ درصد در نظر گرفته شدند. سولفات آهن ۱۷ درصد به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار، نانو کلات آهن ۹ درصد به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار و کلات آهن اورتو ۴/۸ درصد به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار به توصیه شرکت‌های سازنده (شرکت دانش بنیان صدور احراز شرق) استفاده گردید. پس از آماده سازی زمین و پیش از کشت، آبیاری سنگینی انجام گرفت و پس از آن در اول اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۶ انتقال قلمه‌ها به مزرعه صورت پذیرفت.

با توجه به اینکه بافت خاک مزرعه آزمایشی لوم شنی (بافت متوسط) بود، مقادیر کود اوره در دو نوبت (۵۰ درصد در هنگام آماده‌سازی زمین جهت کشت و ۵۰ درصد باقیمانده در اواسط دوره رشد رویشی به صورت سرک) به کرت‌های آزمایشی اضافه شد. انواع کودهای آهن نیز در دو نوبت (۵۰ درصد بعد از کاشت و ۵۰ درصد باقیمانده در اواسط دوره رشد رویشی) استفاده گردید. کود سولفات آهن به صورت خاکی و کودهای نانو کلات آهن و کلات آهن اورتو به صورت کود آبیاری اعمال شدند. در طول دوره رشد و چین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. برداشت سه ماه بعد از کاشت و در

مقدار نیتروژن در گیاهان بعد از کربن و هیدروژن بیش از سایر عناصر غذایی است (۲۶). نیتروژن مهم‌ترین عنصر در اصلاح وضعیت مواد غذایی خاک بوده و بیشترین اثرات را از نظر افزایش تولید محصول داشته است (۳۴). آهن از عناصر کم مصرف اما بسیار ضروری برای گیاهان است که در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان همچون ساخت کلروفیل و تنظیم فعالیت آنزیم‌ها دخالت دارد. اگرچه آهن به مقدار زیادی در خاک وجود دارد، اما شرایط نامساعد خاک (همچون pH بالا) باعث غیرقابل جذب شدن آن برای ریشه گیاه می‌گردد (۴۷). بنابراین لازم است که آهن مورد نیاز گیاه به شکل محلول در دسترس گیاه قرارگیرد که عمدتاً از طریق کلات‌های آهن امکان پذیراست (۱۳). کلات‌EDDHA با درصد اورتو-اورتو بالا (۴/۸ درصد)، دارای حلالیت بالایی بوده و یکی از مقاوم‌ترین کلات‌ها در برابر شرایط نامساعد خاک است که می‌تواند تضمین کننده جذب آهن توسط ریشه باشد (۱۰). این کودها در دامنه وسیعی از pH پایداری داشته، بنابراین در خاک‌های ایران که عمدتاً خاک‌هایی با واکنش قلیائی می‌باشند اثر بخشی خوبی دارند (۴۴).

تاکنون در مورد اثر کودهای شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی تحقیقات زیادی صورت گرفته است. زارع و همکاران (۵۷) عملکرد، کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی به لیمو را تحت تاثیر مصرف متعادل کود و پلیمر سوپرجاذب ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد صفات رویشی در مصرف متعادل کود شیمیایی، کود زیستی و پلیمر سوپر جاذب بدست می‌آید. بیشترین میزان اسانس و بیشترین مجموع ترکیب ژرانیال و نرال در مصرف متعادل کود شیمیایی و کود زیستی به دست آمد. عبادی و همکاران (۱۷) تاثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد برگ، درصد و اجزای اسانس به لیمو را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد برگ و میزان اسانس مربوط به تیمار استفاده از ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست و کمترین مربوط به شاهد بود. در بررسی اجزای اسانس، بیشترین میزان سیترال (مجموع دو ترکیب نرال و ژرانیال) متعلق به تیمار کود کامل و بیشترین میزان لیمون و سینئول در تیمار ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست مشاهده شد. بررسی سطوح مختلف نیتروژن و محلول پاشی آمینو کلات آهن بر عملکرد و ویژگی‌های رشد گیاه دارویی شوید، نشان داده است که کودهای نیتروژن و آهن صفات مورفولوژیک و ارتفاع را به طور معنی‌داری افزایش داده است (۲۵). در پژوهشی دیگر تأثیر محلول پاشی نانو کلات آهن و پتاسیم بر عملکرد کمی و کیفی گیاه اسفرزه بررسی شد که نتایج نشان داد که کاربرد نانو کلات آهن و پتاسیم در افزایش بهره‌وری گیاه دارویی اسفرزه نقش مثبت ایفا می‌کند (۱).

با ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط شد. پس از سانتریفوژ میزان جذب (A) در طول موج های ۶۴۶/۶ و ۶۶۳/۶ نانومتر اسپکتروفتومتر ثبت گردید. میزان کلروفیل کل بر اساس معادله ۱ محاسبه شد:

شروع گلدهی صورت گرفت. صفات مورد ارزیابی شامل ارتفاع گیاه، وزن تر برگ در بوته، وزن خشک برگ در بوته، تعداد شاخه اصلی و طول شاخه اصلی بود. برای اندازه گیری کلروفیل از روش پورا و همکاران (۴۵) استفاده گردید. مقدار ۰/۵ گرم نمونه برگ کاملاً خرد و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of experimental soil

شماره آزمایشگاه	26125
Lab No.	
توضیحات نمونه	باغ فتح آباد
Description	Fath Abad Garden
اسیدیته	7.5
pH	
هدایت الکتریکی	11.91
Ec x 1000 ms	
نیتروژن	0.05
N (%)	
ماده آلی	0.48
Organic matter (%)	
فسفر قابل جذب	22.4
Available Phosphorus (ppm)	
پتاسیم قابل جذب	670
Available Potassium (ppm)	
آهن	3.18
Fe (ppm)	
رس	19
Clay (%)	
شن	54
Sand (%)	
لوم	27
Silt (%)	
بافت خاک	شنی-لومی
Soil texture	SA-L

Thermo-UFM از نوع تله یونی مجهز به ستون HP-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. برنامه ریزی حرارتی ستون از ۵۰ درجه سانتی گراد شروع شده و دمای نهایی ستون به ۳۰۰ درجه سانتی گراد رسید. دمای محفظه تزریق در ۲۶۰ درجه سانتی گراد و دمای دتکتور در ۳۰۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. دتکتور از نوع Mass بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده شد. شناسایی ترکیب های موجود در اسانس با استفاده از اندیس های بازداري کواتس و بررسی طیف های جرمی و مقایسه با طیف های جرمی پیشنهادی توسط کتابخانه های رایانه دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف سنج جرمی صورت گرفت (۱۵ و ۵۳).

جهت تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده از نرم افزار آماری SAS (۵۰) و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

(معادله ۱) $16.76A_{646.6} - 6.34A_{663.6}$ (mg ml⁻¹) کل کلروفیل استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر صورت گرفت (۱۴). جهت تعیین میزان اسانس، مقدار ۵۰ گرم برگ خشک پودر شده به مدت ۱۸۰ دقیقه مورد اسانس گیری قرار گرفت. سپس جهت حذف رطوبت و آبیگری از اسانس مقداری سولفات سدیم خشک به اسانس ها اضافه شد و به این ترتیب اسانس ها برای انجام آزمایش های بعدی در شرایط خنک و تاریک داخل یخچال نگهداری شدند. بازده تولید اسانس بر حسب درصد وزنی/ وزنی با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد (۳۶).

$100 \times (\text{وزن خشک گیاه} / \text{وزن اسانس}) = \text{درصد اسانس}$

(معادله ۲)

به منظور جداسازی و شناسایی ترکیبات اسانس، از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MAS) مدل

قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها تست نرمال بودن آن‌ها انجام شد و پس از اطمینان از حالت توزیع نرمال، نسبت به تجزیه و تحلیل آن‌ها اقدام گردید. میانگین‌های به دست آمده توسط روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که سطوح مختلف اوره و انواع کود آهن بر صفت محتوای کلروفیل برگ معنی‌دار بوده اما اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نیست (جدول ۲). از میان سطوح مختلف کود اوره، تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین محتوای کلروفیل ($29/20$ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و شاهد کمترین میزان محتوای کلروفیل ($15/98$ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) را به خود اختصاص دادند. از بین انواع کود آهن، بیشترین محتوای کلروفیل به ترتیب مربوط به کلات آهن اورتو، نانوکلات آهن و سولفات آهن بود و کمترین میزان به شاهد اختصاص داشت (جدول ۳).

نیترژن جزء مهمی از مولکول کلروفیل را تشکیل می‌دهد و بدون وجود نیترژن حلقه‌های پورفیرینی چهارطرف مولکول کلروفیل تشکیل نخواهد شد (۱۸). در نتیجه یکی از اثرات مهم عنصر نیترژن در گیاهان، افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها می‌باشد. همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده استفاده از سطوح مختلف کود اوره باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ‌های گیاه به‌لیمو نسبت به شاهد شده است. نتایج این تحقیق با منابع دیگر نیز همخوانی دارد. شیخی و رونقی (۵۲) اثر سطوح مختلف نیترژن (۰، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک از منبع اوره) را بر غلظت کلروفیل اسفناج بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش نیترژن تا سطح ۲۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک میزان کلروفیل افزایش یافت. عارفی و همکاران (۷) با بررسی اثر سطوح مختلف نیترژن (۰، ۷۰، ۱۴۰، ۲۱۰) بر گیاه دارویی موسیر به این نتیجه رسیدند که افزایش نیترژن در افزایش وزن خشک و میزان نسبی کلروفیل تأثیر معنی‌دار دارد. بر اساس گزارش بیسیدا (۱۲) با اعمال کود نیترژن به میزان ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بر گیاه گزنه در تیمار ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار میزان عملکرد و کلروفیل افزایش یافت.

آهن از جمله عناصر ضروری برای رشد و تولیدمثل گیاهان بوده و در فرایند فتوسنتز، تنفس، جذب و ساخت نیترژن و کلروفیل در گیاهان نقش دارد (۲۹). نقش این عنصر در تثبیت ازت و فعالیت برخی از آنزیم‌ها نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم اکسیداز به خوبی مورد بررسی قرار گرفته است (۳۵). از آنجایی که شکل‌گیری کلروفیل بدون حضور آهن میسر نیست، کمبود یا غیرفعال شدن آهن در گیاهان سبب کاهش کلروفیل و در نتیجه کاهش رشد می‌شود (۶). بر

اساس نتایج جدول ۳ استفاده از انواع کود آهن باعث افزایش معنی‌دار مقدار کلروفیل نسبت به شاهد شده است که نشان‌دهنده نقش آهن در سنتز کلروفیل می‌باشد. پیوندی و همکاران (۴۴) نیز با بررسی اثر کود آهن بر ریحان گزارش نمودند که کود آهن باعث افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به شاهد شده است. افزایش کلروفیل باعث افزایش فتوسنتز و افزایش تولید فرآورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد رویشی، تعداد و طول شاخه و تعداد و سطح برگ می‌شود (۴۲).

صفات کمی

ارتفاع گیاه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده سطوح مختلف کود اوره و نوع کود آهن بر ارتفاع گیاه به‌لیمو در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده سطوح مختلف کود اوره نشان داد که ارتفاع گیاه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ($54/04$ سانتی‌متر) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد ($38/34$ سانتی‌متر) و سایر سطوح کود اوره بود (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین اثر ساده نوع کود آهن نشان داد که کلات آهن اورتو ارتفاع بیشتری را نسبت به شاهد و سایر انواع کود آهن ایجاد نموده است (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل، استفاده توأم ۱۵۰ کیلوگرم اوره و کلات آهن اورتو بیشترین ارتفاع ($68/77$ گرم) و تیمار شاهد کمترین ارتفاع ($34/66$ گرم) را در گیاه به‌لیمو تولید نمود (شکل ۱ الف).

وزن تر و خشک برگ در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده سطوح مختلف کود اوره و نوع کود آهن بر عملکرد وزن تر و وزن خشک برگ در بوته گیاه به‌لیمو در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد وزن خشک برگ در بوته در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده سطوح مختلف کود اوره نشان داد که تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، بالاترین عملکرد وزن تر در بوته ($105/56$ گرم) و وزن خشک در بوته ($20/08$ گرم) و تیمار شاهد کمترین مقدار وزن تر در بوته ($70/09$ گرم) و وزن خشک برگ در بوته ($12/26$ گرم) را تولید نمودند (جدول ۳). عملکرد تر و خشک در بوته گیاه به‌لیمو در تیمارهای کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره نسبت به شاهد دارای افزایش معنی‌دار و نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کاهش معنی‌دار داشتند. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر ساده نوع کود آهن، بیشترین عملکرد وزن تر در بوته ($102/74$ گرم) و وزن خشک در بوته ($18/04$ گرم) در تیمار کلات آهن اورتو و کمترین عملکرد آن‌ها در تیمار شاهد مشاهده شد

افزایش میزان کلروفیل بر صفات اندازه‌گیری شده می‌باشد. مفاخری (۲۸) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین محتوای کلروفیل با درصد اسانس و سایر صفات رویشی گیاه دارویی شنبلله گزارش کرد. در ارزیابی صفات ارتفاع، عملکرد وزن تر و خشک برگ در بوته و تعداد و طول شاخه بر اساس نتایج جدول ۳، استفاده از کود اوره باعث افزایش مقدار این صفات نسبت به شاهد شده است. نیتروژن نقش موثری در نمو یاخته‌های جدید دارد و باعث افزایش رشد رویشی و تعداد شاخسارهای جانبی در گیاه می‌شود. کود نیتروژن نیاز گیاه را از لحاظ این عنصر غذایی تامین می‌کند و موجب افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد رویشی، تعداد و طول شاخه و تعداد و سطح برگ می‌شود (۴۱). قادری و مقدم (۱۹) نیز گزارش نمودند که استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی و عملکرد زیره سبز می‌شود.

در تحقیق حاضر استفاده از انواع کود آهن همچنین باعث افزایش معنی‌دار صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع ساقه، عملکرد وزن تر و خشک برگ در بوته، طول شاخه و تعداد شاخه‌ها در گیاه به‌لیمو نسبت به شاهد شده است. با توجه به شکل ۴ که همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان کلروفیل و کلیه صفات مورد مطالعه مشاهده می‌شود میتوان نتیجه گرفت که یکی از عوامل افزایش رشد در تیمارهای کودی آهن افزایش کلروفیل می‌باشد. پیوندی و همکاران (۴۴) گزارش نمودند که استفاده از کود آهن باعث افزایش معنی‌دار پارامترهای رشد در گیاه ریحان نسبت به شاهد می‌شود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. همچنین آلمالیوتس و همکاران (۵) گزارش کردند که یک رابطه خطی معنی‌دار بین غلظت آهن و عملکرد گیاه وجود دارد به طوری که در اثر مصرف آهن، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه افزایش یافته و این امر باعث افزایش سطح کربن‌گیری و در نتیجه میزان ماده خشک تولیدی در گیاه می‌گردد.

درصد اسانس

سطوح مختلف کود اوره، انواع کود آهن و اثر متقابل آنها بر میزان اسانس در سطح یک درصد اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۲). تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره با ۱/۰۷ درصد بیشترین میزان اسانس و شاهد با ۰/۷۸ درصد کمترین میزان اسانس را تولید نمودند. از نظر تولید اسانس تیمارهای ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. از میان کودهای آهن، به ترتیب کلات آهن اورتو (۱/۲۸ درصد)، نانوکلات آهن (۱/۱۵ درصد)، سولفات آهن (۰/۸۱ درصد) و شاهد (۰/۵۴ درصد) بیشترین تا کمترین میزان اسانس را تولید نمودند (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان‌دهنده این است که استفاده از ۱۵۰

(جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد وزن تر در بوته (۱۱۸/۲ گرم) و خشک در بوته (۲۲/۵۵ گرم) برگ به‌لیمو در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به همراه کلات آهن اورتو ایجاد شد. تیمار شاهد کمترین عملکرد وزن تر و خشک برگ در بوته را تولید نمود (شکل ۱ ب و ج).

تعداد شاخه اصلی و طول شاخه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف کود اوره و انواع کود آهن بر صفات تعداد شاخه اصلی و طول شاخه گیاه به‌لیمو در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بررسی اثرات متقابل نشان داد که طول شاخه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و تعداد شاخه اصلی تحت تاثیر اثر متقابل قرار نگرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کود اوره نشان داد که استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بیشترین میزان طول شاخه (۴۲/۱۲ سانتی‌متر) و تعداد شاخه اصلی (۱۱/۱۴ عدد) را تولید نمود و شاهد در هر دو صفت با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارهای اوره کمترین میزان را دارا بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده انواع کود آهن نشان داد که بالاترین مقدار صفات مذکور به ترتیب مربوط به کلات آهن اورتو، نانوکلات آهن و سولفات آهن بود و کمترین مقدار مربوط به شاهد بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان‌دهنده این است که استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره همراه با کلات آهن اورتو بالاترین تعداد شاخه اصلی و بیشترین طول شاخه را ایجاد نمود. تیمار شاهد در صفات مذکور کمترین مقادیر را دارا بود (شکل ۲).

مسلم است که رشد گیاه تحت تأثیر شرایط محیطی و اقلیم محل رویش قرار می‌گیرد. دسترسی به آب و عناصر غذایی ضروری، از طریق افزایش تعداد گره‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها و شاخه‌ها، رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵۷).

همانطور که در مبحث کلروفیل توضیح داده شد نیتروژن و آهن باعث افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود. افزایش میزان کلروفیل، توانایی جذب نور خورشید را افزایش داده و مواد فتوسنتزی بیشتری به نقاط مختلف گیاه ارسال می‌گردد (۳۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین جدول ۳، به طور مشخص استفاده از سطوح مختلف کود اوره باعث افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، عملکرد وزن تر و خشک برگ در بوته، تعداد شاخه، طول شاخه و درصد اسانس به‌لیمو نسبت به شاهد شده است. این افزایش مرتبط با افزایش میزان کلروفیل و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز گیاه می‌باشد. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان کلروفیل برگ‌های به‌لیمو و صفات مورد بررسی در سطح یک درصد وجود دارد که تاییدی بر تاثیر مثبت نقش

کیلوگرم در هکتار اوره همراه با کلات آهن اورتو بالاترین میزان اسانس (۱/۳ درصد) را ایجاد نمود. تیمار شاهد با ۰/۳۸ درصد در صفت مذکور کمترین مقدار را دارا بود (شکل ۳ ب).

نتایج نشان داد که درصد اسانس گیاه به لیمو تحت تأثیر سطوح مختلف کود اوره نسبت به شاهد قرار گرفت و سطوح مختلف کود اوره باعث افزایش معنی دار درصد اسانس نسبت به شاهد شد (جدول ۳). مصرف کود نیتروژن از طریق مصرف مواد فتوسنتزی برای افزایش سطح برگ و تولید بیشتر ترکیبات اولیه و افزایش تعداد غدد ترشحی باعث افزایش درصد اسانس می شود (۴۲). نتایج آزمایش زینلی و همکاران (۵۸) و پشت دار و همکاران (۴۶) نشان دادند که استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد و درصد اسانس گیاه نعنا فلفلی شد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

بر اساس نتایج جدول ۳، کاربرد آهن باعث افزایش معنی دار درصد اسانس به لیمو نسبت به شاهد شده است. عوامل زیادی وجود دارد که سبب تغییر در کمیت اسانس در گیاهان دارویی می شود. یکی از آنها کاربرد عناصر غذایی است. گیاهان دارویی در طول دوره رشد

برای تولید مناسب اسانس و مواد مؤثره به میزان کافی عناصر ریزمغذی نیاز دارند به طوری که تأمین این عناصر، میزان و عملکرد اسانس را تا حد زیادی افزایش می دهد (۵۱). اسانس ها از گروه شیمیایی ترپن ها هستند و یا منشا ترپنی دارند. فتوسنتز و تولید فرآورده های فتوسنتزی رابطه مستقیمی با تولید اسانس نشان می دهد. گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب برای تامین NADPH و ATP در ساخت اسانس به ویژه مونوترپن ها عمل می کند (۱۶). تثبیت دی اکسید کربن، ساخت متابولیت های اولیه و سوخت و ساز ساکارز ارتباط نزدیکی با تجمع اسانس در گیاهان دارد. به دلیل نقش آهن در افزایش توان فتوسنتزی و پیش سازهای ترکیب های فنولی مورد نیاز در ساخت اسانس ها میزان اسانس در نتیجه کاربرد این عنصر بهبود می یابد (۱۶). مقدم و همکاران (۳۲) افزایش عملکرد اسانس ریحان مقدس، ناطقی و همکاران (۳۸) افزایش درصد اسانس گیاه آنیسون و رستمی و همکاران (۴۸) افزایش درصد و عملکرد اسانس گیاه گشنیز را تحت تیمار آهن نسبت به شاهد گزارش نمودند که با نتایج تحقیق حاضر در مورد به لیمو مطابقت دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه به لیمو تحت تأثیر سطوح مختلف کود اوره و منابع مختلف کود آهن

Table 2- ANOVA for the studied traits of Lemon Verbena affected by different levels of urea and iron fertilizer resources

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	وزن تر برگ در بوته Leaf fresh weight per plant	وزن خشک برگ در بوته Leaf dry weight per plant	تعداد شاخه اصلی Number of main branch	طول شاخه اصلی Main branch length	کلروفیل Chlorophyll	اسانس Essential oil
تکرار Replication	2	69.67 ^{ns}	979.49*	10.01*	4.55**	42.19*	10.55 ^{ns}	0.046*
سطح اوره Urea level	4	519.10**	2810.99**	129.90**	19.80**	198.12**	448.32**	0.725**
نوع آهن Type of iron	3	499.97**	1499.34**	44.58**	54.58**	438.06**	375.45**	5.326**
اوره×آهن Urea×Iron	3	75.00*	130.14 ^{ns}	7.78*	1.31 ^{ns}	35.05*	6.93 ^{ns}	0.041**
خطا Error	9	29.86	287.00	2.84	0.83	14.63	3.94	0.009
ضریب تغییرات CV		11.55	18.65	10.03	9.15	11.73	8.73	5.00

***، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی داری.

*, **, ns: Significant at 5% and 1% probability level and no significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده بر صفات مورد مطالعه به‌لیمو تحت تأثیر سطوح مختلف کود اوره و منابع مختلف کود آهن
Table 3- Mean comparison of simple effects different levels of urea and iron fertilizer resources on the studied traits of Lemon Verbena

فاکتور Factor	سطح Level	ارتفاع Height (cm)	وزن تر برگ در بوته Leaf fresh weight per plant (g)	وزن خشک برگ در بوته Leaf dry weight per plant (g)	تعداد شاخه اصلی Number of main branch	طول شاخه اصلی Main branch length	کلروفیل Chlorophyll (mg ml ⁻¹)	اسانس Essential oil (%)
کود اوره Urea fertilizer	شاهد (0) control	38.34 ^c	70.09 ^c	12.26 ^c	8.16 ^c	33.74 ^c	15.98 ^d	0.78 ^c
	100	47.42 ^b	89.16 ^b	17.18 ^b	10.53 ^{ab}	41.28 ^{ab}	19.12 ^c	0.95 ^b
	150	54.04 ^a	105.56 ^a	20.08 ^a	11.14 ^a	43.12 ^a	29.20 ^a	1.07 ^a
	200	49.32 ^b	98.56 ^{ab}	17.76 ^b	10.09 ^b	39.03 ^b	26.38 ^b	0.99 ^b
منبع کود آهن Sources of iron fertilizer	شاهد (0) control	40.59 ^b	75.86 ^c	13.96 ^b	7.63 ^d	33.18 ^c	16.30 ^d	0.54 ^d
	سولفات آهن Iron sulfate	44.07 ^b	93.80 ^b	17.91 ^a	8.82 ^c	35.91 ^c	20.46 ^c	0.81 ^c
	نانو کلات Nano chelate	50.18 ^a	90.88 ^b	17.36 ^a	11.18 ^b	41.22 ^b	24.90 ^b	1.15 ^b
	کلات اورتو Ortho-chelate	54.28 ^a	102.74 ^a	18.04 ^a	12.30 ^a	46.84 ^a	29.27 ^a	1.28 ^a

در هر ستون میانگین‌های که حرف (حروف) مشترک دارند داری تفاوت معنی‌دار آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد نیستند.
Means in each column followed by same letter(s) are not significantly different based on LSD test at 5% of probability level..

ترکیبات شیمیایی اسانس برگ

در ارزیابی کیفیت اسانس برگ پس از آنالیز دستگاهی با دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MAS)، تعداد ۲۰ ترکیب در اسانس به‌لیمو شناسایی شدند که در مجموع بیش از ۸۵ درصد از کل اجزا را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). چهار ترکیب ژرانیال، نرال، لیمونن و ۱-سینئول به ترتیب اجزای غالب در اسانس بودند. سیترال (به مجموع دو ترکیب نرال و ژرانیال اصطلاحاً سیترال گفته می‌شود) به عنوان ترکیب اصلی اسانس به‌لیمو به عنوان طعم دهنده داروها و همچنین در صنایع عطر و ادکلن سازی کاربرد فراوانی دارد (۸، ۲۲). نتایج نشان داد که از نظر ترکیب سیترال، تیمار شاهد (بدون مصرف کود اوره و آهن) کمترین مقدار (۳۳/۸ درصد) را دارا بود. از طرف مقابل بالاترین میزان مربوط به ترکیب تیماری ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره و کلات آهن اورتو (۴۴/۹ درصد) می‌باشد (جدول ۴).

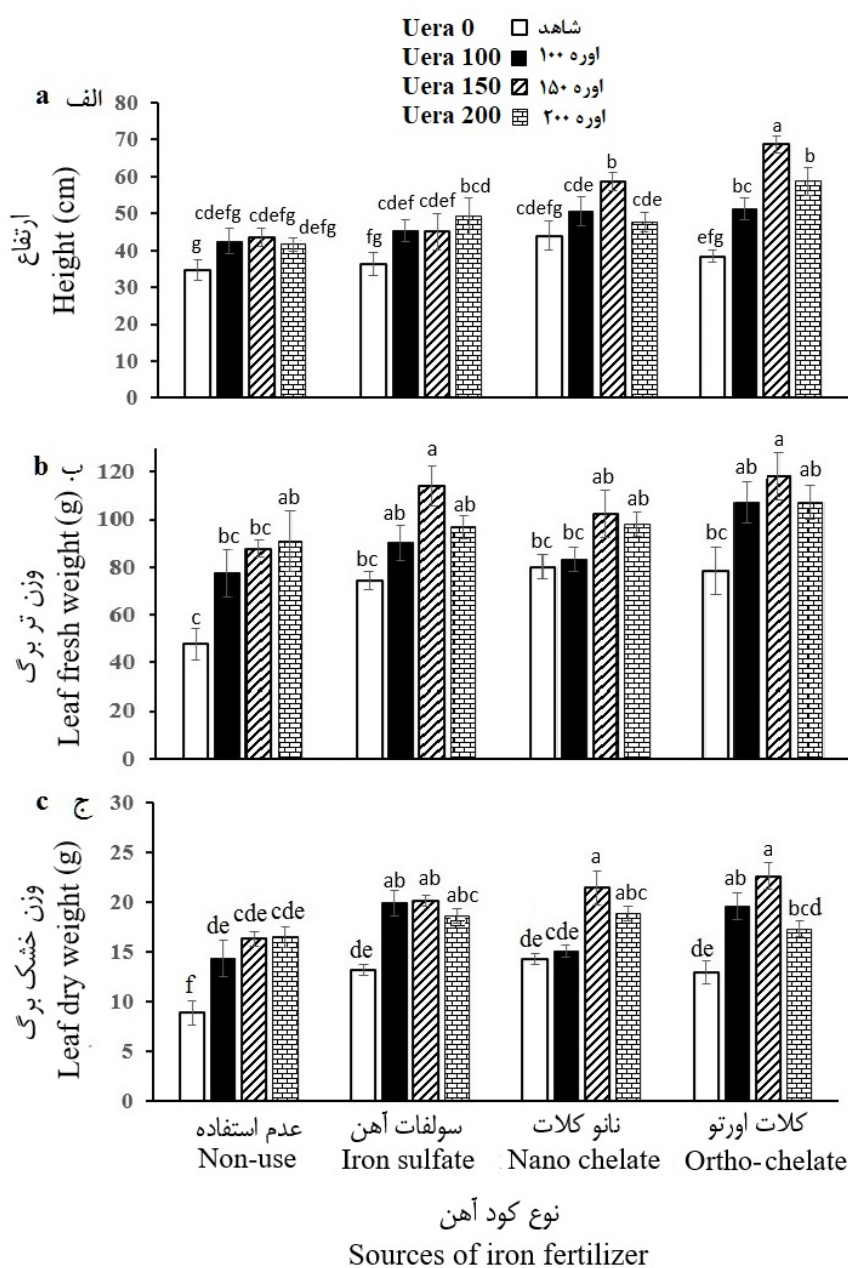
عوامل محیطی در تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی نقش مهمی دارند از جمله میزان عناصر غذایی و خصوصیات خاک به ویژه درصد نیتروژن خاک، میزان ماده آلی، ریزمغذی‌ها و بافت خاک که بر اسانس تأثیر می‌گذارند (۳۰ و ۳۹). همچنین کاهش محتوای کلروفیل در اثر شرایط محیطی بر ساخت متابولیت‌ها از جمله کمیت و کیفیت اسانس اثر منفی می‌گذارد (۲۴).

به‌طور کلی، آن چه در رابطه با اجزای تشکیل‌دهنده یک اسانس دارای اهمیت است ترکیبات اصلی می‌باشند که بیشترین درصد اسانس را تشکیل می‌دهند. از میان ۲۰ ترکیب شناسایی شده در اسانس (جدول ۴) سیترال به عنوان ترکیب اصلی دارای کاربرد گسترده‌ای در صنایع مختلف است و شاخص و ارزش دارویی و صنعتی گیاه به‌لیمو وابسته به آن می‌باشد (۸). ترکیبات مذکور فعالیت ضد میکروبی قوی و اثرات فرومونی بر حشرات دارند و به عنوان معطر کننده به برخی روغن‌ها اضافه می‌شود (۲۳، ۲۷ و ۴۳).

بر اساس نتایج جدول ۴ از نظر میزان سیترال، از بین انواع کود آهن، کلات آهن اورتو با میانگین ۴۳/۲ درصد، کود نانوکلات آهن با میانگین ۴۱/۳ درصد و کود سولفات آهن با میانگین ۳۷ درصد و شاهد (بدون مصرف کود آهن) با میانگین ۳۵/۳ درصد به ترتیب بیشترین تا کمترین میزان را به خود اختصاص داده بودند. از بین سطوح مختلف کود اوره به ترتیب تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۴۰/۵ درصد، تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۴۰/۰ درصد، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۳۹/۱ و شاهد با میانگین ۳۷/۱ درصد بیشترین تا کمترین میزان سیترال را تولید نموده‌اند. بررسی اثر متقابل نشان داد که بالاترین میزان سیترال مربوط به ترکیب تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره همراه با کلات آهن اورتو (T12) (۴۴/۹ درصد) و کمترین درصد مربوط به تیمار شاهد

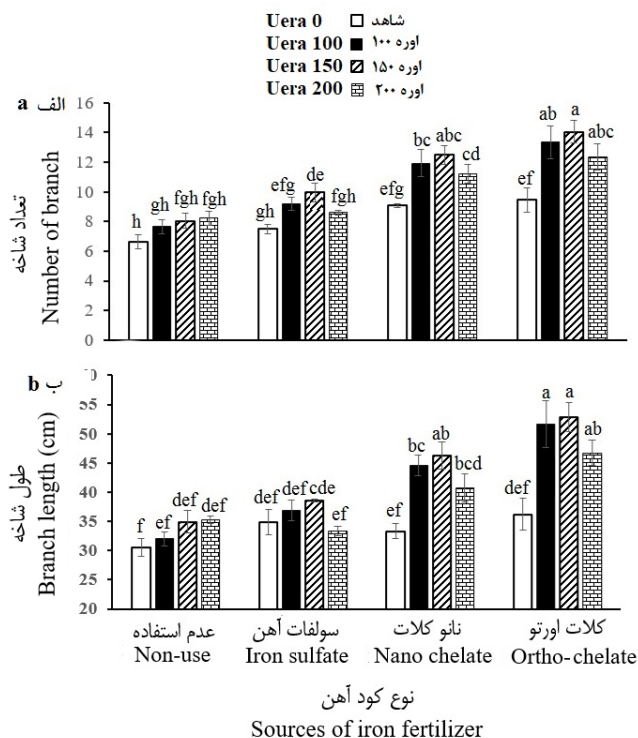
افزایش میزان اسانس و ترکیبات نرال و ژرانیال در اثر افزایش مصرف کود اوره، می‌توان اظهار داشت که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آنها نیاز مبرم به NADPH و ATP دارند و حضور نیتروژن برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری است (۴، ۳۳ و ۵۵).

(T1) (۳۳/۸ درصد) است (جدول ۴). زارع و همکاران (۵۷) گزارش نمودند که بیشترین اجزاء اسانس گیاه به‌لیمو ژرانیال و نرال است که تیمار شاهد کمترین و تیمار استفاده متعادل از کود بیشترین میزان این ترکیبات را به خود اختصاص داده است. در مطالعات دیگر نیز مهم‌ترین ترکیبات اسانس برگ گیاه به‌لیمو ژرانیال و نرال گزارش شده (۳۱ و ۵۷) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در مورد علت

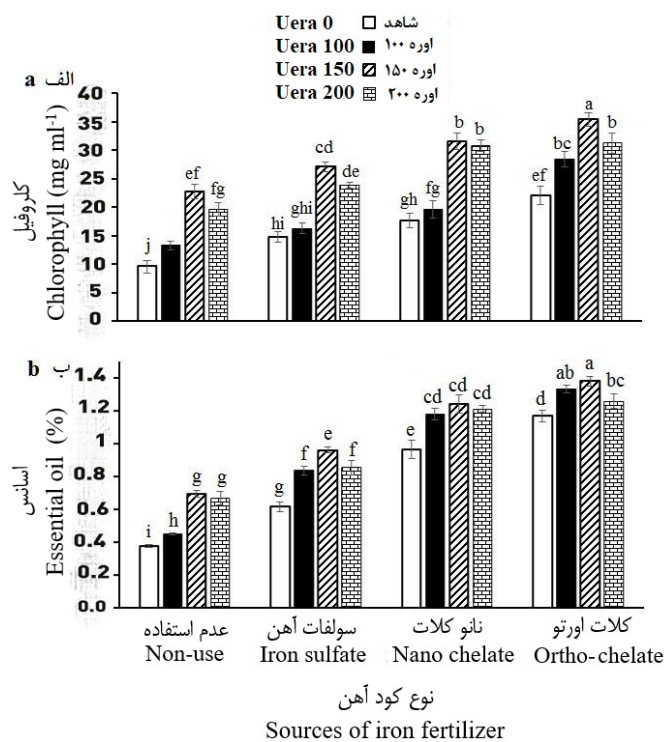


شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح کود اوره × نوع کود آهن بر ارتفاع (الف)، وزن تر برگ در بوته (ب) و وزن خشک برگ در بوته (ج) گیاه به‌لیمو

Figure 1- Mean comparison of interaction effects, urea fertilizer level × type of iron fertilizer, on height (a), leaf fresh weight per plant (b) and leaf dry weight per plant (c) of Lemon Verbena (LSD, $p \leq 0.05$)



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح کود اوره×نوع کود آهن بر تعداد شاخه اصلی (الف)، طول شاخه (ب) گیاه به لیمو
Figure 2- Mean comparison of interaction effects, urea fertilizer level×type of iron fertilizer, on number of main branch (a), branch length (b) of Lemon Verbena (LSD, $p \leq 0.05$)

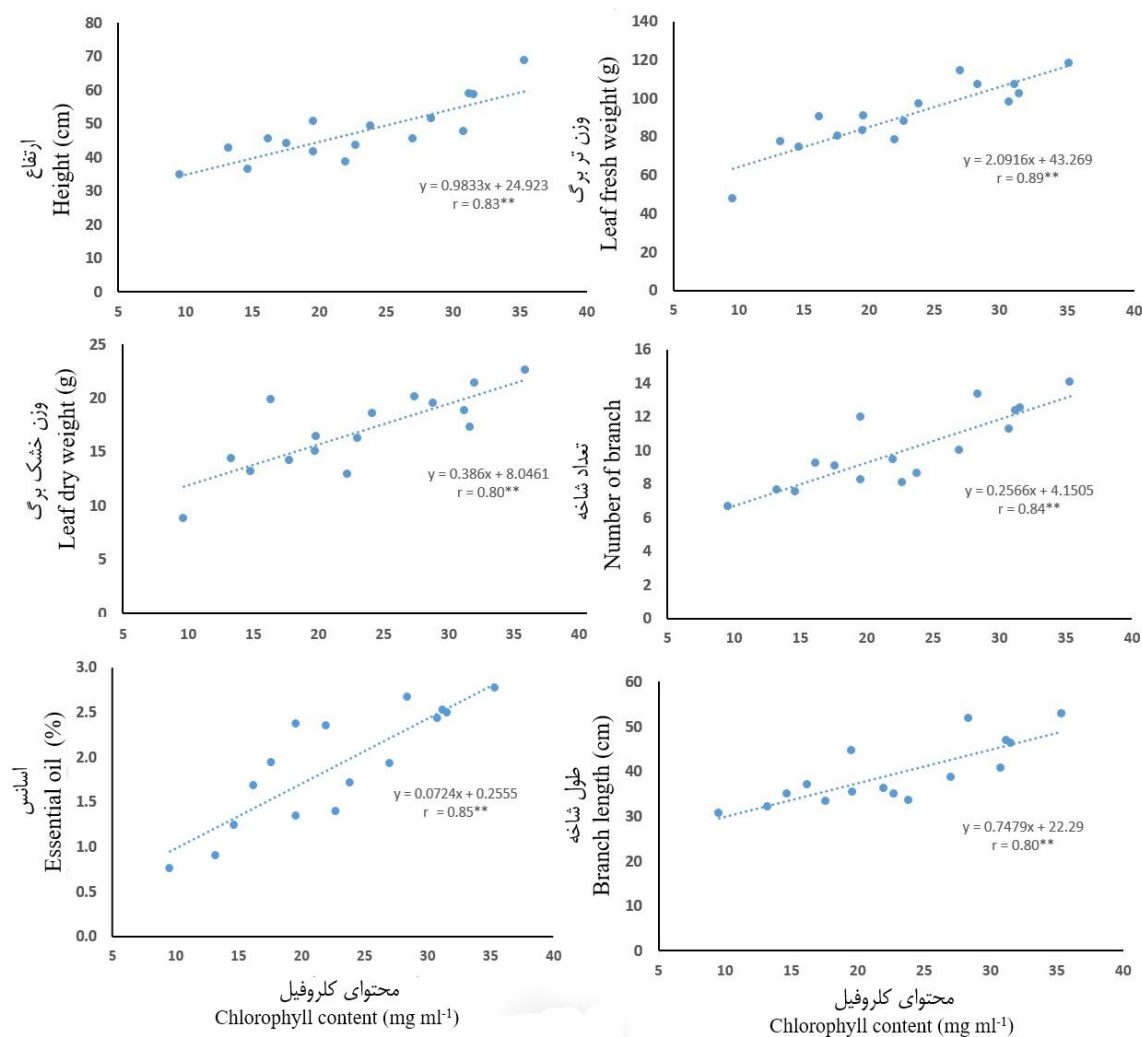


شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح کود اوره×نوع کود آهن بر محتوای کلروفیل (الف) و درصد اسانس (ب) برگ به لیمو
Figure 3- Mean comparison of interaction effects, urea fertilizer level×type of iron fertilizer, on chlorophyll content (a) and the percentage of essential oil (b) in leaf of Lemon Verbena (LSD, $p \leq 0.05$)

جدول ۴- ترکیبات تشکیل دهنده اسانس گیاه به لیمو تحت ترکیبات تیماری سطوح کود اوره و نوع کود آهن
Table 4- The compounds of Lemon Verbena essential oil under the combination of urea fertilizer and sources of iron fertilizer

ردیف No.	نام ترکیب Compounds	شاخص Retentio n index	T16	T15	T14	T13	T12	T11	T10	T9	T8	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1
1	α -pinene	982	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.3	0.7	0.7	0.5	0.2	0.5	0.6	0.3	0.5
2	Sabinen	984	0.3	0.4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
3	β -pinene	934	6.2	5.3	3.9	3.6	7.0	3.8	2.9	2.6	5.1	4.9	3.3	3.1	4.0	4.1	2.7	2.8
4	Limonene	1032	10.6	14.0	13.6	12.7	11.7	11.6	12.4	13.6	12.9	12.1	11.1	11.8	11.0	13.1	10.0	12.9
5	1,8-cineol	1111	10.4	9.6	8.2	8.4	10.0	6.1	7.1	5.7	9.2	8.8	6.3	5.9	6.4	8.5	6.0	7.8
6	Trans-Limonene oxide	1140	0.6	0.4	0.3	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.4	0.7	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3
7	Linalool	1155	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
8	Terpinen-4-ol	1189	1.8	1.7	1.5	1.6	1.9	1.5	1.4	1.5	1.9	1.5	1.3	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5
9	α -Terpineol	1199	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6
10	Neral	1235	14.5	15.4	17.3	17.7	15.3	16.5	18.1	19.2	16.4	16.8	18.7	19.9	15.7	16.7	18.2	18.9
11	Geranial	1259	19.3	20.0	21.7	22.6	20.0	20.8	22.6	24.1	20.3	21.0	24.6	25.1	20.0	21.0	24.1	25.5
	Citral*		44.4	42.3	37.6	35.7	44.9	43.3	37.8	36.7	43.3	40.8	37.2	35.2	40.3	39.0	35.4	33.8
12	α -Copaene	1399	2.8	2.9	2.3	2.7	1.9	4.9	2.8	4.1	3.1	2.6	3.1	3.3	4.7	3.2	3.9	3.0
13	β -Bourbonene	1408	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4
14	Z- β -caryophyllene	1465	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.1
15	γ -Gurjunene	1472	0.0	0.1			0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
16	E- β -caryophyllene	1481	1.9	1.9	1.8		1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0
17	Allo-aromadendrene	1490	4.6	4.0	2.7	2.6	3.4	4.9	3.2	4.4	3.8	2.8	3.7	3.5	5.1	3.8	4.6	2.0
18	β -Guaiane	1541	0.4	0.2	0.1		0.5	1.0	0.9	0.2	0.2	0.2	0.5	0.6	0.9	0.1	0.9	0.1
19	Spathulenol	1640	2.1	2.3	2.2	2.6	2.0	3.4	2.3	2.2	2.2	2.7	1.8	1.7	3.5	2.3	2.3	2.2
20	Caryophyllene oxide	1699	2.5	2.2	3.7	4.6	2.6	3.6	3.5	2.6	2.3	4.4	2.3	2.5	3.4	3.5	2.4	3.6
	Total		85.5	85.1	85.3	84.2	86.2	86.1	86.5	85.0	85.9	84.5	86.3	84.6	85.7	84.7	86.2	86.2
	Urea 0-ortho-chelate اورتو کلات اوره 0	T4				Urea 0-nano chelate			T3		Urea 0-iron sulfat آهن سولفات اوره 0			T2		Control		T1
	Urea 100-ortho-chelate اورتو کلات اوره 100	T8				Urea100-nano chelate			T7		Urea 100-iron sulfat آهن سولفات اوره 100			T6		Urea 100-non iron آهن عدم تیمار کودی (شاهد)		T5
	Urea 150-ortho-chelate اورتو کلات اوره 150	T12				Urea 150-nano chelate			T11		Urea150-iron sulfat آهن سولفات اوره 150			T10		Urea 150 non iron آهن عدم تیمار کودی (شاهد)		T9
	Urea 200-ortho-chelate اورتو کلات اوره 200	T16				Urea 200-nano chelate			T15		Urea 200-iron sulfat آهن سولفات اوره 200			T14		Urea 200-non iron آهن عدم تیمار کودی (شاهد)		T13

* به مجموع دو ترکیب ژرانیال و نرال اصطلاحاً سیترال گفته می شود.



شکل ۴- همبستگی بین محتوای کلروفیل برگ با صفات کمی و کیفی گیاه به‌لیمو

Figure 4- The correlation between leaf chlorophyll content with quantitative and qualitative traits of Lemon Verbena

نسبت به شاهد شده است از بین سطوح مختلف کود اوره، تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار را در کلیه صفات داشت. استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن باعث کاهش مقادیر در کلیه صفات نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار شده است. کاربرد بیش از اندازه کود نیتروژن می‌تواند نتیجه عکس دهد. در مجموع تاثیر سطوح مختلف کود اوره بر صفات رویشی، عملکرد و درصد اسانس گیاه به‌لیمو به ترتیب از بیشترین به کمترین شامل ۱- ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۲- ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۳- ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۴- شاهد می‌باشد (جدول ۳). به طور کلی کود آهن باعث افزایش صفات در به‌لیمو می‌شود اما در مجموع بیشترین تاثیر به ترتیب مربوط به کلات آهن اورتو، نانو کلات آهن و سولفات آهن می‌باشد (جدول ۳). در میان منابع کودهای آهن، کودهای کلات شده با EDDHA و با درصد اورتو-اورتو بالا، دارای حلالیت بالایی بوده و می‌تواند تضمین کننده جذب آهن توسط ریشه باشد (۱۰). به همین

از طرف دیگر عنصر آهن به عنوان کوفاکتور برای فعالیت NADPH و ATP در متابولیسم نیتروژن عمل می‌نماید (۵۶). بنابراین افزایش جذب نیتروژن و آهن توسط گیاه موجب افزایش میزان اسانس برگ و ترکیبات نرال و ژرانیال شده است (۹ و ۱۱).

همبستگی کلروفیل با سایر صفات

در این مطالعه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد بین محتوای کلروفیل برگ‌ها و صفات رویشی مورد مطالعه ملاحظه شد. همچنین بین محتوای کلروفیل و درصد اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد ملاحظه شد (شکل ۴).

نتیجه‌گیری

با اینکه استفاده از کود اوره باعث افزایش معنی‌دار کلیه صفات

در بوته، درصد اسانس و کیفیت اسانس بهلیمو داشته است. در ارزیابی کیفی اسانس بهلیمو مشخص شد که دو ترکیب ژرانیال و نرال اجزای غالب در اسانس بوده و بالاترین میزان این ترکیبات در ترکیب تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره همراه با کلات آهن اورتو مشاهده گردید.

دلیل کود کلات آهن اورتو تأثیر بیشتری در صفات مورد بررسی داشت.

در نهایت نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده توام از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره با کلات آهن اورتو بالاترین مقادیر را در تولید صفات ارتفاع گیاه، تعداد و طول شاخه، عملکرد وزن تر و خشک برگ

منابع

- 1- Aghazadeh D., Mehrafarin A., Abdossi V., and Naghdi Badi H. 2015. Mucilage and seed yield of psyllium (*Plantago psyllium* L.) in response to foliar application of nano-iron and potassium chelate fertilizer. Journal of Medical Plants 4(56): 23-34. (In Persian with English abstract)
- 2- Alavi L., Jabari A., Barzegar M., and Naghdibadi M. 2008. Chemical components and antioxidant effect of *Lippia citriodora* and *Thymus* sp. essential oil. p. 1-6. Proceedings of the 18th National Congress on food Sciences, 15-17 October 2008. Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract)
- 3- Ali H.F.M., El-Beltag H.S., and Nasr N.F. 2008. Assessment of volatile components, free radical scavenging capacity and anti-microbial activity of Lemon Verbena leaves. Research Journal of Phytochemistry 2(2): 84-92.
- 4- Allen J.F. 2002. Photosynthesis of ATP-electrons, proton pumps, rotors, and poise. Cell, 110(3): 273-276.
- 5- Almaliotis D., Velemis D., Bladenopoulou S., and Karapetsas N. 2000. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield, IV International Strawberry Symposium 567, pp. 447-450.
- 6- Anderson W., and Parkpian P. 1984. Plant availability of an iron waste product utilized as an agricultural fertilizer on calcareous soil. Journal of Plant Nutrition 7(1-5): 223-233.
- 7- Arefi I., Kafi M., Khazaee H.R., and Banayan Aval M. 2012. Effect of nitrogen phosphorous and potassium fertilizer levels on yield, photosynthetic rate photosynthetic pigments, chlorophyll content, and nitrogen concentration of plant components of *Allium altissimum* Regel. Journal of Agroecology 4(3): 207-214. (In Persian with English abstract)
- 8- Argyropoulou C., Akoumianaki-Ioannidou A., Christodoulakis N.S., and Fasseas C. 2010. Leaf anatomy and histochemistry of *Lippia citriodora* (Verbenaceae). Australian Journal of Botany 58(5): 398-409.
- 9- Asghari M., Yosefirad M., and Masoumi Zavarian A. 2016. Effects of Organic Fertilizers of Compost and Vermicompost on Qualitative and Quantitative Triats of Lemon Verbena. Journal of Medicinal Plants 2 (58): 63-71. (In Persian with English abstract)
- 10- Ashmead S.D. 2001. The chemistry of ferrous bis-glycinate chelate. Archivos latinoamericanos de nutricion 51(1): 07-12.
- 11- Barroso M.R., Arrobas M., Rodrigues M.Â., and Sousa M.J. 2014. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium and boron fertilizers on essential oils yield in Lemon verbena (*Aloysia triphylla*). Planta Medica, 80(16): P2F1.
- 12- Biesiada A. 2003. Effect of manure and nitrogen fertilization on yielding and chemical composition of stinging nettle (*Urtica dioica* L.). Folia Horticulturae 15(1): 131-38.
- 13- Colombo C., Palumbo G., He J.Z., Pinton R., and Cesco S. 2014. Review on iron availability in soil: interaction of Fe minerals, plants, and microbes. Journal of Soils and Sediments 14(3): 538-548.
- 14- Craveiro A.A., Matos F.J.A., and de Alencar J.W. 1976. A simple and inexpensive steam generator for essential oils extraction. Journal of Chemical Education 53(10): 652.
- 15- Davies N.W. 1990. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicon and Carbowax 20M phases. Journal of Chromatography A 503:1-24.
- 16- Dubey V.S., Bhalla R., and Lithra R. 2003. Sucrose mobilization in relation to essential oil biogenesis during palmarosa (*Cymbopogon martini* Roxb. WATS. Var. motia) inflorescence development. Bois sciences 28(4): 479-487.
- 17- Ebadi M.T., Azizi M., Sefidkon F., and Ahmadi N. 2016. Effect of organic and chemical fertilizers on leaf yield, essential oil quality and quantity of *Lippia citriodora*. Journal of Horticultural Science 30(2): 203-302. (In Persian with English abstract)
- 18- Fiedor L., Kania A., Myśliwa-Kurczel B., Orzeł Ł., and Stochel G. 2008. Understanding chlorophylls: central magnesium ion and phytol as structural determinants. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics 1777(12): 1491-1500.
- 19- Ghaderi Y., and Moghaddam M. 2015. Effect of different levels of plant density and N fertilizer on yield and yield components of cumin. Journal of Plant Ecophysiology 23: 104-112. (In Persian with English abstract)
- 20- Ghannadnia M., Haddad R., Zarinkamar F., and Sharifi M. 2011. Different expression of limonene synthase gene in organs and developmental stages of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(3): 495-508. (In Persian with English abstract)

- 21- Gomes P.C.S., Oliveira H.R.C., Vicente A.M.S., and Ferreira M.F. 2006. Production, transformation and essential oils composition of leaves and stems of Lemon Verbena [*Aloysia triphylla* (L'Herit.) Britton] grown in Portugal. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 8: 130-135.
- 22- Habashi M., Mirza M., Mostofi Y., and Jaimand K. 2009. Identification and comparison of the essential oil components from the peel of citron (*Citrus medica* L.) by using two extraction methods (hydrodistillation and cold press). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 24(4): 428-436. (In Persian with English abstract)
- 23- Hapke C., Kirchert J., Dickler E., and Zebitz C.P. 2001. Combination of pheromone and an additive for the control of codling moth, *Cydia pomonella*. *IOBC wprs Bulletin* 24(2): 37-42.
- 24- Hatamian M., Arab M., and Roozban M.R. 2014. Photosynthetic and nonphotosynthetic pigments of two rose cultivars under different light intensities. *Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture)* 16(2): 259-70. (In Persian with English abstract)
- 25- Jafari F., Golchin A., and Shafiei S. 2014. The effects of nitrogen and foliar application of iron amino chelate on yield and growth indices of dill (*Anethum graveolans* L.) medical plant. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 5(1):1-12. (In Persian with English abstract)
- 26- Jones Jr J.B. 2012. Plant nutrition and soil fertility manual. CRC press.
- 27- Kizil S., and Tonçer Ö. 2016. Essential Oil and Microelement Composition of *Thymus citriodorus* L. and *Lippia citriodora* HBK. *Cercetari Agronomice in Moldova* 49(2): 97-105.
- 28- Mafakheri S. 2017. Effect of Some Organic and Chemical Fertilizers on Morphological and Biochemical Factors of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Plant Production* 40(3): 27-40. (In Persian with English abstract)
- 29- Marschner H. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press, 651 P.
- 30- Mehrbani M., Mahdavi Meymand Z., Khandanizadeh B., and Hassan Abadi N. 2015. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and harvest time on the quantity and quality of essential oil and total phenol content in *Satureja hortensis* L. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants* 2(4): 1-11. (In Persian with English abstract)
- 31- Meshkatsadat M.H., Papzan A.H., and Abdollahi A. 2011. Determination of bioactive volatile organic components of *Lippia citriodora* using ultrasonic assisted with headspace solid phase microextraction coupled with GC-MS. *Digest. Journal of Nanomaterials and Biostructures* 6(1): 319-323.
- 32- Moghaddam E., Mahmoodi Sourestani M., Farrokhan Firozi A., Ramazani Z., and Eskandari F. 2015. The effect of foliar application of iron chelate type on morphological traits and essential oil content of holy basil. *Journal of Crops Improvement* 17(3): 595-606. (In Persian with English abstract)
- 33- Mojab F., Javidnia K., Zarghi A., and Yamohammadi M. 2002. Essential oil of *Lippia Citriodora* H.B.K. (Verbenaceae). *Journal of Medicinal Plants* 4(4): 41-46. (In Persian with English abstract)
- 34- Muñoz-Huerta R.F., Guevara-Gonzalez R.G., Contreras-Medina L.M., Torres-Pacheco I., Prado-Olivarez J., and Ocampo-Velazquez R.V. 2013. A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: advantages, disadvantages and recent advances. *Sensors* 13(8): 10823-10843.
- 35- Nagajyoti P., Lee K., and Sreekanth T. 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters* 8(3): 199-216.
- 36- Najad Habib Vash F., Mahdavi Kia H., ToFigureh S., Ali Mohammadian M., Amirfathi G., and Panahi S.h. 2017. Study of the plant growth stages effect on the color, content and composition of essential oil of *Achillea wilhelmsii* C. Koch. Case Study: Qushchi Ghat in West Azerbaijan province. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants* 5(3): 47-63. (In Persian with English abstract)
- 37- Nasiri Y., Zehtab Salmasi S., Nasrullah Zadeh S., Ghassemi Gholezani K., Najafi N., and Javanmard A. 2015. Evaluation of Foliar Spray of Ferrous Sulfate and Zinc Sulfate on Yield and Nutrients Concentration of Aerial Parts in German Chamomile. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 33(3): 105-115. (In Persian with English abstract)
- 38- Nateghi Sh., Pirzad A., and Darvishzadeh R. 2015. Effect of Fe and Zn fertilizers on yield and yield components of *Pimpinella anison*. *Journal of Horticultural Science* 29(1): 37-46. (In Persian with English abstract)
- 39- Noroozi V., Yousefzadeh S., Asilan K., and Mansourifar S. 2017. Investigating the variation of essential oil content, chlorophyll, carotenoid, anthocyanin and flavonoid of (*Mentha longifolia* (L.) Hods. subsp. Longifolia) in several habitats of Marand. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants* 5(1): 52-66. (In Persian with English abstract)
- 40- Ombito J.O., Salano E.N., Yegon P.K., Ngetich W.K., and Mwangi E.M. 2014. A review on the chemistry of some species of genus *Lippia* (Verbenaceae family). *Journal of Scientific and Innovative Research* 3(4): 460-466.
- 41- Omidbeigi R., and Arjmandi A. 2001. Effects of NP supply on growth, development, yield and active substances of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.), International Conference on Medicinal and Aromatic Plants. Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant, Budapest, Hungary, Jul 8-11 July 2001, p. 263-265.
- 42- Omidbeigi R. 2011. Production and Processing of Medicinal Plants. Behnashr Press. (In Persian)
- 43- Onawunmi G.O. 1989. Evaluation of the antimicrobial activity of citral. *Letters in Applied Microbiology* 9(3): 105-108.

- 44- Peyvandi M., Mirza M., and Kamali Jamakani Z. 2011. The Effect of Nano Fe Chelate and Fe Chelate on the Growth and Activity of some Antioxidant. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal 2(5): 25-32. (In Persian with English abstract)
- 45- Porra R., Thompson W., and Kriedemann P. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics 975(3): 384-394.
- 46- Poshtdar A., Abdali Mashhadie A.R., Moradi F., Siadat S., and Bakhshandeh A. 2016. Effect of source and rate of nitrogen fertilizer on yield and water and nitrogen use efficiency of peppermint. Iranian Journal of Crop Sciences 18(1): 13-31. (In Persian with English abstract)
- 47- Rangel C., Baptista Neto J.A., Fonseca E.M., McAlister J., and Smith B.J. 2011. Study of heavy metal concentration and partitioning in the Estrela River: implications for the pollution in Guanabara Bay-SE Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 83(3): 801-816.
- 48- Rostami B., Asilan K.S., Yousefzadeh S., and Mansorifar S. 2017. Effect of foliar application of iron and zinc sulfate on quantitative traits and essential oil yield of coriander. Iranian Journal of field Crop Science 48(2): 517-525. (In Persian with English abstract)
- 49- Saeid Nezhad A., and Rezvani Moghaddam P. 2010. Effect of Biofertilizers and Chemical Fertilizers on Morphological Properties, Yield, Yield Components and Essence Percentage of Cumin (*Cuminum cyminum*). Journal of Horticulture Science 24(1): 38-44. (In Persian with English abstract)
- 50- SAS Institute. 2004. SAS/Stat User's Guide, Version 9.1.2 SAS Institute, Cary, NC.
- 51- Shabanzadeh S.H., Ramroudi M., and Galavi M. 2011. The effect of foliar application of micronutrients on yield and qualitative characteristics of (*Nigella sativa* L.) in different irrigation regimes. Journal of Crop Protection and Processing 1(2): 79-89. (In Persian with English abstract)
- 52- Sheikhi J., and Ronaghi A. 2013. Influence of nitrogen and salinity levels on yield, nitrogen uptake, nitrate concentration and chlorophyll content of spinach and some properties of post-harvest soil in a calcareous soil. e Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture (4):1-12. (In Persian with English abstract)
- 53- Shibamoto T. 1987. Retention indices in essential oil analysis in: Sandra P., Bicchi C.(eds), "Capillary Gas Chromatography in Essential Oils Analysis". Heuthig Verlag, New York, 435p.
- 54- Sifola M.I., and Barbieri G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Scientia Horticulturae 108(4): 408-413.
- 55- Temple S.J., Vance C.P., and Gantt J.S. 1998. Glutamate synthase and nitrogen assimilation. Trends in Plant Science 3(2): 51-56.
- 56- Vanoni M.A., and Curti B. 2008. Structure-function studies of glutamate synthases: A class of self-regulated iron-sulfur flavoenzymes essential for nitrogen assimilation. IUBMB life 60(5): 287-300.
- 57- Zare A.A., Malakouti M.J., Bahrami H.A., Sefidkon F., and Shahhosseini R. 2015. Effect of balanced fertilization, biofertilizers and superabsorbent polymer on the yield and chemical compound characteristics of lemon verbena (*Lippia citriodora* H.B.K.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30(6): 999-1011. (In Persian with English abstract)
- 58- Zeinali H., Hosseini H., and Shirzadi M.H. 2014. Effects of nitrogen fertilizer and harvest time on agronomy, essential oil and menthol of *Mentha piperita* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30(3): 486-495. (In Persian with English abstract)



The Effect of Different Levels of Urea and Iron Fertilizer Resources on Yield and Quality of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* H. B. K.)

M. Heidarzadeh¹- Gh. Zarei^{2*}- A. Morovvati³

Received: 13-02-2019

Accepted: 04-03-2020

Introduction: Lemon verbena (*Lippia citriodora* H. B. k.) is a valuable medicinal plant because of the essential oils, such as neral and geranial, which are used in the pharmaceutical, food, cosmetic and sanitary industries. In different industries, using essential oil of medicinal plants depends on the chemical composition, which is influenced by environmental factors, harvest time and farming methods.

Materials and Methods: This experiment was conducted to investigate the effect of different levels of urea fertilizer and several iron fertilizers on yield and quality of lemon verbena at Fathabad garden of Kerman in 2017. The plants were planted based on factorial experiment in format of a randomized complete block design with three replications. Different levels of urea fertilizer (0, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹) and different sources of iron fertilizers included non-use, iron sulfate, nano iron chelate and ortho-chelate iron, were considered in four levels. The measured traits included plant height, fresh and dry weight of leaf per plant, number of branch, chlorophyll content and essential oil quantity and quality. Essential oil extraction was carried out using water distillation method using Clevenger's apparatus and identification of essential oil compounds was performed by gas chromatography-mass spectrometry (GC/MAS). The data were subjected to variance analysis using SAS software and means comparison were done with LSD at 5% level.

Results and Discussion: The results showed that different levels of urea and various iron sources had significant effect on all traits. Treatment with 150 kg ha⁻¹ urea had the highest effect on measured traits compared to control. Among the types of iron sources, ortho-chelate iron had highest effect on quantity and quality compared to other iron sources and control. Generally, 150 kg ha⁻¹ urea in combination with ortho-chelate iron produced the highest quantitative and qualitative yield. The same trend was observed in chlorophyll (35 mg/ml) and oil content (1.3%). In this study, a significant positive correlation was observed between chlorophyll content of leaves with vegetative traits and essential oil, which confirmed the positive effect of chlorophyll content on measured traits. Evaluation of quality of the leaves, 20 chemical compositions were detected in essential oils that were more than 85 percent of the total components. The neral and geranial were the predominant compounds in essential oils and the lowest levels of these compounds were observed in control (33.8%) and the highest levels were observed in the combination of 150 kg ha⁻¹ urea with nano iron chelate (44.9%). The essential oils are terpenoid compositions that their constructive units need to NADPH and ATP, thus the presence of nitrogen is essential for the formation of these compounds. Moreover, iron acts as a cofactor for NADPH and ATP activity in nitrogen metabolism. Therefore, the increase in nitrogen and iron absorption by the plant has increased the content of essential oil. Due to the fact that geranial and neral are the most important compounds used in the essential oil of lemon verbena in various industries, especially pharmaceutical industry. The results of this experiment can be used to increase the quantity and quality of lemon verbena.

Conclusion: The current study demonstrated that different levels of urea and various iron sources had a significant effects on all traits. Generally, 150 kg ha⁻¹ urea in combination with ortho-chelate iron produced the highest quantitative and qualitative yield. A significant positive correlation was observed between chlorophyll content of leaves with vegetative traits and essential oil. Twenty chemical compositions were detected in essential oils that the neral and geranial were the most predominant compounds.

Keywords: Essential oil, Geranial, Iron chelate, Neral, Nitrogen

1, 2 and 3- Graduated M.Sc. in Agronomy, Assistant Professor and Instructor, Department of Agronomy, Maybod Branch, Islamic Azad University. Maybod, Iran, respectively.

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



مقاله علمی-پژوهشی

اثر محلول پاشی قبل از برداشت سلنیم بر ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی انگور رقم فخری (*Vitis vinifera* cv. Fakhri)

محسن مظفری^۱ - فرهنگ رضوی^{۲*} - ولی ربیعی^۳ - عزیزاله خیری^۴ - اکبر حسینی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد برگی سلنیم در چهار سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی گرم در لیتر) بر صفات کیفی و بیوشیمیایی انگور رقم فخری آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تاکستان تجاری (استان کردستان، شهرستان قروه) انجام شد. بوته‌ها در سه مرحله: تشکیل میوه، ساقه‌های شدن حبه‌ها، تغییر رنگ حبه‌ها محلول پاشی شدند. در مرحله رسیدگی تجاری میوه (درجه بریکس ۲۰) از میوه‌ها و برگ‌های بوته‌های تحت تیمار و شاهد نمونه برداری صورت گرفت و صفات کلروفیل کل و کارتنوئید، نیتروژن، پتاسیم، سلنیم برگ و میوه، موادمحللول کل، قندهای محلول، اسید قابل تیتراسیون، اسیدیته (pH)، ویتامین C، فنل و فلاونوئیدکل، ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه و وزن حبه ارزیابی شد. نتایج اثرات مثبت تیمار سلنیم بر صفات را نشان داد، به طوریکه محلول پاشی سلنیم با غلظت ۲ میلی گرم در لیتر رنگیزه‌های فتوسنتزی، نیتروژن و پتاسیم برگ، مواد جامد محلول، قندهای محلول، ویتامین C، فنل کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی و سلنیم میوه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. بیشترین مقدار اسید قابل تیتراسیون، فلاونوئیدکل میوه و سلنیم برگ در تیمار ۳ میلی گرم در لیتر سلنیم مشاهده شد در حالی که این تیمار بر سایر صفات تأثیر کمتری داشت. بیشترین مقدار وزن حبه در تیمار ۱ میلی گرم در لیتر بدست آمد. هیچکدام از تیمارهای سلنیم تأثیر معنی داری بر اسیدیته (pH) آبمیوه نشان ندادند. در مجموع نتایج نشان دهنده اثر مثبت سلنیم بر بهبود ویژگی‌های آنتی اکسیدانی، کیفی و افزایش میزان سلنیم میوه انگور بود و ۲ میلی گرم در لیتر سلنیم با بیشترین تأثیر بر صفات به عنوان بهترین تیمار مشخص گردید.

واژه‌های کلیدی: سلنات، ظرفیت آنتی اکسیدانی، فنل کل، کلروفیل، ویتامین C

مقدمه

های آزاد صورت می‌گیرد (۵۴). از سلنیم به عنوان عنصری ضروری و مهم برای انسان و حیوان نام برده شده که باید از طریق رژیم غذایی تأمین گردد. به دلیل اهمیت سلنیم در رژیم غذایی، فائو ورود سلنیم را به محصولات گیاهی توصیه می‌کند (۲۰). کمبود سلنیم به طور مستقیم بر سلامت انسان تأثیر گذاشته و بیش از ۴۰ نوع بیماری مرتبط با کمبود این عنصر مانند سرطان‌ها، بیماری‌های قلبی عروقی و کبدی گزارش شده است (۲۳). حد مجاز مصرف سلنیم روزانه در افراد مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است (۵۲). در طی سال‌های اخیر سلنیم به عنوان یک عنصر مفید برای گیاهان شناخته شده است، هرچند که به طور مستقیم در متابولیسم گیاهان و تکمیل چرخه زندگی آن‌ها دخالت ندارند، ولی در بهبود رشد رویشی و زایشی به ویژه در حفاظت گیاهان در برابر تنش‌های غیرزیستی، گونه‌های فعال اکسیژن و فعال سازی ساز و کارهای کاهنده تنش‌های اکسیداتیو نقش مهمی ایفا می‌کند (۲۰ و ۲۱). سلنیم همانند گوگرد در حالت اکسیداسیون به صورت سلنید (Se^{2-})، سلنیم (Se)، سلنیت (Se^{+4}) و

تقاضا برای میوه‌های سالم و با کیفیت بالا در بازارها افزایش پیدا کرده است و همچنین ترکیباتی نظیر ویتامین‌ها، قندها و خواص آنتی اکسیدانی میوه‌ها مصرف کنندگان بسیاری را به خود جلب کرده است (۵۷). انگور به دلیل دارا بودن فنل‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها و ویتامین‌ها جزو میوه‌هایی با بالاترین خواص آنتی اکسیدانی محسوب می‌شود (۱۷). آنتی اکسیدان‌ها ترکیب‌هایی هستند که به طور مؤثر می‌توانند از اکسایش ماکرو ملکول‌هایی نظیر لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک جلوگیری نمایند. عمل فوق از طریق مهار مرحله شروع یا گسترش واکنش‌های زنجیره‌ای اکسایش یا تولید رادیکال

۱، ۲، ۳ و ۴ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار و استادیار گروه

علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

(*) - نویسنده مسئول: (Email: razavi.farhang@znu.ac.ir)

۵ - استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۱ میلی گرم بر لیتر روی برگ و میوه درختان هلو و گلابی باعث تاخیر در نرم شدن میوه‌ها و افزایش عمر انباری آنها شد (۴۳). هو و همکاران (۲۲) نیز گزارش کردند که میزان کل اسیدهای آمینه و ویتامین C چای، با محلول پاشی سلنیم افزایش یافت. همچنین کاربرد سلنیم در گیاه گوجه‌فرنگی بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل و کارتنوئید موثر بوده است محققین علت این اثر گذاری را به افزایش جذب منیزیم به واسطه حضور سلنیم در بافت گیاهی نسبت داده‌اند و احتمال داده‌اند که بر جذب سایر یون‌ها در گیاه نیز تاثیر داشته باشد (۲۸). در پژوهشی دیگر دریافتند که غلظت‌های کم سلنات و سلنیت در گیاه کلم می‌تواند جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر، گوگرد، روی و منگنز را بهبود بخشد در حالی که غلظت‌های بالای سلنیم از جذب این عناصر جلوگیری می‌کند (۱۹). محلول پاشی کود سلنیم به عنوان یک روش جدید برای تولید میوه با کیفیت بالا در درختان میوه و یک روش مؤثر برای تولید میوه‌های با میزان سلنیم بالاتر می‌باشد (۷) و (۴۳). با توجه به روند روز افزون بیماری سرطان و تأثیر اثبات شده سلنیم در پیشگیری و کاهش پیشرفت این بیماری در انسان و از سوی دیگر تأثیر کیفیت میوه‌ها از جمله انگور در بازارپسندی و خواص آنتی‌اکسیدانی آنها در پزشکی توجه بسیاری از مصرف کنندگان را به خود جلب کرده است. لذا هدف از این پژوهش بهبود ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، صفات کیفی و افزایش میزان سلنیم داخلی در میوه انگور رقم فخری با محلول پاشی قبل از برداشت این عنصر می‌باشد.

سلنات (Se^{+6}) در ترکیبات و طبیعت ظاهر می‌شود. سلنات (SeO_4) و سلنیت (SeO_3) فرم قابل جذب این عنصر توسط گیاهان می‌باشد (۲۰). تیمار گیاهان با این عنصر می‌تواند منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (به ویژه آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز) و ترکیبات آنتی‌اکسیدان مانند (آسکوربات، پرولین و گلوتاتیون) در گیاه شود (۴۶). کک و فینلی (۲۷) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در کلم بروکلی تغذیه شده با سلنیم را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که سلنیم می‌تواند باعث کاهش تنش اکسیداتیو شود. در آزمایش‌های دیگری سیب زمینی‌های تیمار شده با سلنیم عملکرد بیشتری نسبت به شاهد داشتند که این افزایش مربوط به بزرگی غده‌ها می‌شد در حالی که تیمارها تأثیر معنی‌داری بر تعداد غده‌ها نداشتند (۵۸). همچنین محققین دریافتند که اضافه کردن سلنات به محلول‌های غذایی کیفیت کاهو و کاسنی را بهبود بخشید (۳۷). محلول پاشی قبل از برداشت سلنات سدیم در سیب منجر به افزایش میزان سلنات درونی میوه و برگ، افزایش سفتی میوه، اسید کل، مواد جامد محلول گردید. علاوه‌براین سلنیم با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، اسکوربات پراکسیداز باعث کاهش تجمع آنیون سوپراکسید و پراکسید هیدروژن و افزایش پایداری غشاء سلولی گردید (۷). اثرات مثبت سلنیم بر ویژگی‌های کیفی میوه گوجه‌فرنگی، از جمله میزان مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، گلوکز، فروکتوز، قندکل و سفتی بافت نیز گزارش شده است (۳۰ و ۶۹). محلول پاشی سلنیم با غلظت

جدول ۱- حد مجاز مصرف سلنیم روزانه در افراد مختلف (۵۲)

Table 1- Daily allowable utilization of selenium various people groups

گروه‌های سنی Age groups	حد مجاز توصیه شده Recommended allowable ($\mu\text{g/day}$)	بالا ترین سطح قابل تحمل The highest tolerable level ($\mu\text{g/day}$)
1-3	20	90
4-8	30	150
9-14	40	280
14<	55	400
زنان باردار Pregnant women	60	400
زنان شیرده Lactating women	70	400

تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سلنیم در سه سطح ۱، ۲ و ۳ میلی گرم در لیتر و محلول پاشی با آب مقطر به عنوان شاهد بود. برای تهیه محلول‌های مورد نظر از یک محلول استاندارد مادر ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر (ساخت شرکت CHEMLAB بلژیک، حاوی یون سلنات Se^{+6}) استفاده شد. شکل قابل استفاده سلنیم برای گیاهان یون سلنات می‌باشد (۲۰). تاک‌ها ۱۵ ساله و به صورت خزنده سنتی پرورش یافته بودند. آبیاری به صورت غرقابی و عملیات هرس، مبارزه

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی، مکان، طرح آزمایشی و اعمال تیمارها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در یک تاکستان تجاری واقع در استان کردستان در ۱۰ کیلومتری شهرستان قروه با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۴ دقیقه و ۲۲ ثانیه عرض شمالی، ۴۷ درجه و ۴۹ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول شرقی با ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا بر روی انگور رقم فخری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه

وزن میلی‌اکی والان اسید غالب انگور تارتاریک اسید (0.075)، نرمالیت سود (0.1) و حجم عصاره (10) میلی‌لیتر

اسیدیته (pH) و ویتامین C

اسیدیته عصاره با استفاده از دستگاه pH متر مدل (Metrohm, 827) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. مقدار ویتامین C به روش عیارسنجی با یدید پتاسیم ۰/۱ نرمال و معرف نشانسته اندازه‌گیری شد و نتایج برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه (mg/100 ml Fruit Juice) طبق فرمول زیر محاسبه گردید (۳۵).

$$A = \frac{S \times N \times 88.1 \times 100}{10} \quad \text{رابطه (۴)}$$

S = مقدار محلول ید مصرف شده N= 0.1 نرمالیت محلول ید مصرف شده

$$F=0.885 \text{ فاکتور محلول ید مصرف شده}$$

عصاره‌گیری برای اندازه‌گیری ترکیبات آنتی‌اکسیدانی میوه

برای اندازه‌گیری فنل و فلاونوئیدکل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مقدار ۱ گرم از بافت تازه میوه وزن شد و در هاون با اضافه کردن متانول ۸۰ درصد کوبیده شد و به حجم نهایی ۸ میلی‌لیتر رسانده به مدت یک شب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه در محیط تاریک قرار داده شد و بافت‌های کوبیده شده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور سانتی‌فیوژ گردید و میزان فنل و فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شد (۲۶ و ۵۶).

فنل و فلاونوئیدکل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

جهت اندازه‌گیری میزان فنل کل از روش فولین سیوکالتو استفاده شد (۵۶). میزان جذب نمونه و استاندارد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Specord 250) در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت گردید و در نهایت میزان فنل کل نمونه بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه (mg GAE/100g FW) بیان شد. فلاونوئیدکل میوه مطابق روش (۲۶) مورد ارزیابی قرار گرفت. جذب محلول در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد. از غلظت‌های مختلف محلول‌های کوئرستین به‌عنوان استاندارد استفاده شد. در نهایت مقدار فلاونوئیدکل بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه (mg Q/100gr FW) بیان گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از طریق درصد مهار رایکال‌های آزاد DPPH^۱ اندازه‌گیری و به صورت درصد

با آفات و بیماری‌ها به صورت یکسان انجام شد. سلنیم به صورت محلول پاشی برگی بر تاک‌های انگور فخری در سه مرحله ۱- زمان تشکیل میوه‌ها ۲- ساچمه‌ای شدن حبه‌ها ۳- زمان تغییر رنگ حبه‌ها تا زمانی که کل سطح برگ‌ها خیس شد و برای هر تاک حدوداً نیم لیتر در نوبت عصر با استفاده از خیساننده (۰/۱ درصد توئین ۲۰) انجام گرفت. نمونه‌گیری از میوه‌ها و برگ‌ها، (برای هر واحد آزمایشی چهار برگ، به صورت تصادفی از کل تاک از قسمت میانی شاخه‌ها) در مرحله رسیدگی تجاری میوه‌ها انجام گرفت. میوه‌ها به صورت تصادفی از بوته‌های تیمار شده جمع‌آوری و در بسته‌های ۵۰۰ گرمی بلافاصله به همراه برگ‌ها به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان منتقل گردید و صفات مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفت.

صفات اندازه‌گیری شده

کلروفیل و کارتنوئید برگ

برای سنجش میزان کلروفیل کل و کارتنوئید ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ‌ها توزین شدند و با برش‌های ظریف تقسیم و با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون کوبیده و در ۵۰۰۰ دور به مدت ۵ دقیقه سانتی‌فیوژ شدند و مقدار جذب محلول کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر و مقدار کارتنوئید در طول موج‌های ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Specord 250 ساخت کارخانه Analytik jena) قرائت و با استفاده از روابط زیر بر اساس میلی‌گرم برگرم وزن تر محاسبه شدند (۴).

رابطه (۱)

$$Total\ Chlorophyll = 20.2 (A\ 645) + 8.02 (A\ 663) \times \frac{V}{1000 \times W} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$Carotenoid = 7.6 (A\ 480) - 1.49 (A\ 510) \times \frac{V}{1000 \times W}$$

در روابط فوق A: نشان دهنده جذب عصاره، W: وزن تر برگ‌ها به میلی‌گرم و V: حجم نهایی عصاره به میلی‌لیتر می‌باشد.

مواد جامد محلول (TSS) و اسید قابل تیتراسیون (TA)

مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دیجیتالی ساخت کشور ایتالیا مدل RHB32 اندازه‌گیری و بر اساس درجه بریکس گزارش شد. اسید قابل تیتراسیون به روش عیارسنجی با محلول سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد و به صورت اسید غالب میوه انگور (تارتاریک اسید) بر اساس فرمول زیر محاسبه و مقدار آن بر حسب درصد بیان شد (۱۰).

$$\text{حجم سود مصرفی} \times 1 \times 0.075 \times 100$$

$$\% \text{ اسیدیته قابل تیتراسیون رابطه (۳)} = \frac{\text{وزن نمونه} \times 10}{\text{حجم سود مصرفی} \times 1 \times 0.075 \times 100}$$

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر محلول‌پاشی سلنیم بر میزان کلروفیل کل برگ، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، ویتامین C و قندهای محلول میوه در سطح احتمال ۱ درصد و بر کارتنوئید برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد در حالی که تیمارهای سلنیم بر اسیدیته (pH) آبمیوه اثر معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۲).

کلروفیل کل و کارتنوئید برگ

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم با مقدار (۱/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش کلروفیل کل برگ داشت و کمترین مقدار در شاهد مشاهده گردید که با سطوح ۱ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر سلنیم اختلاف معنی‌داری نداشت. بالاترین میزان کارتنوئید برگ نیز در تیمار ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم و کمترین مقدار در شاهد و تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیم اندازه‌گیری شد (جدول ۳). مطالعات قبلی در مورد اثرات سلنیم بر افزایش شدت فتوسنتز و میزان کلروفیل و کارتنوئید برگ درختان گلابی توسط لیو و همکاران (۳۳) گزارش شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که احتمالاً غلظت‌های کم سلنیم با محافظت از آنزیم‌های کلروپلاستی، بیوسنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی را افزایش می‌دهد اما با افزایش غلظت سلنیم، این عنصر آنزیم‌های بیوسنتزکننده کلروفیل را مهار کرده و از این طریق تأثیر منفی بر سنتز کلروفیل و کارتنوئید برگ می‌گذارد (۶۲). تأثیر دیگر سلنیم بر عناصر معدنی در گیاهان می‌باشد. در پژوهش حاضر نیتروژن برگ تحت تأثیر تیمار سلنیم قرار گرفت عمده ترکیبات رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای ساختار نیتروژنی هستند. که نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی منجر به افزایش مقدار آن‌ها در گیاه گردد (۶۵). این نتایج با یافته‌های (۲۱) در مورد اثر سلنیم بر گیاه کلم مطابقت دارد.

مواد جامد محلول

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین مقدار مواد جامد محلول مربوط به بوته‌های انگور تیمار شده با غلظت ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیم بود و کمترین مقدار در بوته‌های شاهد با میزان (۲۰/۵۶ درجه بریکس) مشاهده گردید، در حالی که تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر با کمترین تأثیر، اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد (جدول ۳). مواد جامد محلول از مهمترین صفات تعیین کننده کیفیت میوه انگور می‌باشد که بالاترین درصد آن را قندها و به نسبت کمتر عناصر، اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی و سایر مواد جامد قابل حل در آب تشکیل می‌دهد (۶۸). در پژوهش حاضر تیمار سلنیم منجر به افزایش میزان نیتروژن و به طبع آن افزایش تولید رنگیزه

بازدارندگی (DPPHsc%) بیان شد (۱۱). جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد و بر اساس درصد رادیکال جمع‌آوری شده (RSA) DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$RSA \% = \frac{100 (A_c - A_s)}{A_c} \quad (۵)$$

AS: جذب نمونه حاوی عصاره AC: جذب کنترل

عصاره‌گیری برای اندازه‌گیری عناصر

برای اندازه‌گیری عناصر معدنی برگ، دم برگ و میوه در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا خشک شدن کامل نگهداری شدند و با آسیاب آزمایشگاهی کاملاً پودر شده و ۰/۳ گرم از پودر بدست آمده وزن شد و به روش هضم تر با اسید سولفوریک- اسید سالیسیلیک آب اکسیژنه عصاره‌گیری شد (۵۵).

نیتروژن، پتاسیم برگ، سلنیم برگ و میوه

بعد از عصاره‌گیری، نیتروژن به روش کج‌لدال، پتاسیم توسط دستگاه فلیم‌فوتومتر Jenway PFP ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد و میزان آن‌ها در برگ بر حسب درصد بیان شد. میزان سلنیم برگ و میوه با دستگاه جذب اتمی مدل PG ساخت انگلستان به روش شعله قرائت و نتایج براساس میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گزارش شد (۱۵).

قندهای محلول

میزان قندهای محلول میوه با استفاده از روش فنل- اسید سولفوریک اندازه‌گیری شد (۲۳). میزان جذب نمونه و محلول‌های استاندارد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شد و از محلول‌هایی با غلظت‌های مختلف گلوکز برای تهیه منحنی استاندارد استفاده و میزان قند محلول با در دست داشتن وزن خشک نمونه‌ها محاسبه گردید.

وزن حبه

برای هر کدام از تیمارها به طور جداگانه از هر سه خوشه ۱۰ حبه به طور تصادفی انتخاب و توسط ترازوی دیجیتالی آزمایشگاهی با حساسیت هزارم گرم وزن و نتایج بر حسب گرم بیان شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (V.9.4) و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

های کلروفیل و کارتنوئید شد در نتیجه افزایش تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی با افزایش شدت فتوسنتز و افزایش تولید قندهای محلول، مواد جامد محلول بیشتری را نشان داد. ژانگ و همکاران (۶۷) نشان دادند که کاربرد غلظت‌های ۵۰ گرم سلنیم در هکتار باعث افزایش

غلظت CO₂ درون سلولی و سرعت فتوسنتز و فعالیت فتوسیستم PSII در برگ‌های برنج می‌شود. در کل فعالیت فتوسنتزی بیش‌تر در گیاهان می‌تواند سبب افزایش TSS در میوه‌ها شود (۳۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی سلنیم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و برخی صفات کیفی میوه انگور رقم فخری

Table 2- Variance analysis of selenium sprays effect on photosynthetic pigments and some qualitative traits of grapes in the Fakhry cultivar

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل کل Total chlorophyll	کارتنوئید Carotenoids	مواد جامد محلول Soluble solids	اسید قابل تیتراسیون Titratable acidity	ویتامین C Vitamin C	قندهای محلول Soluble sugars	اسیدیته Acidity
بلوک Block	2	0.04 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.00002 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.003 ^{ns}
تیمار سلنیم Selenium Treatment	3	0.04 ^{**}	0.005 [*]	14.43 ^{**}	0.0001 ^{**}	96.97 ^{**}	1.34 ^{**}	0.008 ^{ns}
خطا Error	6	0.01	0.004	2.50	0.00008	0.39	0.16	0.03
ضریب تغییرات C.V (%)	-	5.17	5.09	2.73	2.81	1.13	4.01	2.31

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

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

جدول ۳- تأثیر محلول پاشی قبل از برداشت سلنیم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و برخی صفات کیفی میوه انگور رقم فخری

Table 3- Effect of pre-harvest sprays of selenium on photosynthetic pigments and some qualitative traits of grapes cv. Fakhry

تیمار سلنیم Selenium treatment (mg/L)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/grFW)	کارتنوئید Carotenoids (mg/grFW)	مواد جامد محلول Soluble solids (Brix)	اسید قابل- تیتراسیون Titratable acidity (%)	ویتامین C Vitamin C (mg/100 ml Fruit Juice)	قندهای محلول Soluble sugars (mg/gDW)
0 شاهد Control	0.76 ^b	0.42 ^b	20.56 ^c	0.12 ^c	15.59 ^c	33 ^d
1	0.85 ^b	0.48 ^a	25.16 ^a	0.13 ^{bc}	27.02 ^a	44.21 ^b
2	1.04 ^a	0.51 ^a	25.27 ^a	0.13 ^{ab}	28.27 ^a	48.26 ^a
3	0.84 ^b	0.43 ^b	23.63 ^b	0.14 ^a	20.06 ^b	38.19 ^c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letters are not significant different at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

رومیزی باعث افزایش مواد جامد محلول در میوه شد (۶۸).

اسید قابل تیتراسیون

طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش غلظت تیمارها اسید قابل تیتراسیون میوه‌ها افزایش پیدا کرد. به طوری که تاک‌های تیمار شده با ۳ میلی گرم در لیتر سلنیم بیشترین اسید قابل تیتراسیون را با

در پژوهشی با اضافه شدن سلنیم در محیط کشت هیدروپونیک گیاهان گوجه‌فرنگی مواد جامد محلول بیشتری را نسبت به بوته‌های شاهد مشاهده کردند (۳۰). علاوه بر این سلنیم با نقشی که در کاهش شدت تنفس ایفا می‌کند از مصرف قندهای محلول در تنفس جلوگیری کرده و منجر به افزایش مواد جامد محلول می‌گردد (۶۹). در پژوهشی دیگر محلول پاشی سدیم سولفات بر چهار رقم از انگورهای

مقدار (۰/۱۴ درصد) دارا بودند و کم ترین مقدار در تیمار شاهد با میزان (۰/۱۲ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). اسیدهای آلی جزء متابولیت های اولیه موجود در انگور هستند و غلظت این ترکیبات مهم ترین فاکتور مربوط برای آب انگور و تعیین ترکیب شیمیایی آن ها است (۲). اسید تارتاریک اسید غالب میوه های انگور می باشد. بیشتر اسیدهای آلی در نتیجه چرخه تارتاریک اسید تولید شده و در طی تنفس مصرف می شوند (۶۸). افزایش میزان تنفس و تولید اتیلن منجر به مصرف بیشتر اسیدهای آلی می شوند. در حالی که در این پژوهش اسید کل میوه ها به طور معنی داری با محلول پاشی سلنیم افزایش یافت. نقش سلنیم در کاهش تولید اتیلن و شدت تنفس در محصولات باغی گزارش شده است. با محلول پاشی سلنیم در گیاه گوجه فرنگی بیان ژن های آنزیم های تولید کننده اتیلن از جمله ACC سینتاز و ACC اکسیداز کاهش یافته در نتیجه از تولید اتیلن و به طبع آن افزایش شدت تنفس میوه جلوگیری می شود (۶۹). در این پژوهش افزایش اسیدهای آلی را می توان به کاهش شدت تنفس و تولید اتیلن میوه ها در اثر کاربرد سلنیم و کاهش مصرف اسیدهای آلی در طی تنفس نسبت داد. نتایج متضادی درباره اثر سلنیم بر اسید قابل تیتراسیون موجود است. در حالی که زو و همکاران (۷۰) با کاربرد سدیم سلمات در مرحله پس از برداشت بر میوه های گوجه فرنگی حفظ بیشتر اسید قابل تیتراسیون میوه ها را مشاهده کرده اند. کاهش اسید قابل تیتراسیون با محلول پاشی سدیم سلمات در انگور (۶۹) و پرتقال ناول (۱) نیز گزارش شده است.

ویتامین C

مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بهترین تیمار در افزایش ویتامین C میوه تیمار ۲ میلی گرم در لیتر سلنیم با مقدار (۲۸/۲۷ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه) بود و کم ترین مقدار ویتامین C میوه ها در شاهد (۱۵/۵۹ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه) اندازه گیری شد و تیمار ۳ میلی گرم در لیتر نسبت به سایر تیمارها با اثر کمتر بر مقدار ویتامین C اختلاف معنی داری را نشان داد که این بیان کننده کاهش تأثیر سلنیم و بروز علائم سمیت آن می باشد (جدول ۳). ویتامین C دارای وزن مولکولی پایین و جزء متابولیت های ثانویه است، که به ظرفیت آنتی اکسیدانی بافت های گیاهی، به خصوص در محیط های مختلف تنش زا کمک می کند (۱۸). گزارش های مختلفی در خصوص افزایش و کاهش ویتامین C در محصولات مختلف توسط کاربرد سلنیم مشاهده شده است. محلول پاشی سلنیم بر درختان پرتقال ناول منجر به کاهش ویتامین C در میوه گردید (۱) در حالی که هو و همکاران (۲۲) افزایش ویتامین C را با تیمار سلنیم در چای گزارش کرده اند. در تحقیقی دلیل افزایش ویتامین C در میوه گوجه فرنگی را تأثیر سلنیم بر افزایش گلوکاتایون احیاء گزارش کرده اند (۷۱).

همچنین در گیاه ماش تیمار شده با سلنیم میزان گلوکاتایون احیاء شده افزایش یافت در این گیاه سلنیم باعث افزایش و تنظیم فعالیت آنزیم گلوکاتایون S – ترانسفراز شد (۳۶). تیمار سلنیم می تواند جذب گوگرد را افزایش داده و در ساخته شدن ترکیبات موثر در سنتز گلوکاتایون احیاء موثر باشد (۱۶). گلوکاتایون در چرخه سنتز ویتامین C دخالت دارد. علاوه بر این ویتامین C با ویتامین E و گلوکاتایون (GSH) همکاری کرده و از وارد آمدن آسیب اکسیداتیو به سلول ها جلوگیری می کند (۸). از آن جا که گلوکاتایون احیا با تیمار سلنیم افزایش می یابد، احتمال داده می شود که تیمار سلنیم به این دلیل منجر به افزایش ویتامین C در میوه ها گردیده باشد. نتیجه این پژوهش با مشاهدات (۴۸) در گیاه کاهو که سلنیم موجب افزایش ویتامین C در گیاه شده همخوانی دارد.

قندهای محلول میوه

بر اساس مقایسه میانگین داده ها تیمار ۲ میلی گرم در لیتر سلنیم بیش ترین تأثیر را در افزایش قندهای محلول میوه با میزان (۴۴/۲۶ میلی گرم بر گرم وزن خشک) نشان داد و کم ترین مقدار با میزان (۳۳ میلی گرم بر گرم وزن خشک) در شاهد مشاهده گردید و سایر غلظت ها با شاهد اختلاف معنی داری را نشان دادند (جدول ۳). فروکتوز و گلوکز قندهای اصلی در بیش تر میوه ها می باشند که باعث ایجاد طعم در آن ها می شوند. مقدار قند میوه ها می تواند تحت تأثیر گونه، واریته، بلوغ فیزیولوژیکی، فصل برداشت، تغذیه و شرایط نگهداری تغییر یابد (۶). قندهای محلول منابع قابل توجهی از عطر و طعم و کیفیت میوه ها موقع برداشت و دوره پس از برداشت هستند (۵۰). تجمع بیشتر نشاسته در برگ های فوقانی سیب زمینی های تیمار شده با سلنیم مشاهده شد که احتمالاً به دلیل افزایش سنتز نشاسته، کاهش انتقال کربوهیدرات از کلروپلاست و یا افزایش بهره وری فتوسنتز است (۵۹). تحقیقات دیگری نشان می دهد ارتباط بین سلنیم و تجمع نشاسته در کلروپلاست گیاه کاهو وجود داشته است (۴۲). این احتمال وجود دارد که سلنیم در انگور باعث تجمع نشاسته شده است که در طی فرآیند رشد، نشاسته ذخیره ای به قندهای محلول تبدیل می شود (۵). نتیجه این تحقیق با محلول پاشی سلنیم بر گیاه قهوه مطابقت دارد (۳۸).

طبق نتایج تجزیه واریانس داده ها محلول پاشی سلنیم اثر معنی داری را در سطح آماری یک درصد بر فلاونوئید کل، ظرفیت آنتی-اکسیدانی، سلنیم میوه، وزن حبه و مقدار سلنیم و پتاسیم برگ نشان داد و در حالی که فنل کل میوه و نیتروژن برگ در سطح آماری ۵ درصد تحت تأثیر تیمار محلول پاشی سلنیم قرار گرفتند (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی سلنیم بر خصوصیات آنتی اکسیدانی، وزن حبه و برخی عناصر معدنی برگ و میوه انگور رقم فخری
Table 4- ANOVA for selenium sprays effect on antioxidant properties, berry weight and some mineral elements of leaf and fruit in garpe cv. Fakhry

میانگین مربعات Mean of squares									
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فنل کل میوه Fruit total phenol	فلاونوئید کل میوه Fruit total flavonoid	ظرفیت آنتی- اکسیدانی میوه Fruit antioxidant capacity	مقدار نیترोजن برگ Leaf nitrogen amount	مقدار پتاسیم برگ Leaf potassium amount	مقدار سلنیم برگ Leaf selenium amount	مقدار سلنیم میوه Fruit selenium amount	وزن حبه Berry weight
بلوک Block	2	5.72 ^{ns}	0.09 ^{ns}	21.66 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.45 ^{ns}
تیمار سلنیم Selenium Treatment	3	86.76 *	1.66 **	935.96 **	0.61 *	0.12 **	0.73 **	0.74 **	31.14 **
خطا Error	6	137.66	0.77	66.23	0.70	0.007	0.03	0.05	1.43
ضریب تغییرات CV (%)	-	14.98	11.41	4.71	14.80	2.32	4.61	5.08	1.53

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

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

مطالعات (۳) تیمار سلنیم بر گیاه ریحان مطابقت دارد.

فنل کل

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها داده‌ها تیمار ۲ میلی گرم در لیتر سلنیم با میزان (۳۷/۹۴) میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه بیش‌ترین تاثیر را بر میزان فنل کل در میوه داشت و کم‌ترین مقدار در شاهد با میزان (۲۵/۳۰) میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه) مشاهده گردید (جدول ۵). فنل‌ها بزرگترین گروه از متابولیت‌های ثانویه هستند که از پنتوز فسفات و مسیر شیکمیک اسید و فنیل پروپانویید در گیاهان تولید می‌شوند (۳۲). مطالعات متعددی در مورد اثرات مثبت و منفی سلنیم بر میزان فنل‌ها گزارش شده است که به نوع گیاه و غلظت سلنیم بستگی دارد (۴۹). پولدما و همکاران (۴۴) کاهش میزان فنل کل را در پیاز با محلول پاشی سلنیم گزارش کردند. در حالی که کاربرد ۵ میلی گرم در لیتر سدیم سلنات باعث بهبود میزان کلروژنیک اسید در گیاه لیسیوم چینی^۱ شد (۱۲). همچنین غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر سلنیم اثرات مثبتی بر افزایش میزان فنولیک اسیدها از جمله کلروژنیک اسید، کافئیک اسید در گیاه سیب زمینی داشته است. ولی در سطوح بالاتر اثرات منفی نشان داد (۳۱). با بررسی آمینواسیدها در سیب زمینی‌های محلول پاشی شده با سلنیم دریافتند که میزان کل آمینواسیدهای ضروری و غیر ضروری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافته است. فنیل آلانین با ۴۸/۹ درصد بیش‌ترین میزان افزایش را نشان داد. همچنین آمینواسیدهایی نظیر آسپارتیک اسید، گلوتامیک اسید، ترئونین و تیروزین نیز به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داشته‌اند (۲۴). نتایج این پژوهش با

فلاونوئید کل

براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش غلظت تیمارها فلاونوئید کل میوه‌ها نیز روند افزایشی را نشان داد به طوری که بیش ترین مقدار در تیمار ۳ میلی گرم در لیتر با میزان (۴/۱۳) میلی گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تازه) مشاهده شد و کم‌ترین مقدار فلاونوئید در میوه بوته‌های شاهد (۲/۳۴) میلی گرم کوئرستین در ۱۰۰ گرم وزن تازه) اندازه‌گیری شد (جدول ۵). فلاونوئیدها نیز زیر گروه فنل‌ها هستند و از مهم ترین ترکیباتی هستند که در کیفیت انگور نقش دارند (۳۲). فلاونوئیدها نقش‌های مهمی در خصوصیات تجاری، حسی و تغذیه‌ای محصولات کشاورزی به واسطه تأثیرشان در خواص حسی نظیر رنگ، طعم و کیفیت آبمیوه دارند (۲۵). علت اثر سلنیم در غلظت‌های بالا بر میزان فلاونوئید کل افزایش ظرفیت گیاه برای غلبه بر شرایط تنش‌زا می‌باشد. در پژوهشی سلنیم سطح فلاونوئیدهای جزء نظیر نارینجین^۲، چالکون^۳، کوئرستین^۴ و کامفرول^۵ را در گوشت میوه‌های گوجه‌فرنگی افزایش داد (۵۳). نتایج این پژوهش با یافته‌های قبلی (۵۱) در گیاه چای مطابقت دارد

2- Naringin
3- Chalcones
4- Quercetin
5- Kaempferol

1- *Lycium chinense*

جدول ۵- تأثیر محلول پاشی قبل از برداشت سلنیم بر صفات آنتی اکسیدانی و برخی عناصر و وزن حبه انگور رقم فخری

Table 5- The effect of pre-harvest sprays of selenium on antioxidant traits and some elements and berry weight of grapes cv. Fakhry

وزن حبه Berry weight (gr)	سلنیم میوه Fruit selenium (mg/kg)	سلنیم برگ Leaf selenium (mg/kg)	پتاسیم برگ Leaf potassium (%)	نیتروژن برگ Leaf nitrogen (%)	ظرفیت آنتی اکسیدانی Antioxidant capacity (Perccn)	فلاونوئید کل Total flavonoid (mg QE/100 grFW)	فنل کل Total phenol (mg GA/100 grFW)	تیمار سلنیم Selenium (mg/L)
28.09 ^d	1.22 ^c	1.08 ^c	1 ^d	1.80 ^b	46.75 ^d	2.34 ^c	25.30 ^b	0 شاهد Control
35.14 ^a	1.72 ^b	2.10 ^a	1.51 ^b	2.45 ^{ab}	68.92 ^c	2.93 ^{bc}	30.50 ^{ab}	1
33.90 ^b	2.31 ^a	1.73 ^b	1.72 ^a	2.86 ^a	88.38 ^a	3.16 ^b	37.94 ^a	2
30.44 ^c	2.19 ^a	2.16 ^a	1.44 ^c	2.14 ^b	77.55 ^b	4.13 ^a	34.07 ^{ab}	3

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by similar letters are not signification different at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه

طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در بین تیمارهای سلنیم، تیمار ۲ میلی گرم در لیتر بهترین غلظت در افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه با میزان (۸۸/۳۸ درصد بازدارندگی) بود و کمترین میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه (۴۶/۷۵ درصد بازدارندگی) در میوه‌های شاهد بدست آمد و تیمارهای دیگر نیز اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان دادند (جدول ۵). گیاهان برای رویایی با گونه‌های فعال اکسیژن بسته به ظرفیت ژنتیکی‌شان سامانه دفاع (آنتی اکسیداتیو) را در خود گسترش می‌دهند. فعالیت آنتی اکسیدانی در میوه‌ها به ترکیبات آنتی اکسیدانی و آنزیم‌های آنتی اکسیدان (پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز) بستگی دارد (۳۹). غلظت‌های پایین سلنیم بر متابولیسم سلول‌های گیاهی اثرات مفیدی داشته و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مانند (آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون پراکسیداز) و ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند (گلوتاتیون، آسکوربات و پرولین) را افزایش داده که می‌تواند مقادیر (H_2O_2) در گیاه را کاهش دهد (۴۶). همچنین گزارش دیگری درباره‌ی سلنیم در گیاهان که تا حد زیادی بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی گیاهان اثرگذار است، به این عنوان که سلنیم بخشی از هسته آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) است وجود دارد (۹). تحقیقاتی نشان داده که سلنیم موجب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در کاهو (۶۳) گردیده است که یافته‌های این پژوهش با نتایج قبلی این محققان همخوانی دارد. بر اساس تحقیقات پیشین و مطالعات انجام گرفته اثر سلنیم بر افزایش فعالیت آنزیم‌ها و ترکیبات آنتی اکسیدانی است که باعث افزایش

ظرفیت آنتی اکسیدانی در میوه‌ها شده است (۷).

نیتروژن برگ

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار ۲ میلی گرم در لیتر سلنیم با میزان (۲/۸۶ درصد) بیشترین اثر را بر درصد عنصر نیتروژن داشت و کمترین مقدار در شاهد با میزان (۱/۸۰ درصد) مشاهده گردید در حالی تیمار ۳ میلی گرم در لیتر هرچند باعث افزایش نیتروژن برگ شد ولی تأثیر چشمگیری نداشت (جدول ۵). در سال‌های اخیر اثر آنتاگونیستی و سینرژیت بین سلنیم و سایر عناصر نشان داده شده که سلنیم می‌تواند بر وضعیت تغذیه گیاهان تأثیر بگذارد (۱۳). نیتروژن از عناصر مهم حیاتی در ساختار و رشد نمو گیاه است که تأثیر زیادی بر شدت رنگ سبز برگ و رشد شاخساره در گیاهان مختلف دارد که به صورت مستقیم و غیر مستقیم کیفیت و کمیت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۴). در مطالعات قبلی نشان داده شده است که سلنیم می‌تواند بر متابولیسم نیتروژن در گیاه تأثیر بگذارد این اثر بستگی به غلظت سلنیم به کار برده شده دارد (۴۱). استفاده از سلنیم در حد مطلوب باعث افزایش فعالیت آنزیمی گلوتامین سنتاز (GS) و گلوتامات سنتاز (GOGAT) که در متابولیسم نیتروژن دخالت دارند شده است (۴۷). افزایش عنصر نیتروژن برگ با تیمار سلنیم در برگ انگور فخری را می‌توان به تأثیر این عنصر بر فعالیت آنزیم‌های ذکر شده دانست و در غلظت‌های بالاتر کاهش فعالیت آنزیم‌ها را گزارش کرده‌اند نتایج این پژوهش با نتایج (۶۴) در

سلنیم با گوگرد نسبت دادند همچنین بافت‌های با رشد فعالتر معمولاً مقدار بیش‌تری از سلنیم را دریافت می‌کنند میزان سلنیم در چاودار که با سلنیم محلول‌پاشی شده بود حدود ۵۰ تا ۵۰۰ برابر گیاهان شاهد بود (۶۰). با توجه به این که میوه‌ها به عنوان سینک قوی عمل می‌کنند احتمالاً می‌تواند سلنیم را در خود ذخیره کنند. علاوه بر این سلنیم در جدول تناوبی بعد از گوگرد قرار دارد و می‌تواند در ترکیبات متعدد جایگزین گوگرد شده و ترکیبات مختلف مثل سلنوسیستئین^۲، سلنوسیستئین^۳، دی سلنوسیستئین^۴، سلنومتیونین^۵، سلنوگلاتیون^۶ و سلنو دی گلاتیون^۷ تولید نماید. سلنومتیونین قادر است به طور غیر اختصاصی وارد پروتئین‌ها شده و به جای میتونین قرار گیرد (۵۲). محلول پاشی ۱ میلی گرم در لیتر سلمات بر میوه گلابی موجب افزایش سلنیم داخلی میوه با میزان ۷۵ میکروگرم بر یک کیلوگرم وزن خشک شد (۴۳). نتایج این تحقیق با یافته‌های این محققان همخوانی دارد.

وزن حبه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها تیمار ۱ میلی گرم در لیتر سلنیم بیش‌ترین تأثیر را با میزان (۳۵/۱۴) گرم بر وزن حبه داشت و با افزایش غلظت تیمارها اثر آنها بر وزن حبه کاهش یافت بطوری‌که تیمار ۳ میلی گرم در لیتر سلنیم کم‌ترین اثر را در بین تیمارها نشان داد و کم‌ترین میزان وزن حبه در شاهد با میزان (۲۸/۰۹) گرم مشاهده شد (جدول ۵). محققین به این نتیجه رسیده‌اند که تحریک رشد مربوط به نقش سلنیم به عنوان یک عنصر محافظ در آنزیم‌های کلروپلاست گیاه و متابولیسم کربوهیدرات است (۵۹). همچنین وزن حبه می‌تواند بر عملکرد نیز تأثیر مثبتی را داشته باشد. گزارش شده است که سلنیم در مقادیر بهینه می‌تواند عملکرد را افزایش دهد ولی در غلظت‌های بالاتر برای گیاه سمی است (۶۶). سلنیم با افزایش میزان عناصر درونی نظیر نیتروژن باعث افزایش میزان کلروفیل برگ می‌گردد که این عامل با بهبود فتوسنتز میزان تجمع کربوهیدرات درونی برگ را بالا می‌برد در نتیجه کربوهیدرات تولیدی در برگ‌ها به سمت میوه‌ها انتقال پیدا کرده و میزان رشد حبه را افزایش می‌دهد. همچنین سلنیم با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نقش مؤثری در تعدیل تنش‌های وارده بر گیاه ایفا کرده که می‌تواند منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاه گردد (۷ و ۳۳). نتیجه این پژوهش با نتایج وئی و همکاران (۶۱) که سلنیم موجب افزایش وزن میوه‌ها در درختچه‌های عنباب شد، مطابقت دارد.

گیاه کلم چینی^۱ که سلنیم باعث افزایش نیتروژن در گیاه گردید همخوانی دارد.

پتاسیم برگ

بنابر مشاهدات نتایج مقایسه میانگین داده‌ها تیمار ۲ میلی گرم در لیتر سلنیم با میزان (۱/۷۲) درصد) بهترین تیمار در افزایش پتاسیم برگ بود و کم‌ترین در بوته‌های شاهد با میزان (۱) درصد) مشاهده شد. همچنین در بین سایر تیمارها با بوته‌های شاهد اختلاف معنی داری مشاهده گردید (جدول ۵). پتاسیم به عنوان یکی از عناصر مهم در گیاهان در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله رشد، عملکرد، کیفیت و بالا بردن مقاومت گیاه در تنش‌ها نقش دارد (۴۵). بر اساس تحقیقات سلنیم میزان پتاسیم را در برگ یونجه زرد (۲۹) افزایش داده است. محققان افزایش پتاسیم در گیاه را به دخالت پتاسیم در مکانیسم تحمل به سلنیم نسبت دادند که گیاه سلنیم را به عنوان عنصر تنش‌زا محسوب می‌کند (۲۹). در پژوهش دیگری نتایج مشابهی را در خصوص افزایش مقدار پتاسیم به میزان سلنیم در برگ نسبت داده‌اند در غلظت‌های بالاتر از حد مطلوب امکان دارد سلنیم تأثیر کمتری داشته و یا باعث کاهش پتاسیم گردد (۴۱).

سلنیم برگ و میوه

بر اساس مشاهدات مقایسه میانگین داده‌ها، محلول پاشی سلنیم بر میزان سلنیم داخلی برگ و میوه اثر مثبتی را نشان داده است به طوری که کم‌ترین مقدار سلنیم داخلی برگ و میوه در شاهد به ترتیب شامل (۱/۰۸ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و میوه (۱/۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) مشاهده شد و بالاترین سلنیم داخلی برگ در تیمار ۳ میلی گرم در لیتر با میزان (۲/۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و در میوه تیمار شده با ۲ میلی گرم در لیتر سلنیم با میزان (۲/۳۱ میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک) اندازه‌گیری شده است (جدول ۵). از آنجا که سطح پایین سلنیم در بدن انسان می‌تواند خطر مبتلا به بیماری قلبی، سرطان و سایر بیماری‌های مرتبط با رادیکال‌های آزاد را افزایش دهد، غنی سازی محصولات کشاورزی با سلنیم برای سلامت جامعه حائز اهمیت است (۴۴). می‌توان با تکنیک‌های مختلف نسبت به غنی سازی محصولات اقدام نمود. مهمترین این روشها افزودن سلنیم به خاک، غوطه‌ور کردن بذرها در محلول سلنیم قبل از کاشت، استفاده از محلول غذایی حاوی سلنیم در محیط هیدروپونیک یا ایروپونیک و محلول پاشی سلنیم بر گیاهان می‌باشد (۶۰). تجمع سلنیم در گیاهان در بین گونه‌های گیاهی متفاوت است و غلظت سلنیم و شکل شیمیایی سلنیم بکار بره شده نیز تأثیرگذار است (۲۰). پژوهشگران علت افزایش سلنیم را در گیاهان به همبستگی

2- Selenocysteine

3- Selenocystine

4- Di selenocystine

5- Selenomethionine

6- Selenogluthathion

7- Selenium de Glutathione

1- Brassica pekinensis

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش تیمار با سطوح مختلف سلنیم با افزایش میزان ویتامین C، فلاونوئید و فنل کل منجر به افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی گردید. همچنین محلول پاشی سلنیم در افزایش

منابع

میزان کلروفیل کل، کارتنوئید، عناصر نیتروژن و پتاسیم برگ، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، قندهای محلول، سلنیم درونی میوه و صفت عملکردی وزن حبه موثر بود و در بین سطوح مختلف محلول پاشی، غلظت ۲ میلی گرم در لیتر با بیشترین تأثیر بر صفات به عنوان بهترین تیمار برای انگور رقم فخری مشخص شد.

- 1- Abd El-Motty E.Z., and Orabi A.S. 2013. The beneficial effects of using zinc, yeast and selenium on yield, fruit quality and antioxidant defense systems in navel orange trees grown under newly reclaimed sandy soil. *Journal of Applied Sciences Research* 9(10): 6487-6497.
- 2- Ali K., Maltese F., Choi Y.H., and Verpoorte R. 2010. Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products. *Phytochemistry Reviews* 9: 357-378.
- 3- Ardebili Z.O., Ardebili N.O., Jalili S., and Safiallah S. 2015. The modified qualities of basil plants by selenium and or ascorbic acid. *Turkish Journal Botanical* 39: 401-407.
- 4- Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
- 5- Asghari M. R., and Ahadi L. 2014. Effect of postharvest application of salicylic acid and aloe vera gel on qualitative characteristics and antioxidant activity of grape fruit of Ghezel Azum cultivar. *Journal of Horticultural Science* 27: 349-342. (In Persian with English abstract)
- 6- Ayaz F.A., Torun H., Ayaz S., Correia P.J., Alaiz M., Sanz C., Gruz J., and Strnad M. 2007. Determination of chemical composition of anatolian carob pod (*Ceratonia siliqua* L.) sugars, amino and organic acid, minerals and phenolic compounds. *Journal of Food Quality* (30)6.
- 7- Babalar M., Mohebbi S., Zamani Z., and Askari M.A. 2019. Effect of foliar application with sodium selenite on selenium biofortification and fruit quality maintenance of 'Starking Delicious' apple during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99: 5149-5156.
- 8- Chen Z., Young T.E., Ling J., Chang S.C., and Gallie D. R. 2003. Increasing vitamin C content of plants through enhanced ascorbate recycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 3525-3530.
- 9- Chomchan R., Siripongvutikorn S., and Puttarak P. 2017. Selenium bio-fortification: an alternative to improve phytochemicals and bioactivities of plant foods. *Functional Foods in Health and Disease* 7(4): 263-279.
- 10- Crisosto C.H. 2008. Central valley postharvest. Cooperative Extension University of California Kearney Agricultural Center 17: 2.
- 11- Dehgan G., and Khoshkam Z. 2012. Tin (II)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. *Food Chemistry* 131: 422-426.
- 12- Dong J.Z., Wang Y., Wang S.H., Yin L.P., Xu G.J., Zheng C., Lei C., and Zhang M.Z. 2013. Selenium increases chlorogenic acid, chlorophyll and carotenoids of *Lycium chinense* leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93: 310-315.
- 13- Drahonovsky J., Szakova J., Mestek O., Tremlova J., Kana A., and Najmanova J. 2016. Selenium uptake, transformation and inter-element interactions by selected wildlife plant species after foliar selenate application. *Environmental and Experimental Botany* 125: 12-19
- 14- Drake S., Raese J., and Smith T. 2002. Time of nitrogen application and its influence on Golden Delicious apple yield and fruit quality. *Journal of Plant Nutrition* 25(1): 143-157.
- 15- Emami A. 1996. Plant decomposition methods. Soil and Water Research Institute Tehran Iran. 1, pp. 128.
- 16- Feng R.W., Wei C., and Tu S. 2013. The roles of selenium in protecting plant against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany* 87: 58-68.
- 17- Ferreira A.S., Nunes C., Castro A., Ferreira P., and Coimbra M.A. 2014. Influence of grape pomace extract incorporation on chitosan properties. *Carbohydrate Polymers* 113: 490-499.
- 18- Fotopoulos V., Mario C., De Tullio M.C., Barnes J., and Kanellis A.K. 2008. Altered stomatal dynamics in ascorbate oxidase over-expressing tobacco plants suggest a role for dehydroascorbate signalling. *Journal of Experimental Botany* 59: 729-737.
- 19- Fu D.D., Duan M.L., Liang D.L., Wan S.S., and Wu X.P. 2011. Effects of selenite and selenat on growth and nutrient absorption of pakchoi. *Plant Nutrition and Fertilizer Science* 17: 358-365.
- 20- Ghasemi K. 2017. Selenium enrichment of crops and its effect on plant physiology. *Plant Production Technology* 9(2): 193-207. (In Persian with English abstract)
- 21- Hajiboland R., and Keivanfar N. 2012. Selenium supplementation stimulates vegetative and reproductive growth in canola (*Brassica napus* L.) plants. *Acta Agriculturae Slovenica* 99(1): 13-19.

- 22- Hu Q., Xu J., and Pang G. 2003. Effects of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 3379-3381.
- 23- Irigoyen J.J., Emerch D.W., and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*). *Physiologia plantarum* 84: 55-60.
- 24- Jezek P., Hlusek J., Losak T., Juzl M., Elzner P., Kracmar S., Bunka F., and Martensson A. 2011. Effect of foliar application of selenium on the content of Selenium-lected amino acids in potato tubers (*Solanum tuberosum*). *Plant, Soil and Environment* 57: 315-320.
- 25- Kafi M., Zand A., Kamkar B., Sharifi H., and Gholdani M. 2002. *Plant physiology*, University of Mashhad. P. 379. (In Persian)
- 26- Kaijv M., Sheng L., and Chao C. 2006. Antioxidation of flavonoids of green rhizome. *Journal Food Science* 27: 110-115.
- 27- Keck A.S., and Finley J.W. 2006. Aqueous extracts of selenium-fertilized broccoli increase selenoprotein activity and inhibit DNA single-strand breaks, but decrease the activity of quinone reductase in Hepa cells. *Food and Chemical Toxicology* 44: 695-703.
- 28- Khavarinejad R., Goshegir Z., and Sadatmand S. 2010. Interaction effect of selenium and molybdenum on pigment photosynthesis of tomato. *Journal of Plant Science Researches* 17(1): 14-23. (In Persian with English abstract)
- 29- Kostopoulou P., Kyriazopoulos A.P., Abraham E.M., Parissi Z.M., Karatassiou M., Barbayannis N. 2015. Synergistic Effect of selenium addition and water stress on *Melilotus officinalis* L. mineral content. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 43(2): 447-454.
- 30- Lee G.J., Kang B.K., Kim T.I., Kim T.J., and Kim J.H. 2007. Effects of different selenium concentrations of the nutrient solution on the growth and quality of tomato fruit in hydroponics. *Acta Horticulture* 761: 443-448.
- 31- Lei C., Ma Q., Tang Q.Y., Ai X.R., Zhou Z., Yao L., Ying W., Wang Q., and Dong J.Z. 2014. Sodium selenite regulates phenolics accumulation and tuber development of purple potatoes. *Scientia Horticulturae* 165: 142-147.
- 32- Liang N.N., Pan Q.H., He F., Wang J., Reeves M.J., and Duan C.Q. 2013. Phenolic profiles of *Vitis davidii* and *Vitis quinquangularis* species native to China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 6 (25): 6016-6027.
- 33- Liu Q.L., Wang D., Wu G.L., Hao G.W., Hao Y.Y., and Sun S. 2011. Effects of selenium on leaf senescence and antioxidase system in *Pyrus bretschneider* Dangshan Suli. *Acta Horticulturae Sinica* 38: 2059-2066.
- 34- Lopez A.R. 1993. Humic acid effect on the stomata conductance and leaf abscission on apple cv. Golden Delicious under tropical conditions. *Acta Horticulturae* 329: 254-254.
- 35- Majedi M. 1994. *Methods of foods chemicals analysis*. Jahad daneshgahi press. University of Tehran. (In Persian)
- 36- Malik J.A., Goel S., Kaur N., Sharma S., Singh I., and Nayyar H. 2012. Selenium antagonises the toxic effects of arsenic on mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) plants by restricting its uptake and enhancing the antioxidative and detoxification mechanisms. *Environmental and Experimental Botany* 77: 242-248.
- 37- Malorgio F., Diaz K.E., Ferrante A., Mensuali-Sodi A., and Pezzarossa B. 2009. Effects of selenium addition on minimally processed leafy vegetables grown in a floating system. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2243-2251.
- 38- Mazzafera P. 1998. Growth and biochemical alterations in coffee due to selenite toxicity. *Plant and Soil* 201: 189-196.
- 39- Mittler R., Vanderauwera S., Gollery M., and Breusegem F.V. 2004. Reactive oxygen gene network of plants. *Trends in Plant Science* 9(10): 490-498.
- 40- Nawaz F., Ahmad R., Ashraf M.Y., Waraich E.A., and Khan S. Z. 2015. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituent of wheat under drought stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 113: 191-200
- 41- Nowak J., Kakiowski K., and Ligocki M. 2004. Influence of selenium on oxidoreductive enzymes activity in soil and in plants. *Soil Biology and Biochemistry* 36(10): 1553-1558.
- 42- Pennanen A., Xue T., Hartikainen H. 2002. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. *Journal of Applied Botany* 76: 66-67.
- 43- Pezzarossa B., Remorini D., Gentile M.L., Massai R. 2012. Effects of foliar and fruit addition of sodium selenite on selenium accumulation and fruit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 781-786.
- 44- Poldma P., Moor U., Tonutare T., Herodes K., and Rebane R. 2013. Selenium treatment under field conditions affects mineral nutrition, yield and antioxidant properties of bulb onion (*Allium cepa*). *Acta Scientiarum Polonorum* 12: 167-181.
- 45- Qi J., Sun S., Yang L., Li M., Ma F., and Zou Y. 2018. Potassium uptake and transport in apple roots under drought stress. *Horticultural Plant Journal* 5(1): 10-16.
- 46- Rios J.J., Blasco B., Cervilla L.M., Rosales M.A., Sanchez-Rodriguez E., Romero L., and Ruiz J. M. 2009. Production and detoxification of H₂O₂ in lettuce plants exposed to selenium. *Annals of Applied Biology* 154: 107-116.
- 47- Rios J.J., Blasco B., Rosales M.A., Sanchez-Rodriguez E., Leyva R., Cervilla L.M., and Ruiz J.M. 2010. Response of nitrogen metabolism in lettuce plants subjected to different doses and forms of selenium. *Journal of the Science*

- of Food and Agriculture 90: 1914–1919.
- 48- Rios J.J., Rosales M.A. Blasco B., Cervilla L.M., Romero L., and Ruiz J.M. 2008. Biofortification of selenium and induction of the antioxidant capacity in lettuce plants. *Scientia Horticulturae* 116: 248–255.
- 49- Robbins R.J., Keck A.S., Banuelos G., and Finley J.W. 2005. Cultivation conditions and selenium fertilization alter the phenolic profile, glucosinolate, and sulforaphane content of broccoli. *Journal of Medicinal Food* 8: 204–214.
- 50- Rolland F., Baena-Gonzalez E., and Sheen J. 2006. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms. *Annual Review of Plant Biology* 57: 675–709.
- 51- Sae-Lee N., Kerdchoechuen O., and Laohakunjit N. 2012. Chemical qualities and phenolic compounds of Assam tea after soil drench application of selenium and aluminium. *Plant and Soil* 356: 381–393.
- 52- Salmani Nodoushan M., Abedi M., and Vakilli M. 2013. Selenium and human health. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Science* 21(1): 101–112. (In Persian with English abstract)
- 53- Schiavon M., dall Acqua S., Mietto A., Pilon-Smits E.A.H., Sambo P., and Masi A., and Malagoli M. 2013. Selenium fertilization alters the chemical composition and antioxidant constituents of tomato (*Solanum lycopersicon* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 10542–10554.
- 54- Sharma P., Jha A.B., Shanker Dubey R., and Pessarakli M. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany* 10: 21–47.
- 55- Simonne E.H., Jones J.R., Mills D.A., Snittleand C., and Hussey G. 1993. Influence of catalyst, sample weight, and digestion conditions on Kjeldahl N. *Commun. Soil Science and Plant Analysis* 24: 1609–1616.
- 56- Singleton V. L., and Rossi J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Enology and Viticulture* 16: 144–15.
- 57- Skrede G., Martinsen B.K., Wold A.B., Birkeland S.E., and Aaby K. 2012. Variation in quality parameters between and within 14 Nordic tree fruit and berry species. *Acta Agriculturae Scandinavica Section Soil and Plant Science* 6: 193–208.
- 58- Turakainen M., Hartikainen H., and Seppanen M. M. 2004. Effects of selenium treatments on potato (*Solanum tuberosum*) growth and concentrations of soluble sugars and starch. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 52: 5378–5382.
- 59- Turakainen M., Hartikainen H., Ekholm P., and Seppanen M.M. 2006. Distribution of selenium in different biochemical fractions and raw darkening degree of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers supplemented with selenate. *Journal of agricultural and food chemistry* 54(22): 8617–8622.
- 60- Vogrincic M., Cuderman P., Kreft I., and Stibilj V. 2009. Selenium and its species distribution in above-ground plant parts of selenium enriched Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Analytical Sciences* 25: 1357–1363.
- 61- Wei J.D., Yu D.Z., Mab H.L., Yao M.B., Liub F.C., Songc Y.G., Xuc Y.F., and Lib L. 2017. Selenium enrichment, fruit quality and yield of winter jujube as affected by addition of sodium selenite. *Scientia Horticulturae* 225: 1–5
- 62- Wu L., and Huang Z.Z. 1991. Chloride and sulfate salinity effects on selenium accumulation by Tall Fescue. *Crop Science* 31: 114–118.
- 63- Xue T.L., Hartikainen H., Piironen V. 2001. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *Plant and Soil* 237: 55–61.
- 64- Yu S., and Shih-Wen C. 2018. Response of nitrogen metabolism in pak choi plants treated with different sodium selenate (Na₂SeO₄) concentrations. *The Horticulture Journal* 87:3.
- 65- Zgallai H., Steppe K., and Lemeur R. 2006. Effects of different levels of water stress on leaf water potential, stomatal resistance, protein and chlorophyll content and certain anti oxidative enzymes in tomato plants. *Journal of Integrative Plant Biology* 48(6): 679–685.
- 66- Zhang H. Y., Han T., Tian L., Wang Y. N., and Jia H. J. 2010. Accumulation of Selenium in peach, jujube and strawberry after spraying Selenium fertilizer on leaves. *Journal of Fruit Science* 5: 802–806.
- 67- Zhang M., Tang S., Huang X., Zhang F., Pang Y., Huang Q., and Yi Q. 2014. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oriza sativa* L.). *Environmental and Experimental Botany* 107: 39– 45.
- 68- Zhu S., Liang Y., Gao D., An X., and Kong F. 2017. Spraying foliar selenium fertilizer on quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) from different source varieties. *Scientia Horticulturae* 218: 87–94.
- 69- Zhu Z., Chen Y.L., Shi G.Q., and Zhang X.J. 2017. Selenium delays tomato fruit ripening by inhibiting ethylene biosynthesis and enhancing the antioxidant defense system. *Food Chemistry* 219: 179–184.
- 70- Zhu Z., Chen Y., Zhang X., and Li M. 2016. Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae* 198: 304–31.
- 71- Zhu Z.Y., Zhang J., Liu Y., and Chen X.Z. 2018. Exploring the effects of selenium treatment on the nutritional quality of tomato fruit. *Food Chemistry* 308–8146.



Effect of Preharvest Spraying of Selenium on Qualitative and Biochemical Characteristics of Grape cv. Fakhri (*Vitis vinifera* cv. Fakhri)

M. Mozaffari¹- F. Razavi^{2*}-V. Rabiei³- A. Kheiry⁴-A. Hassani⁵

Received: 02- 03-2019

Accepted: 05-11-2019

Introduction: Demand for healthy and high-quality fruits has increased in the markets, and compositions such as vitamins, sugars, and anti-oxidant properties of fruits have attracted many consumers. Grapes contain phenols, flavonoids, anthocyanins, tannins and vitamins with high antioxidant properties. Antioxidants support biological systems such as proteins, amino acids, lipids, and DNA against oxidative damage produced by active oxygen species of ROS, resulting in reduction of cell damage and death, cardiovascular disease and cancers in the human body. Selenium is essential for humans and animals and should be fed through a diet, for this reason, FAO recommends entering selenium to agricultural products (especially fruits and vegetables). In recent years, selenium has been recognized as a useful element for plants that have been toxic at high concentrations but at desirable concentrations, it has positive antioxidant effects, increases growth and significantly affects seed germination. Selenium protects plants from several abiotic stresses such as heavy metal and arsenic, ultraviolet radiation, and biotic stress such as pathogens and pests. Selenium neutralizes oxidative stress interfering with lipid peroxidation, and accelerates glutathione peroxidase (GSH-Px) activity, this phenomenon delay plant senescence and diminish postharvest losses. This element increases the yield and improves the quality of the fruits and vegetables. When *Camelia oleifera* plants were treated with selenium, cellular content of linoleic acid and sterol were elevated but oleic acid content diminished. Selenium treatment had a significant effect on preserving the sensory and the postharvest quality by decreasing respiration rate and ethylene biosynthesis in broccoli by diminishing phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity and ethylene production in lettuce and chicory. Foliar application of peach and pear trees with selenium, decelerated fruit softening rate and elongated shelf-life. Therefore, treatment of agricultural products with the appropriate amount of selenium can have a positive effect on the increase of the quality and enrichment of selenium in fruits and also play an important role in human health.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of selenium as foliar application (0, 1, 2 and 3 mg L⁻¹) on quality traits, antioxidant compounds and enrichment of grape cv. Fakhri, an experiment based on randomized complete block design with three replications in a vineyard (Kurdistan Province, Ghorveh town) was performed. The 15-year-old vines were sprayed with selenium solution plus 0.1% of Twin 20 as surfactant until the leaves were completely wet (for each vine about 0.5 liter) at three stages of berry growth and development: Berry formation, Lag phase and veraison. A 1000 mg L⁻¹ stock solutions (Made by the Belgian company CHEM-Lab, containing selenium ion Se⁺⁶) was used to prepare the desired solutions. At commercial fruit maturity stage (20° Brix), samples of fruits and leaves randomly were collected from treated and control vines and were immediately transferred to the postharvest physiology laboratory. Traits such as total chlorophyll, carotenoid, nitrogen, potassium, selenium content of leaves and fruits, and also, total soluble solids, soluble sugars, titrable acidity, acidity (pH), vitamin C, phenol and flavonoids, antioxidant capacity in fruits and the berry weight were evaluated. Data were analyzed using SAS statistical software (SAS V.9.4), and means were compared by Duncan's multiple range tests at the 5% of probability level.

Results and Discussion: Results showed positive effects of selenium treatment on evaluated traits. As a result, 2 mg L⁻¹ of selenium increased photosynthetic pigments, nitrogen and leaf potassium, soluble solids, soluble sugars, vitamin C, total phenol, antioxidant capacity of fruits in comparison with untreated vines. The highest amount of titrable acidity, total fruit flavonoid and leaf selenium was recorded in vines treated with 3 mg L⁻¹ selenium, whereas, this treatment had less effect on other traits. The highest amount of berry weight was obtained in 1 mg L⁻¹ of selenium. However, none of the selenium treatments had significant effect on the juice acidity (pH). In general, the results showed a positive effect of selenium on improvement of antioxidant

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student, Assistant Professor, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: razavi.farhang@znu.ac.ir)

5- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

properties, quality and enrichment of grape, and 2 mg L⁻¹ selenium with the highest effect on traits was identified as the best treatment. According to other researchers, foliar application of selenium in "Starking Delicious" apple cultivar was effective in enhancement of fruit selenium content and nutritional properties, postponing the flesh firmness decrease, and delaying fruit ripening resulting from less ethylene production, therefore significantly affecting apple fruit quality and storage life.

Keywords: Antioxidant capacity, Chlorophyll, Selenate, Total phenol, Vitamin C



مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر دو نوع زغال زیستی پوشال برنج و کلش گندم بر برخی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی

علی رضا لادن مقدم*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۸

چکیده

زغال‌های زیستی شکلی از مواد هستند که در شرایط خاص سوزانده شده و به عنوان مواد آلی به خاک اضافه می‌شوند و سبب افزایش مواد آلی خاک و کاهش مخاطرات زیست محیطی می‌شوند. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر دو نوع زغال زیستی حاصل از کلش گندم و برنج بر برخی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی رقم کردستان است. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان گلستان به اجرا در آمده است. تیمارهای این مطالعه شامل سطوح ۱/۵ و ۳ درصد دو نوع پسماند کاه و کلش گندم و برنج به همراه سه سطح کود شیمیایی نیتروژن و فسفات به صورت محلول شامل صفر، ۵۰ و ۷۰ درصد نیاز طبیعی گیاه می‌باشد. در این پژوهش عملکرد، وزن تر گیاه، تعداد میوه با روش‌های معمول اندازه‌گیری شد. مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن در دو بخش میوه و اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد میوه در تیمار ۷۰ درصد نیاز کودی و سه درصد زغال زیستی کاه و کلش گندم (۸۳/۳ گرم در بوته) به دست آمده است. در تیمار ۷۰ درصد نیاز کودی در صورت استفاده از زغال زیستی کاه و کلش گندم و برنج به ترتیب میزان نیتروژن میوه ۰/۷ و ۰/۵ گرم در صد گرم ماده خشک افزایش یافت. مطابق نتایج این آزمایش استفاده از هر دو نوع زغال زیستی اثرات بسیار مفیدی بر روی گیاه توت‌فرنگی دارد و زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش گندم نسبت به برنج دارای اثرات بهتری بر روی کیفیت و کمیت توت‌فرنگی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آتشکافت، آهن، عملکرد، نیتروژن، رقم کردستان

مقدمه

آهن و...، منبع کربن آلی و انرژی برای ریزجانداران خاک، مقابله با تغییرات سریع pH، پایداری و نگهداری ذرات خاک به صورت خاکدانه، افزایش سرعت نفوذ آب در خاک، کاهش رواناب و کاهش خطر فرسایش خاک می‌شود (۲۳). افزایش کود علاوه بر تامین عناصر غذایی و افزایش محصول موجب تغییر کیفیت گیاه هم می‌شود. با توجه به قیمت بالای کودهای شیمیایی استفاده از یک ماده جایگزین با کارایی بالا و هزینه پایین باید مد نظر قرار گیرد. یکی از مواد جایگزین پیشنهادی زغال زیستی می‌باشد.

زغال زیستی محصول تجزیه شیمیایی و گرمایی مواد شیمیایی در حضور اکسیژن بسیار کم است (۳۴). از بقایای گیاهی و کشاورزی که همگی ظرفیت کربن بالایی دارند مانند چوب، سبوس جو، پوست فندق، کاه و کلش برنج و غیره می‌توان برای ساخت زغال زیستی استفاده کرد (۶۱). پسماندهای کشاورزی و باقیمانده گیاهان مواد مناسبی برای تولید این زغال‌ها به حساب می‌آیند (۶۹). متأسفانه اکثر این بقایا سوزانده شده باعث آلودگی هوا و محیط زیست می‌گردند. مدیریت بقایای گیاهی با استفاده از یک روش دوست‌دار محیط زیست مانند پیرولیز و تبدیل آنها به زغال زیستی قابل کاربرد در محیط‌زیست و بخش کشاورزی امکان‌پذیر است (۵۴). زغال زیستی از آتشکافت

امروزه اطمینان از تولید مداوم و پایدار فراورده‌های غذایی سالم همراه با حفظ محیط زیست و توجه به مناسبات اجتماعی و اقتصادی موضوع قابل توجهی در علوم مختلف مانند کشاورزی، اکولوژی و محیط زیست بوده و مورد توجه روز افزون کشاورزان، پژوهشگران، دولتمردان و سیاست‌گزاران قرار گرفته است (۴۹). مواد آلی خاک کلیدی‌ترین عامل در باروری و کیفیت خاک، حفاظت خاک، تصفیه آلاینده‌ها و نیز انتقال و ذخیره آب و املاح در خاک می‌باشد. مواد آلی به عنوان سیستم ایمنی خاک محسوب می‌شوند و نقطه‌ای امیدوار برای اصلاح تغییرات اقلیمی و کاهش گازهای گلخانه‌ای در جو زمین می‌باشند (۲۶). مواد آلی به سبب پیامدهای مثبتی که بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارند به عنوان رکن اساسی در باروری خاک شناخته شده‌اند. به طور خلاصه افزایش ماده آلی در خاک سبب تأمین عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد،

۱- گروه باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار

(*)- نویسنده مسئول: (Email:LMAR13201396@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.79937

زیست توده‌های مختلف تحت شرایط بی‌هوازی (یا شرایط کم اکسیژن) تولید می‌شوند (۶۶ و ۳۶). پیرولیز یک روش مهم در به دست آوردن انرژی از زیست توده محسوب می‌شود و می‌تواند برای کشورهای در حال توسعه مثل ایران دارای اهمیت فراوانی باشد. از خصوصیات زغال زیستی می‌توان به سطح ویژه بالا، ساختار میکرو منافذی و گروه‌های عاملی فعال اشاره کرد (۱۰). استفاده از زغال زیستی و کربن فعال، یک راهبرد مهم برای افزایش مواد آلی خاک و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی محسوب می‌شود (۳۳). زیرا این فرآیند محصولات با کیفیت‌تری را نسبت به هر فرآیند حرارتی دیگر تولید می‌کند. هر چند این فرآیند هنوز در مرحله توسعه می‌باشد، می‌تواند برای تبدیل مستقیم زیست توده به ترکیبات جامد، مایع و گازی تحت تجزیه بر اثر حرارت در محیط عاری از اکسیژن قرار گیرد (۱۹).

زغال زیستی علاوه بر اینکه با حفظ کربن در خاک از تغییرات اقلیمی جلوگیری می‌کند، با افزایش عناصر غذایی خاک باعث بهبود حاصلخیزی خاک می‌شود (۵۶ و ۶۴). این تأثیر هم به صورت مستقیم و هم غیرمستقیم در خاک اتفاق می‌افتد. پژوهشگران متعددی دریافتند که در جریان فرآیند تولید زغال زیستی درصد زیادی از عناصر از جمله P, K, Mg, Ca و عناصر کم مصرف و همچنین حدود نیمی از N و S موجود در زیست توده در ساختار زغال زیستی باقی خواهد ماند (۳۲). طبق گزارش‌های منتشر شده، افزودن زغال زیستی به خاک باعث افزایش فسفر در دسترس برای رشد گیاه می‌شود (۱۳ و ۳۵). علاوه بر این زغال زیستی با افزایش قدرت یونی و غلظت کلسیم در محلول خاک می‌تواند باعث افزایش جذب فسفر شود (۴۸). سطح ویژه بالای زغال زیستی فضای لازم برای شکل گیری تجمع کاتیون‌ها و آنیون‌ها و همین‌طور پیوند آنها با عناصر و فلزات خاک را فراهم می‌کند و ظرفیت حفظ مواد غذایی خاک را بهبود می‌بخشد (۵). به طور کلی افزایش در مقدار اکسیدهای آهن و آلومینیوم محلول و یا افزایش در مقدار کلسیم خاک منجر به جذب بیشتر فسفر قابل دسترس برای گیاه می‌شود. جیانگ و همکاران (۲۷) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی به دست آمده از کاه برنج به میزان سه درصد باعث بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده و در نتیجه میزان جذب کاتیون‌ها مانند آهن در آن افزایش خواهد یافت. استینر و همکاران (۵۷) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی به دست آمده از کود مرغی سبب بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی مهمی مانند پتاسیم و فسفر می‌گردد. فلت و همکاران (۱۶) و نامگای و همکاران (۴۹) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی سبب افزایش جذب عناصر میکرو می‌گردد. ویلیام و کورش (۶۳) به منظور استفاده از زغال زیستی به جای کودهای معدنی، اثر زغال زیستی کود اسب و علف خشک را روی برخی سبزیجات محلی مانند بامیه، لوبیا، گشنیز و نعنا در سه محیط باز و بسته و محیط گلخانه‌ای در سه تکرار بررسی

کردند و با اندازه‌گیری متغیرهایی مانند: pH، ظرفیت نگه‌داری آب، مقدار آمونیاک، نیترات، کلروفیل برگ، دما، رطوبت، تعداد و طول برگ و ارتفاع بوته به این نتیجه رسیدند که استفاده از زغال زیستی تأثیرات مثبتی روی رشد گیاه دارد بنابراین می‌توان از آن به عنوان کود استفاده کرد. فلاح و توله کلاهی (۱۵) اثر دو نوع زغال زیستی را بر غلظت بعضی از عناصر غذایی در گیاه برنج بررسی کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که بالاترین میزان نیتروژن برگ (۴/۰۵ درصد) در تیمار ۶ گرم زغال زیستی کاه و کلش + ۳۰ گرم پوسال در کیلوگرم خاک و کم‌ترین میزان نیتروژن برگ در تیمار شاهد مشاهده کردند میزان فسفر برگ در تیمار ۶ گرم زغال زیستی تفاله نیشکر + ۳۰ گرم پوسال در کیلوگرم خاک نسبت به تیمار شاهد بیش تر از دو برابر افزایش داشت.

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananasa*) یک گیاه چند ساله، علفی با دوره رشدی کوتاه است که قادر به تکثیر رویشی از طریق تولید ساقه رونده است (۱۱). در حال حاضر توت‌فرنگی توسط میلیون‌ها نفر از مردم دنیا در هر نوع شرایط آب و هوایی اعم از معتدله، نیمه‌گرمسیری، گرمسیری، مدیترانه‌ای و غیره کشت می‌شود. طی ۵۰ سال اخیر از ژرم پلاسماهای موجود، ارقام جدید و متنوعی معرفی شده است که به انواع خاک‌ها و شرایط محیطی سازگاری دارند (۳). در سال ۲۰۰۸ کل تولید توت‌فرنگی دنیا ۴۰۷۷۹۱۰ تن بوده است. طبق آمار فائو در سال ۲۰۰۸ بیش از ۲۰ کشور تولید کننده‌ی توت‌فرنگی در قاره‌های اروپا، آسیا، آفریقا و آمریکای شمالی و جنوبی قرار دارند. در ایران هم توت‌فرنگی به صورت خودرو و هم ارقام با ارزش اقتصادی کشت و کار می‌گردد. در سال ۱۳۸۲ سطح زیر کشت ایران برابر با ۳۷۴۵ هکتار بوده که میزان تولید آن بالغ بر ۳۰۳۴۱ تن و عملکرد آن نیز ۹۸۴۱ کیلوگرم در هکتار بوده است. میری و همکاران (۴۴) نشان دادند که افزایش نیترات پتاسیم به توت‌فرنگی باعث افزایش عملکرد و صفات کمی و کیفی گیاه توت‌فرنگی می‌شود. با توجه به اهمیت مسایل زیست محیطی و تغذیه گیاهان در این پژوهش به بررسی اثر دو نوع زغال زیستی کاه و کلش گندم و برنج بر برخی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش اثر دو نوع زغال زیستی کاه و کلش گندم و کاه و کلش برنج و محلول‌های غذایی بر روی شاخص‌های رشد و کیفیت توت‌فرنگی رقم کردستان استفاده شده است. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان گلستان انجام شد. در هر بلوک ۱۵ گلدان و در کل تعداد ۴۵ نشاء در گلدان‌ها کاشته شد. برای تهیه زغال زیستی کاه و کلش گندم (W) و برنج (R) را جداگانه در ظرف

نشاء توت‌فرنگی از خزانه تکثیر توت‌فرنگی واقع در شهرستان کرج خریداری گردید و به استان گلستان انتقال داد شد و کشت در همان زمان صورت گرفت. همچنین عامل کود شیمیایی (محلول غذایی کوئیک) در سه سطح (بدون مصرف کود شیمیایی، ۵۰ درصد میزان توصیه شده و میزان ۷۰ درصد توصیه شده) به همراه آب آبیاری اضافه شد. محلول غذایی کوئیک در مرحله اول برای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف ۱۰۰۰ برابر غلیظ‌تر از نیاز گیاه مطابق با جدول ۲ تهیه شدند.

مخصوص که برای این کار ساخته شده است در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲-۲/۵ ساعت قرار گرفت. بعد از آماده شدن زغال‌های زیستی و هوا خشک کردن خاک (ذرات کوچکتر از ۱۰ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت) به همراه تیمارهای ۱/۵ و ۳ درصد از هر زغال زیستی به گلدان‌های پنج کیلویی ریخته شد. در جدول ۱ ویژگی‌های زغال‌های زیستی مورد مطالعه نمایش داده شده است. دو ماه به تیمارهای اعمال شده زمان داده شده تا ارتباط خود را با خاک تثبیت کنند، سپس در اوایل آذر ماه سال ۱۳۹۶

جدول ۱- ویژگی‌های زغال‌های زیستی مورد مطالعه در این آزمایش

Table 1- The properties of studied biochars in this experiment

نوع زغال زیستی Type of biochar	P (g/kg)	K (g/kg)	N (g/kg)	EC (dS/m)	pH
زغال زیستی کل گندم Biochar of straw wheat	0.02	5.5	4.3	1.74	7.10
زغال زیستی پوشال برنج Biochar of straw rice	0.02	5.2	3.7	1.53	7.65

جدول ۲- فرمول محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش (بر حسب میلی اکی‌والان گرم در لیتر)

Table 2- Formulation of nutrient solution in this experiment (meq L⁻¹)

عنصر Element	حجم محلول پایه در لیتر محلول نهایی Volume of base solution per liter of final solution	غلظت محلول پایه Base solution concentration
عناصر پر مصرف Macronutrient		
KNO ₃	6	101.10
Ca(NO ₃).4H ₂ O	4	236.16
NH ₄ H ₂ PO ₄	2	115.08
MgSO ₄ .7H ₂	1	246.48
عناصر کم مصرف Micronutrient		
KCl	2	1.864
H ₃ BO ₃	2	0.773
MnSO ₄ .H ₂ O	2	0.169
ZnSO ₄ .7H ₂ O	2	0.288
CuSO ₄ .5H ₂ O	2	0.062
H ₂ MoO ₄ (%85 MoO ₃)	2	0.040
C ₁₀ H ₁₂ FeN ₂ NaO ₈	0.1-0.3	30.00

فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون توکی صورت گرفت. به‌منظور نرمال سازی داده‌های عملکرد میوه و وزن خشک میوه از داده‌ها ریشه دوم گرفته شد. کلیه تجزیه‌های آماری و محاسبات با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و رسم نمودارها نیز توسط نرم افزار Excel 2013 صورت گرفت.

نتایج و بحث

در جدول ۳ نتایج تجزیه و تحلیل واریانس تیمارهای مورد مطالعه

مقدار نیتروژن گیاه به روش کجلدال، میزان فسفر و پتاسیم گیاه به روش خاکستر خشک و با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه گیری شد (۶۲). برای اندازه‌گیری آهن در گیاه نیز یک گرم پودر گیاهی آهن را به نسبت یک به یک با اسید سولفوریک غلیظ حل کرده و با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده. سپس از محلول مادر استانداردهای ساخته شد. سپس مقدار عنصر آهن عصاره‌های گیاه و میوه پس از کالبره کردن دستگاه جذب اتمی مدل مدل واریان ۲۲۰ با استانداردها قرائت شدند (۳۷). همچنین ویژگی‌های مورفولوژیکی مانند وزن تر بخش هوایی، عملکرد و تعداد میوه اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات ابتدا تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس آزمایش

بر روی برخی ویژگی‌های گیاه و مقدار عناصر در اندام‌های مختلف آن
نمایش داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود اثر متقابل
محلول غذایی و زغال‌زیستی بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌داری
بوده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر زغال‌زیستی و محلول غذایی بر برخی ویژگی‌های گیاه توت‌فرنگی

Table 3- ANOVA for the effect of biochar and nutrient solution on some characteristics of strawberry

		میانگین مربعات						
S.O.V	df	Mean of squares				تعداد میوه Number of fruit	عملکرد میوه Yield	وزن تر بخش هوایی Airborne fresh weight
		N		K				
		میوه Fruit	اندام هوایی Shoot	میوه Fruit	اندام هوایی Shoot			
زغال زیستی Biochr	2	0.66**	0.71**	1.10*	2.68**	2.60 ^{ns}	46.10 ^{ns}	644.22 ^{ns}
محلول غذایی Solution	4	1.86**	0.33 ^{ns}	0.31 ^{ns}	6.86**	149.72**	149.12**	3379**
اثر متقابل B×S	2	0.74**	1.03**	2.40**	11.82**	1080**	306.22**	31937**
بلوک Bolck	8	0.06 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.27 ^{ns}	22.56**	84.16*	679*
خطا Error	28	0.13	0.11	0.38	0.25	1.24	68.08	311.22
ضریب تغییرات CV (%)	–	13.94	8.80	6.95	7.31	6.79	6.24	11.84

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ^{ns} عدم معنی‌داری.

*: Significant at 5% level, **: Significant at 1% level, ^{ns}: Non-significant.

ادامه جدول ۳

Continue to Table 3

S.O.V	df	MS			
		Fe		P	
		میوه Fruit	اندام هوایی Shoot	میوه Fruit	اندام هوایی Shoot
زغال زیستی Biochr	2	0.0018**	0.060**	0.0051**	0.0015**
محلول غذایی Solution	4	0.0026**	0.056**	0.0015 ^{ns}	0.0011**
اثر متقابل B×S	2	0.0026**	0.087**	0.0049**	0.003**
بلوک Bolck	8	0.0000 ^{ns}	0.0017 ^{ns}	0.00022 ^{ns}	0.0012**
خطا Error	28	0.003	0.0015	0.00076	0.0001
(%) CV	-	۱۵/۳	۱۳/۶۸	۱۲/۲۲	۸/۳۳

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ^{ns} عدم معنی‌داری.

*: Significant at 5% level, **: Significant at 1% level, ^{ns}: Non-significant.

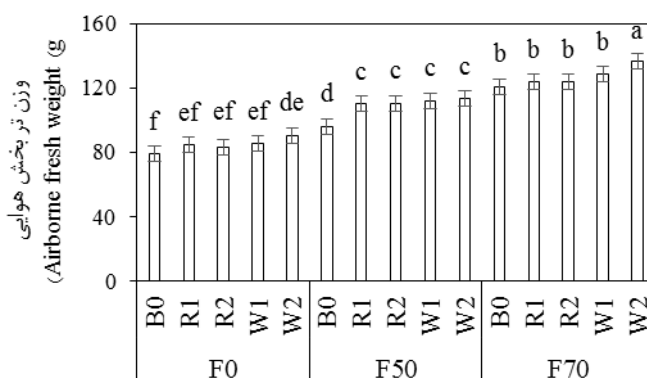
وزن تر بخش هوایی

در شکل ۱ مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر وزن تر بخش هوایی توت فرنگی مشاهده می‌شود. همانطور که در شکل مشخص است بیشترین وزن تر مربوط به

ترکیب تیماری F70W2 با وزن ۱۳۶/۶ گرم اندازه‌گیری شد و کمترین وزن نیز مربوط به ترکیب تیماری F0B0 با وزن ۷۸ گرم اندازه‌گیری شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داده است که در تیمار F70 بین سطوح ۱/۵، ۳ درصد زغال زیستی برنج و ۱/۵ درصد زغال

غلظت محلول غذایی نیز وزن تر بخش هوایی افزایش معنی‌داری نشان داده است. حاجی‌زاده و همکاران (۲۲) که استفاده از زغال زیستی سبب تغییر معنی‌داری در خصوصیات گیاه شناسی و جذب عناصر در گیاه آفتابگردان شده است. در همین راستا بوس و تریپاتی (۸) بیان کردند که افزایش جذب عناصر مانند منگنز سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش زیست‌توده گوجه فرنگی خواهد شد.

زیستی گندم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین نتایج نشان داده است که با افزایش زغال زیستی وزن تر بخش هوایی افزایش معنی‌داری یافته است. اما به طور کلی با مقایسه بین دو نوع زغال زیستی مشاهده می‌گردد که زغال زیستی حاصل از کاه و کلش گندم نسبت به زغال زیستی حاصل از بقایای برنج اثر بیشتری بر افزایش وزن تر بخش هوایی داشته است. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر وزن تر بخش هوایی توت‌فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، F50، پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70، هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

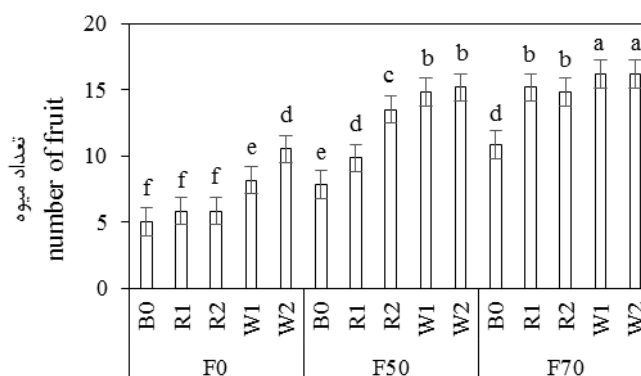
Figure 1- Comparison mean of the effects of various biochar and nutrient solutions on shoot fresh weight of strawberry (F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, $p \leq 0.05$)

عملکرد میوه

نتایج تجزیه واریانس در این تحقیق نشان داد که عملکرد محصول در فاکتور زغال زیستی و همچنین کود شیمیایی در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد (جدول ۱). اثر متقابل این دو فاکتور نیز در ترکیب‌های تیماری در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است. بالاترین میزان عملکرد در تیمارهای F70W2 با ۸۳/۳ گرم و F70W1 با ۸۲/۵ گرم به دست آمده است. کم‌ترین میزان عملکرد در ترکیب تیماری F0B0 با وزن ۱۹/۵ گرم مشاهده شد (شکل ۳). به طور کلی با بررسی روند تغییرات عملکرد تحت تاثیر تیمارهای مختلف مشاهده می‌گردد که با افزایش میزان زغال زیستی عملکرد نیز افزایش یافته است. همچنین با افزایش میزان محلول غذایی نیز عملکرد افزایش پیدا کرده است. یکی از علل افزایش عملکرد با کاربرد نیتروژن، توسعه مناسب اندام‌های هوایی طی دوره رشد، استفاده مفید از نور خورشید و افزایش مواد فتوسنتزی در گیاه می‌باشد. با افزایش سطح برگ تا حد مطلوب میزان عملکرد بالا می‌رود. در حالی که افزایش زیاد تعداد و سطح برگ‌ها با مصرف زیاد نیتروژن باعث سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر شده و کاهش فتوسنتز، عامل محدودکننده تولید است (۲۹).

تعداد میوه

نتایج تجزیه واریانس در این پژوهش نشان داد که تعداد میوه در فاکتور زغال زیستی و همچنین کود شیمیایی در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. همچنین اثر متقابل این دو فاکتور نیز در ترکیب‌های تیماری در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است. مطابق شکل ۲ افزایش مصرف کود شیمیایی و استفاده توأم آن با زغال زیستی به طور معنی‌داری تعداد میوه را افزایش داده است. بیشترین تعداد میوه به ترتیب در ترکیب‌های تیماری F70W2 و F70W1 معادل ۱۶ عدد میوه، و کم‌ترین تعداد میوه نیز در ترکیب تیماری F0B0 با ۵ عدد و F0R1 و F0R2 با تعداد ۶ میوه مشاهده شد. در مورد تعداد میوه نیز مشاهده می‌گردد زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش گندم بهتر از زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش برنج است. حسین و همکاران (۲۴) بیشترین تعداد میوه گوجه فرنگی را بین تیمارهای شاهد، (زغال زیستی و خاک)، (زغال زیستی و خاک و کود) و (خاک و کود شیمیایی) در مخلوط تیماری زغال زیستی و خاک و کود گزارش کردند و علت آن را فراهمی عناصر مغذی فسفر، نیتروژن و هدایت الکتریکی خاک توسط زغال زیستی گزارش کردند.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر تعداد میوه توت‌فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، F50، پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70، هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوшал برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 2- Comparison mean of the effect of various treatments of biochar and nutrient solution on number fruits of strawberry

(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank) (Tukey, $p \leq 0.05$)

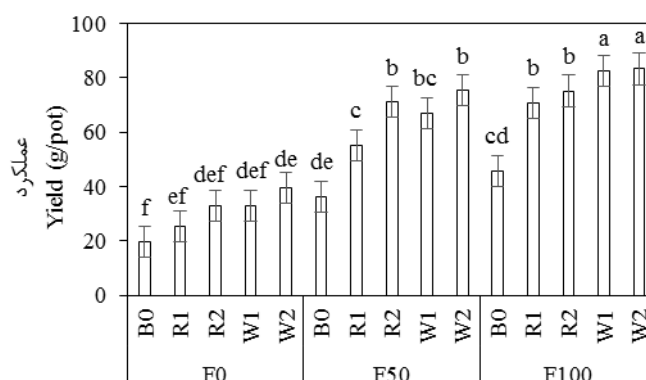
همکاران (۶۷) دلیل بهبود عملکرد گوجه فرنگی را با مصرف زغال زیستی افزایش حاصلخیزی خاک و تاثیر زغال زیستی در نگه داشتن آب در خاک نسبت دادند. آلبوراکریو (۲) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی به همراه محلول هوگلند سبب افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی عملکرد گندم شده است. بسیاری از پژوهشگران بیان کردند که افزایش عملکرد محصولات کشاورزی تحت تأثیر اضافه شدن زغال زیستی تابعی از کیفیت و کمیت زغال زیستی است (۱۲).

نیتروژن

در شکل ۴ مقایسه میانگین اثر زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان نیتروژن در دو بخش میوه و اندام هوایی مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج بیشترین مقدار نیتروژن در میوه مربوط به تیمارهای F70W1 و F70W2 به ترتیب با مقدار ۳/۵۰، ۳/۴۸ درصد است (شکل ۴-الف). در مورد نیتروژن میوه نتایج نشان داده است که به طور نسبتاً جزئی نتایج زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش گندم نسبت به زغال به دست آمده از کاه و کلش برنج بیشتر بوده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داده است بین تیمارهای مختلف زغال زیستی در دو حالت کودی صفر و ۵۰ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. کینکر و همکاران (۳۰) بیان کرد که نیتروژن در زغال زیستی ممکن است به صورت سریع در اختیار گیاه قرار نگیرد و نیاز به مدت زمان برای این کار باشد. چان و همکاران (۹) مشاهده کردند با افزایش مقدار زغال زیستی جذب نیتروژن از خاک توسط گیاه افزایش می‌یابد.

پتاسیم در کنار عناصر کیفی دیگر مانند نیتروژن و کلسیم مهمترین نقش را در کیفیت محصولات ایفا می‌کند (۲۰). در مطالعه انجام شده توسط یآوری و همکاران (۶۷) افزایش سطوح پتاسیم در گیاه همواره باعث افزایش وزن و عملکرد میوه توت فرنگی و کیفیت آن شد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. گنج‌هی و گلچین (۱۸) نیز نتیجه مشابهی در رابطه با تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد گیاه توت فرنگی ارائه نمودند. مشایخی و تاتاری (۴۲) بیشترین مقدار عملکرد توت فرنگی را معادل ۷۹/۲ گرم در بوته حاصل از مصرف فقط کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دست آوردند.

طبق نتایج شکل ۳ ترکیب شدن زغال زیستی با کود شیمیایی تأثیرات مثبتی روی عملکرد محصول گذاشته است. علت بهبود عملکرد ناشی از مصرف زغال زیستی را می‌توان به بهبود شرایط اسیدیته خاک، کاهش آبشویی عناصر، بهبود وضعیت میکروارگانیزم ها و جذب و آزادی سازی عناصر در خاک نسبت داد (۵۳). وقتی که زغال زیستی با خاک مخلوط می‌شود نقش مهمی را در ماهیت فیزیکی سیستم؛ از جمله عمق موثر، بافت، ساختمان، تخلخل، جرم مخصوص سطح خاک، توزیع اندازه ذرات و منافذ ایفا می‌کند. زغال زیستی ممکن است تأثیر مستقیم بر رشد گیاه به دلیل افزایش عمق موثر و در دسترس قرار دادن آب و هوا در منطقه ریشه داشته باشد (۱۴) به کار بردن ۱ تا ۲ درصد زغال زیستی در خاک تأثیر معنی‌داری بر بهبود کیفیت فیزیکی خاک از جمله چگالی خاک (BD) و ظرفیت نگهداری آب خاک (WHC) دارد (۴۷). بنابراین با توجه به بهبود وضعیت فیزیکی خاک انتظار بهبود عملکرد گیاه نیز می‌رود. واساری و



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان عملکرد توت‌فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، F50، پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70، هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 3- Comparison mean of the effect of various treatments of biochar and nutrient solution on yield of strawberry (F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, $p \leq 0.05$)

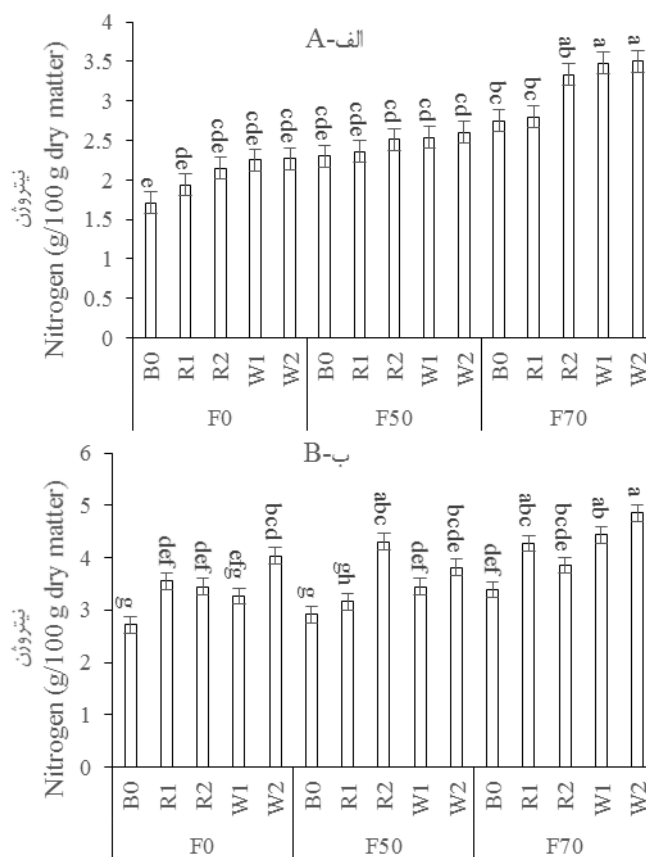
بیشترین مقدار پتاسیم اندام هوایی (شکل ۵-ب) مربوط به تیمار F70W2 معادل ۰/۷۵۶ گرم در صد گرم میوه خشک بوده است. همانند بخش هوایی در میوه نیز بیشترین مقدار پتاسیم در تیمار F70W2 برابر با ۰/۸۶۷ گرم در صد گرم میوه خشک است. کمترین مقدار این عنصر (۰/۵۲۰ گرم در صد گرم میوه خشک) در تیمار شاهد به دست آمده است. به طور کلی نتایج نشان داده است که استفاده از زغال زیستی باعث افزایش میزان پتاسیم در میوه و اندام هوایی گیاه شده است. مقدار پتاسیم در میوه و بخش هوایی گیاه کمی بیش از نیاز وجود داشت البته باید در نظر داشت که پتاسیم می‌تواند به مقدار بیش از حد مورد نیاز حتی تا چندین برابر، بدون اینکه به گیاه صدمه‌ای وارد سازد جذب آن گردد. که به این پدیده جذب لوکس می‌گویند. پس می‌توان گفت که درصد پتاسیم موجود در برگ گیاه به معنی نیاز آن گیاه به این مقدار از این عنصر نمی‌باشد. بسیاری از فاکتورهای تولیدی و کیفی در توت‌فرنگی متأثر از میزان پتاسیم گیاه و بخصوص میوه است به گونه‌ای که اندازه، رنگ و اسیدیته میوه ارتباط مثبتی با میزان پتاسیم دارد (۷). از آنجایی که زغال زیستی می‌تواند منبع مناسبی برای عنصر پتاسیم باشد و نتایج آزمایش نیز این را تایید می‌کند می‌توان مصرف کود پتاسه را که برای گیاهان ضروری می‌باشد را کاهش داد (۱۷ و ۳۲). در پژوهشی چان و همکاران (۹) بیان کردند که با کاربرد زغال زیستی غلظت پتاسیم گیاه افزایش یافته است و بیشترین عملکرد مربوط به سطح ۵۰ تن در هکتار و بدون مصرف کود نیتروژنی بوده است. علت این افزایش غلظت بالای پتاسیم قابل دسترس موجود در زغال زیستی گزارش کردند.

موخری و زیمرمن (۴۶) تاثیر فوق‌العاده زغال زیستی بر چرخه عناصر و جلوگیری از هدر روی کربن، نیتروژن و فسفر در خاک را نشان دادند و بیان کردند که زغال زیستی دارای دامنه‌ای از شکل‌های عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های متفاوتی آزاد شده و تاثیرات متفاوتی را بر حاصلخیزی دارند. مناریکیو (۴۰) بیان کرد که در تغذیه گوجه فرنگی اضافه کردن نیتروژن بسیار حائز اهمیت است اما نیابستی از مقدار مورد نیاز گیاه بیشتر باشد چراکه باعث افزایش رشد رویشی و تاخیر در گلدهی خواهد شد.

بیشترین مقدار نیتروژن در اندام‌های هوایی مربوط به تیمار F70W2 برابر با ۴/۸۵ درصد بدست آمده است (شکل ۴-ب). همچنین کمترین مقدار نیتروژن در اندام هوایی نیز در تیمار شاهد F0B0 با مقدار ۲/۷۱ درصد بدست آمده است. نتایج نشان داده است که مقدار نیتروژن در اندام هوایی همانند نیتروژن میوه تحت تیمار زغال زیستی حاصل از کاه و کلش گندم نسبت به زغال زیستی بدست آمده از کاه و کلش برنج بیشتر بوده است. علت این موضوع بیشتر بودن مقدار نیتروژن در زغال زیستی حاصل از کلش گندم است (جدول ۱). تانگ و همکاران (۵۹) بیان کردند که باتوجه به ترکیبات متفاوت بقایای گیاهی، زغال زیستی تولید شده از آنها نیز می‌تواند ویژگی‌های متفاوتی داشته باشد. این ویژگی‌ها متفاوت ممکن است اثرات مختلفی بر جذب و هدر رفت عناصر در خاک داشته باشند.

پتاسیم

نتایج نشان داده است که اختلاف پتاسیم در تیمارهای مختلف در اندام هوایی نسبت به بخش میوه (شکل ۵-الف) کمتر بوده است و



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان درصد نیتروژن (الف) میوه و (ب) در اندام هوایی توت فرنگی

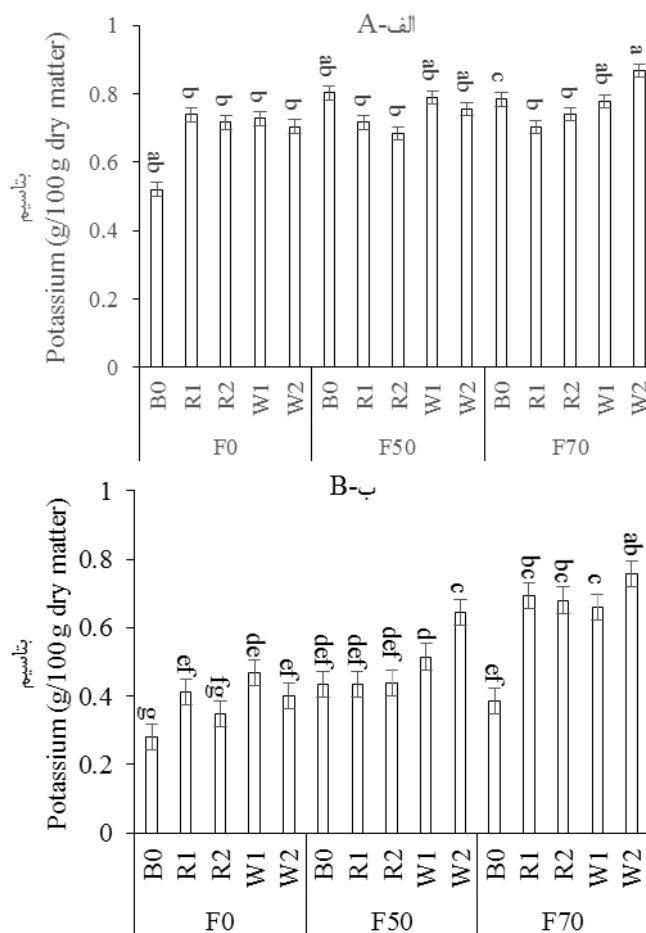
(F0 بدون محلول غذایی، F50 پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70 هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 4- Comparison mean of the effect of various treatments of biochar and nutrient solution on the percentage of nitrogen in a) fruit and b) shoot of strawberry

(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, $p \leq 0.05$)

دهنده فعالیت زیاد این عنصر در متابولیسم و رشد سلول‌ها می‌باشد. همچنین به نقش پتاسیم به عنوان یکی از بزرگترین اجزای تغذیه‌ای گیاه در حاصلخیزی خاک اشاره کردند. نقش کلیدی پتاسیم به عنوان تنظیم کننده اسمزی در آماس سلول و به ویژه در روزنه‌ها شناخته شده است (۴۳). تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها و همچنین حفظ تعادل آب از فاکتورهای بسیار مهم در کنترل شدت فتوسنتز در گیاهان تحت محیط‌های دارای تنش می‌باشند (۴) که به واسطه پتاسیم به عنوان یک ماده اسمزی مهم در واکوئل کنترل شده و مقدار آب بافت‌ها را در محیط‌های دارای تنش در حد مطلوب نگه می‌دارد (۴۱).

هافل و همکاران (۲۱) بیان کردند که افزایش زغال زیستی سبب افزایش قابلیت استفاده از پتاسیم خاک می‌گردد. رومهلد و همکاران (۵۲) پژوهش درباره پتاسیم در کشاورزی را ضروری دانستند. مناطق زیادی از زمین‌های کشاورزی جهان با کمبود پتاسیم مواجه هستند. بیش از نیمی از وزن خشک محصولات را شاخساره آنها تشکیل می‌دهد که به مصارف گوناگون می‌رسد. این بدین مفهوم است که مقدار زیادی از مواد غذایی از خاک برداشت می‌شود. برخی از عناصر مانند نیتروژن و فسفر در حدی که از خاک برداشت می‌شوند جایگزین می‌شوند. اما تنها ۳۵ درصد از پتاسیم برداشت شده از خاک، جایگزین می‌شود. از طرفی، بیشترین غلظت پتاسیم در بافت‌های جوان توسعه یافته و اندام‌های زایشی وجود دارد که نشان



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان پتاسیم در (الف) میوه و (ب) اندام هوایی توت‌فرنگی (F0، بدون محلول غذایی، F50، پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70، هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 5- Comparison mean of the effect of various treatments of biochar and nutrient solution on potassium content in a) fruit and b) shoot of strawberry (F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, $p \leq 0.05$)

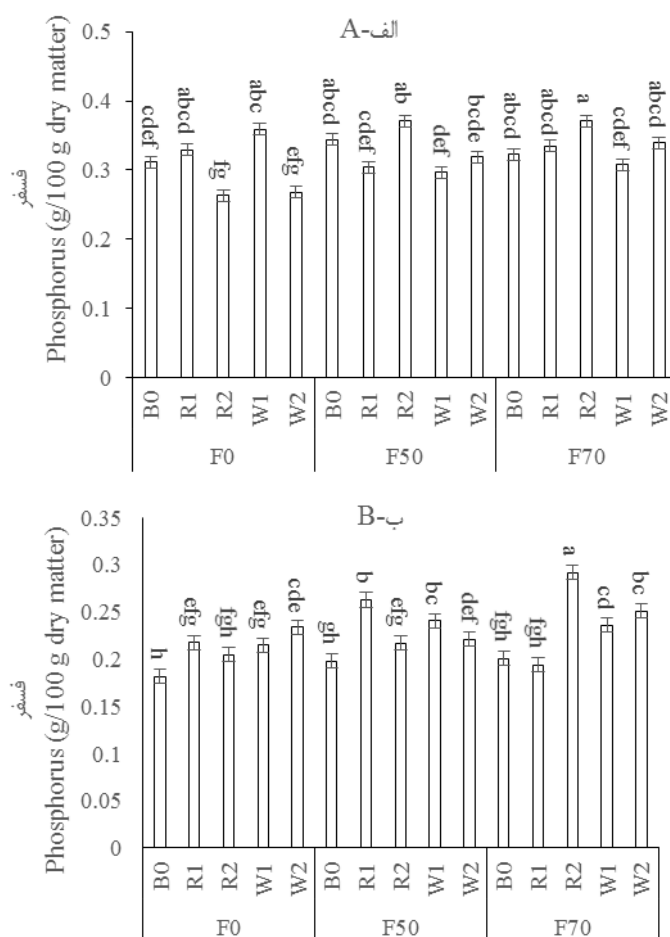
فسفر

غلظت کلسیم در محلول خاک می‌تواند باعث افزایش جذب فسفر شود (۴۸). به طور کلی افزایش در مقدار اکسیدهای آهن و آلومینیوم محلول و یا افزایش در مقدار کلسیم خاک منجر به جذب بیشتر فسفر قابل دسترس برای گیاه می‌شود. ژینو و همکاران (۶۵) تأثیر زغال زیستی در این ساز و کار را مورد پژوهش قرار دادند. موخری و همکاران (۴۷) تأثیر فوق‌العاده زغال زیستی بر چرخه عناصر و جلوگیری از هدر روی فسفر در خاک را گزارش کردند و بیان کردند که زغال زیستی دارای دامنه‌ای از شکل‌های عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های متفاوتی آزاد شده و تأثیرات متفاوتی را بر حاصلخیزی خاک دارند. طبق نتایج این محققین شیرابه خروجی از خاک لومی تیمار شده با زغال زیستی ضایعات گردو دارای مقادیر بالاتر پتاسیم و سدیم و مقدار کمتر فسفر، کلسیم، منیزیم و روی نسبت به خاک

مقدار فسفر میوه در تیمارهای مربوط به زغال زیستی کاه و کلش برنج بیشتر بوده است به ترتیب در تیماری F70R2 (۰/۳۷ گرم در صد گرم ماده خشک) و F50R2 (۰/۳۷ گرم در صد گرم ماده خشک) به دست آمده است. مقایسه تغییرات فسفر میوه در این دو تیمار نشان داده است که افزایش محلول غذایی از ۵۰ به ۷۰ درصد کود شیمیایی همراه با زغال زیستی تأثیر معنی‌داری نداشته است و از نظر اقتصادی و آلودگی طبیعتاً مقدار کمتر کود توصیه می‌شود. به طور کلی نتایج نشان داده است که افزایش مقدار زغال زیستی از ۱/۵ به ۳ درصد سبب بهبود وضعیت فسفر در میوه و اندام هوایی شده است (شکل ۶-ب). افزودن زغال زیستی به خاک باعث افزایش فسفر در دسترس برای رشد گیاه می‌شود (۱۳). زغال زیستی با افزایش قدرت یونی و

و آلومینیوم (برای مثال گیسایت و گئوتایت) شبیه آنچه برای هومیک و فولویک اسید مشاهده شد برای جذب فسفر محلول رقابت کند. سوجانا و همکاران (۵۸) با کاربرد زغال زیستی کود مرغی، پوسته برنج در سطوح مختلف گزارش کردند که فسفر قابل جذب افزایش معنی داری پیدا کرده است. ژای و همکاران (۷۰) با بررسی اثر کاربرد سطوح مختلف زغال زیستی بقایای ذرت بر فراهمی فسفر در دو خاک اسیدی و قلیایی و به روش اولسن در چند زمان مشاهده کردند که با افزایش سطح کاربرد زغال زیستی، فسفر نیز افزایش یافته است اما اثر زمان بی تاثیر بوده است. همچنین مورالس و همکاران (۴۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

شاهد می‌باشد. بین عناصر روی و فسفر رابطه آنتاگونیسمی وجود دارد به این صورت که جذب یکی از عناصر جذب دیگری را کاهش خواهد داد. باربن و همکاران (۶) بیان کرد که کاربرد عنصر روی سبب کاهش میزان جذب فسفر در گیاه خواهد شد. نواکو همکاران (۵۱) بیان کردند که با افزایش مقدار زغال زیستی انتظار می‌رود که غلظت فسفر در گیاهان نیز افزایش یابد. اکا و نملی (۱) بیان کردند که استفاده از زغال زیستی سبب افزایش میزان آنزیم فسفاتاز قلیایی می‌شود و بنابراین میزان جذب فسفر ناشی از مصرف زغال زیستی توسط گیاه افزایش پیدا می‌کند. هانت و همکاران (۲۵) گزارش دادند این امکان وجود دارد که مکان‌های تبدیلی زغال زیستی با اکسیدهای آهن



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان فسفر الف) میوه و ب) اندام هوایی توت فرنگی

(F0 بدون محلول غذایی، F50 پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70 هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 6- Comparison mean of the effects of various biochar and nutrient solutions on the amount of phosphorus in A) fruit and B) shoot of strawberry

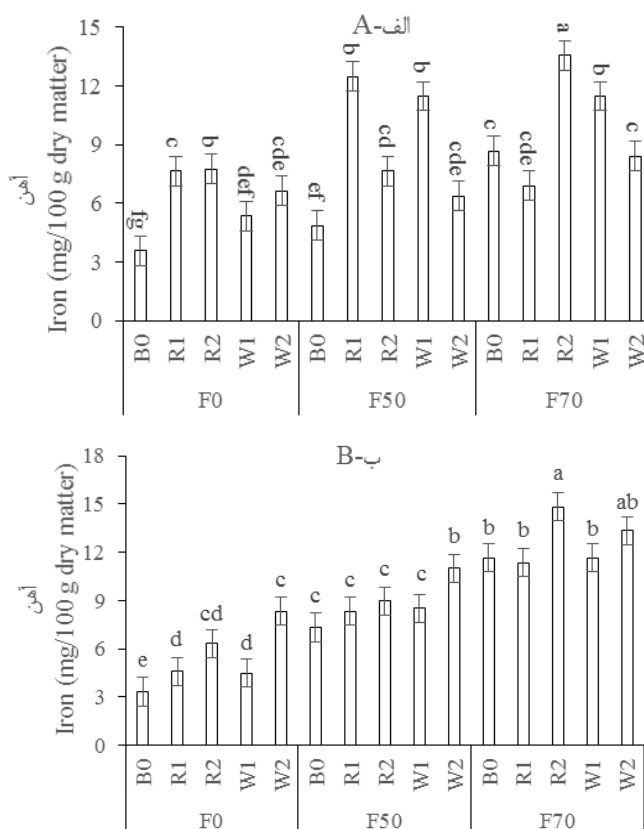
(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank).

(Tukey, $p \leq 0.05$)

آهن

خشک باشد (۲۸). عنصر آهن یکی از عناصر ضروری برای گیاه است و نقش اساسی در کلروپلاست دارد. بر اثر کمبود آهن فعالیت چندین سیستم آنزیمی و ترکیبات گیاهی مانند کاتالاز، سیتوکرم اکسیداز و فردوکسین به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. غلظت زیاد عناصری مثل فسفر، روی و مس روی جذب آهن تاثیر می‌گذارد (۳۱). زغال زیستی تنها یک اصلاح‌کننده در بین مواد آلی و یک افزایش‌دهنده عناصر غذایی از طریق بهبود حاصلخیزی خاک نیست (۳۴)، بلکه اساسا خاصیت موثرتری در ثبات بخشیدن به خاک و افزایش ظرفیت برای نگهداری مواد غذایی نسبت به گونه‌های دیگر مواد آلی دارد. این ویژگی زغال زیستی ریشه در خواص فیزیکی و شیمیایی خاص آن نظیر چگالی بالا دارد، که در نتیجه عناصر غذایی بیش‌تری را نگه می‌دارند (۳۵). ساختار شیمیایی خاص زغال زیستی نسبت به گونه‌های دیگر مواد آلی در مقابل پوسیدگی میکروبی مقاومت می‌کند (۱۰ و ۵۵).

در شکل ۷ مقایسه میانگین مقادیر آهن در دو بخش میوه (الف) و اندام هوایی (ب) نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار آن در میوه مربوط به تیمار F70R2 (۱۳/۵۵) میلی‌گرم در صد گرم ماده خشک) است و اختلاف بسیار زیادی با سایر تیمارهای مورد استفاده دارد. کمترین مقدار آهن نیز در تیمار شاهد (۳/۵۷) میلی‌گرم در صد گرم ماده خشک) مشاهده شده است. به طور کلی در بررسی اثر نوع زغال زیستی نیز با مقایسه تیمارهای زغال زیستی در سطوح یکسان محلول غذایی مشاهده می‌گردد که در تامین مقدار آهن در میوه و اندام هوایی زغال زیستی حاصل از پسماند برنج مناسب‌تر بوده است. در برخی از تیمارها همانند تیمار شاهد علایم کمبود آهن در گیاه ظاهر شده است در همین راستا گزارش شده که برای سالم ماندن گیاه توت‌فرنگی و نشان ندادن علائم کمبود آهن، غلظت آهن در برگ‌های آن باید بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف زغال زیستی و محلول غذایی بر میزان آهن (الف) میوه و (ب) اندام هوایی توت‌فرنگی (F0 بدون محلول غذایی، F50 پنجاه درصد کود مورد نیاز گیاه، F70 هفتاد درصد کود مورد نیاز گیاه، R1 و R2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از پوشال برنج به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، W1 و W2 به ترتیب زغال زیستی حاصل از کلش گندم به مقدار ۱/۵ و ۳ درصد، B0 بیانگر تیمار شاهد است).

Figure 7- Comparison mean of the effects of various biochar and nutrient solutions on the amount of iron in A) fruit and B) shoot of strawberry

(F0, Non chemical fertilizer, F50 and F70, 50 and 70 % of the plant's natural requirements, R1 and R2, Biochar of straw rice 1.5 and 3 % respectively, W1 and W2, Biochar of straw wheat 1.5 and 3 % respectively, B0, Blank). (Tukey, $p \leq 0.05$)

نتیجه گیری

میزان پتاسیم در گیاه شده است. در مورد زغال زیستی حاصل از پسماند برنج میزان عناصر فسفر و آهن به مقدار بیشتری در مقایسه با زغال زیستی حاصل از کاه و کلش گندم جذب گیاه توت فرنگی شده است. نتایج عملکرد توت فرنگی نیز نشان داده است که زغال زیستی حاصل از کاه و کلش گندم دارای عملکرد بهتری بوده است. به طور کلی با توجه به نتایج استفاده از زغال زیستی در هر دو حالت کاه و کلش برنج و گندم به همراه محلول غذایی در تغذیه توت فرنگی بسیار مفید است.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داده است که استفاده از زغال زیستی می توان در کاهش مصرف کودهای شیمیایی بسیار مفید باشد و از آلودگی های ناشی از مصرف زیاد این کودها بکاهد. نتایج نشان داده است که مصرف توام کود شیمیایی به میزان ۷۰ درصد مصرف نرمال به همراه سه درصد از زغال زیستی تولید شده از کاه و کلش گندم نتایج بهتری نسبت به سایر تیمارها داشته است. اثر زغال زیستی به دست آمده از کاه و کلش گندم سبب افزایش بیشتری در

منابع

- 1- Akça M.O., and Namli A. 2015. Effects of poultry litter Biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(3): 203-210.
- 2- Alburquerque J.A., Salazar P., Barrón V., Torrent J., del Campillo M.D.C., Gallardo A., and Villar R. 2013. Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. *Agronomy for Sustainable Development* 33(3): 475-484.
- 3- Asgari Marjanlu A., Mostofi Y., Shoeibi S., and Maghoumi M. 2009. Effect of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Essential oil on Gray Mold Control and Postharvest Quality of Strawberry (cv. *Selva*). *Journal of Medicinal Plants* 4(29): 131-139. (In Persian with English abstract)
- 4- Athar H., and Ashraf M. 2005. Photosynthesis under drought stress. PP. 795-810. In: Pessarakli M. (Ed.), *Handbook of Photosynthesis*, Second Ed., CRC Press, New York.
- 5- Atkinson C.J., Fitzgerald J.D., and Hipps N.A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant Soil* 337: 1-18.
- 6- Barben S.A., Nichols B.A., Hopkins B.G., Jolley V.D., Ellsworth J.W., and Webb B.L. 2007. Phosphorus and zinc interactions in potato. *Western Nutrient Management Conference* 219-223.
- 7- Behnamian M., and Messiah S. 2002. *Strawberry*. Sotoudeh Publishing House, 120 pages, (In Persian with English abstract).
- 8- Bose U.S., and Tripathi S.K. 1996. Effect of micronutrients on growth, yield and quality of tomato cv. Pusa Ruby. *Crop Research* 12: 61-64.
- 9- Chan K.Y., Van Zwieten L., Meszaros I., Downie A., and Joseph S. 2007. Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research* 45: 629-634.
- 10- Chen J.P., and Lin M. 2001. Equilibrium and kinetics of metal ion adsorption onto a commercial H-type granular activated carbon: Experimental and modeling studies. *Water Research* 35: 2385-2394.
- 11- Davis T.M., Denoyes-Rothan B., and Lereeteau-kohler E. 2007. Strawberry (chapter 8). In Kole C. (Ed). *Genome plants*, volume 4, Fruits and nuts 189-204.
- 12- Deenik J.L., McClellan T., Uehara G., Antal M.J., and Campbell S. 2010. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations. *Soil Science Society of America Journal* 74(4): 1259-1270.
- 13- Deluca T.H., MacKenzie M.D., and Gundale M.J. 2009. Biochar Effects on Soil Nutrient Transformations. In: Lehmann, J. Joseph, S. (Eds.), *Biochar for Environmental Management*. Science and technology 56: 251-270.
- 14- Downie A., Crosky A., and Munroe P. 2009. Physical properties of biochar. In: J. Lehmann S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London 13-32.
- 15- Fallah Tolekolaei S., Bahmanyar M.A., Sadeghzadeh F., and Emadi S.M. 2016. Effects of municipal solid waste compost and two biochar type's application on the concentration of some nutrients in rice (*Oryza sativa*). *Journal of Soil Management and Sustainable Production* 6(1): 145-158. (In Persian with English abstract)
- 16- Fellet G., Marchiol L., Delle Vedove G., and Peressotti A. 2011. Application of biochar on mine tailings: effects and perspectives for land reclamation. *Chemosphere* 83(9): 1262-1267.
- 17- Fowles M. 2007. Black carbon sequestration as an alternative to bioenergy. *Biomass & Bioenergy* 31: 426-432.
- 18- Ganjehi B., and Golchin A. 2012. The effect of different levels of N, K and Mg on yield and growth indices of strawberry in hydroponic culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 2(4): 71-81. (In Persian with English abstract)
- 19- Goyal H.B., Seal D., and Saxena R.C. 2008. Bio-fuels from thermochemical conversion of renewable resources: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12(2): 504-517.

- 20- Gruda N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Reviews in Plant Sciences* 24: 227-274.
- 21- Haefele S.M., Konboon Y., Wongboon W., Amarante S., Maarifat A.A., and Pfeiffer E.M. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. *Field Crops Research* 121(3): 430-40.
- 22- Hejazizadeh A., Gholamalizadeh Ahangar A., and Ghorbani M. 2016. Effect of Biochar on Lead and Cadmium Uptake from Applied Paper Factory Sewage Sludge by Sunflower (*Heliantus annus* L.). *Water and Soil Science* 26(1-2): 259-271. (In Persian with English abstract)
- 23- Hernandez T., Moral R., Prez-Espinosa A., Moreno-Caselles A., Perez Murica M.D., and Garcia C. 2002. Nitrogen mineralization potential in a calcareous soil amended with sewage sludge. *Bioresource Technology* 83: 213-219.
- 24- Hossain M.K., Strezov V., Chan K.Y., and Nelson P.F. 2010. Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Chemosphere* 78(9): 1167-1171.
- 25- Hunt J.F., Ohno T., He Z., Honeycutt C.W., and Dail D.B. 2007. Inhibition of phosphorus sorption to goethite, gibbsite, and kaolin by fresh and decomposed organic matter, *Biology and fertility of soils* 44(2): 277-288.
- 26- Izaurralde R., Williams C.J.R., Post W.M., and Thomson A.M. 2007. Long-term modeling of soil C erosion and sequestration at the small watershed scale. *Climatic Change* 80 (1-2): 73-90.
- 27- Jiang T.Y., Jiang J., Xu R.K., and Li Z. 2012. Adsorption of Pb (II) on variable charge soils amended with rice-straw derived biochar. *Chemosphere* 89(3): 249-256.
- 28- Jones J.R., Wolf B., and Mills H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Athens, GA, pp. 1-25.
- 29- Khaldbarin B., and Islam zadeh T. 2005. *Excellent plant nutrition* (translation). Shiraz University Press, 259 pages. (In Persian with English abstract)
- 30- Knicker H. 2007. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. *Biogeochemistry* 85(1): 91-118.
- 31- Kosegarten H.G., Wilson H., and Esch A. 1998. The effect of nitrate nutrition on iron chlorosis and leaf growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 8: 283-292.
- 32- Laird D., Fleming P., Davis D., Horton R., Wang B., and Karlen D. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158(3-4): 443-449.
- 33- Lehmann J. 2007. Bio-energy in the black. *Germany front Ecological Environmental* 5: 381-387.
- 34- Lehmann J., and Joseph S. 2009. Biochar for environmental management. *Science and Technology* 77-79.
- 35- Lehmann J., daSilva J.P., Steiner C., Nehls T., Zech W., and Glaser B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer. Manure and charcoal amendments. *Plant Soil* 249: 343-357.
- 36- Lian F., Huang F., Chen W., Xing B., and Zhu L. 2011. Sorption of apolar and polar organic contaminants by waste tire rubber and its chars in single- and bi-solute systems. *Environmental Pollution* 159: 850-857.
- 37- Lindsay W.L., and Norwell W.A. 1960. Development of a DTPA micronutrient soil test. *Agronomy Abstracts* 1969 :84
- 38- Major J., Rondon M., Molina D., Riha S.J., and Lehmann J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil* 333(1-2): 117-128.
- 39- Makarian H. and Shahqali H. 2015. Effect of organic and biological fertilizers on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) And colonization of bacteria in soil. *Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology)* 29(2): 185-195. (In Persian with English abstract)
- 40- Manrique L.A. 1993. Greenhouse crops: A review. *Journal of Plant Nutrition* 16(12): 2411-2477.
- 41- Marschener H. 1995. *Mineral nutrition of higher plant*. Second Academic Press London.
- 42- Mashayekhi P., and Tatari M. 2016. Effect of various concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium on some quantitative and qualitative properties Strawberries in hydroponic culture. *Soil Science Journal (Soil and Water Science)* 30(4): 391-402. (In Persian with English abstract)
- 43- Mengel K., and Arneke W.W. 1982. Effect of potassium on the water potential, the pressure potential, the osmotic potential and cell elongation in leaves of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiology* 54: 402-408.
- 44- Miri S.M., Hosseini M., Souri M.K., and Abaspour S. 2016. Effect of Potassium Nitrate and Phenyl Phthalamic Acid on Some of Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry 'Gaviota'. *Journal of Plant Productions* 39(4): 43-52. (In Persian with English abstract)
- 45- Morales M.M., Comerford N., Guerrini I.A., Falcao N.P.S., and Reeves J.B. 2013. Sorption and desorption of phosphate on biochar and biochar-soil mixtures. *Soil Use Management* 29: 306-314.
- 46- Mukherjee A., and Zimmerman A.R. 2013. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar-soil mixtures. *Geoderma* 193-194(0): 122-30.
- 47- Mukherjee A., Hamdan R., Cooper W.T., and Zimmerman A.R.A. 2013. Chemical comparison of freshly-produced and field-aged biochars and biochar-amended soils. *Chemosphere. Solid Earth Discuss* 6: 731-760.

- 48- Murphy P.N.C., and Stevens R.J. 2010. Lime and gypsum as source measures to decrease phosphorus loss from soils to water. *Water Air Soil Pollution* 212: 101–111.
- 49- Namgay T., Singh B., and Singh B.P. 2010. Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (*Zea mays* L.). *Soil Research* 48(7): 638-647.
- 50- Neeson R. 2004. Organic processing tomato production. Agfact H8.3.6, first edition.
- 51- Novak J.M., Busscher W.J., Laird D.L., Ahmedna M., Watts D.W., and Niandou M.A.S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal Plain soil. *Soil Science* 174: 105-112.
- 52- Romheld V., and Kirkby E.A. 2010. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. *Plant Soil* 335: 155-180.
- 53- Rondon M.A., Lehmann J., Ramírez J., and Hurtado M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and fertility of soils*, 43(6): 699-708.
- 54- Rostamian R., Heidarpour M., Mousavi S., and Afyuni M. 2015. Application of Rice Husk Biochar to Desalinate Irrigation Water. *JWSS* 19(71): 21-30. (In Persian with English abstract)
- 55- Skjemstad J.O., Clarke P., Taylor J.A., Oades J.M., and McClure S.G. 1996. The chemistry and nature of protected carbon in soil. *Australian Journal of Soil Research* 34: 251–271.
- 56- Sohi S.P., Krull E., Lopez-Capel E., and Bol R.A. 2010. Review of biochar and its use and function in soil. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy* 105: 47-82.
- 57- Steiner C., Glaser B., Teixeira W.G., Lehmann J., Blum W.E.H., and Zech W. 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 893-899.
- 58- Sujana I.P., Lanya I., Subadiyasa I.N.N., and Suarna I.W. 2014. The effect of dose biochar and organic matters on soil characteristic and corn plants growth on the land degraded by garment liquid waste. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 4(5): 77-88.
- 59- Tang J., Zhu W., Kookana R., and Katayama A. 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 116(6): 653-659.
- 60- Vaccari F.P., Maienza A., Miglietta F., Baronti S., Di Lonardo S., Giagnoni L., and Valboa G. 2015. Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 207: 163-170.
- 61- vanZwieten L., Kimber S., Downie A., Joseph F., Chan K.Y., Cowie A., Wainberg R., and Morris S. 2007. Paper mill char: benefits for soil health and plant production. *Proceedings, International Agrichar Initiative Conference*. 30th April - 2nd May 2007, Terrigal, Australia.
- 62- Westerman R.E.L. 1990. Soil testing and plant analysis. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, Wisconsin, USA.
- 63- William K., and Qureshi R.A. 2015. Evaluation of Biochar as Fertilizer for the Growth of Some Seasonal Vegetables. *Journal of Bioresource Management* 2(1): 1.
- 64- Woolf D., Amonette J.E., Street-Perrott F.A., Lehmann J., and Joseph S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nat. Commun* 1, 1-9.
- 65- Xu G., Shao H.B., and Sun J.N. 2013. What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: direct or indirect mechanism *Ecol. Ecological Engineering* 52: 119–124.
- 66- Yao Y., Gao B., Inyang M., Zimmerman A.R., and Cao X. 2011. Biochar derived from anaerobically digested sugar beet tailings: Characterization and phosphate removal potential. *Bioresource Technology* 102: 6273-6278.
- 67- Yavari S., Eshghi S., Tafazoli E., and Yavari S. 2008. Effects of various organic substrates and nutrient solution on productivity and fruit quality of strawberry “Selva” (*Fragaria ×ananassa* Duch.). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 16: 167-178.
- 68- Yilangai R.M., Manu A.S., Pineau W., Mailumo S.S., and Okeke-Agulu K.I. 2014. The effect of biochar and crop veil on growth and yield of Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) in Jos, North central Nigeria. *Current agriculture Research Journal* 2(1): 37-42.
- 69- Yuan J.H., Xua R.K., and Zhang H. 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. *Bioresource Technology* 102: 3488-3497.
- 70- Zhai L., Cai Ji Z., Liu J., Wang H., Ren T., Gai X., and Liu H. 2015. Short-term effects of maize residue biochar on phosphorus availability in two soils with different phosphorus sorption capacities. *Biology and Fertility of Soils* 51(1): 113-122.



Investigating the Effect of Wheat and Rice Straw Biochars on Some Strawberry (*Fragaria×ananasa*) Characteristics

A. Ladan Moghadam^{1*}

Received: 24-04-2019

Accepted: 09-12-2019

Introduction: One of the main factors in increasing the quantity and quality of crops is increasing soil organic matter. Biochar is a form of material burned in special conditions and added to soil as organic material, which increases soil organic matter and reduces environmental hazards. The increase in organic matter improves the physical, and chemical properties of the soil, and ultimately increases the absorption of the elements by the plant. Biochar is one of the methods for increasing organic matter in the soil, which is produced by burning in low oxygen conditions. There are many studies that show that the use of coke can be beneficial for plant growth.

Fragaria ananasa is an important plant in nutrition of human that cultivated extensive area of the world. The purpose of this study was to investigate the effect of two types of biochar produced from wheat and rice straws on some of the characteristics of strawberry cv. Kurdistan.

Materials and Methods: This research was conducted as a factorial based on a randomized complete block design with three replications. Each block contained 15 pots and 45 plants were planted in each pot. The treatments included 1.5 and 3% of the two types of straw, wheat and rice residues, along with three levels of chemical fertilizer containing zero, 50 and 70 % of the plant requirements. In order to prepare the biochar, wheat and rice straw separately put in a special container made for this purpose and were placed in an electric furnace at 550 °C for 2-2.5 hours. In this research, yield, fresh weight of the plant, number of fruits were measured by conventional methods. The amount of nitrogen, phosphorus, potassium and iron elements in two parts of the fruit and shoot were measured by Kjeldahl method, spectrophotometry, flame photometric sulfuric acid digestion and atomic absorption spectrometry, respectively.

Results: The results showed that the highest fruit yield was obtained in 70 % of fertilizer application and 3% of wheat straw (83.3 g per plant). Reason of increasing yield was to provide elements and improved conditions of soil. The results showed that the increase in the amount of chemical fertilizer and biochar significantly increased the plant yield. The greatest effect of biochar was observed when the chemical fertilizer has been sufficiently provided. The results showed that in the treatment of 70% of fertilizer requirement, using wheat and rice straws, nitrogen content increased to 0.7 and 0.5 g/100g of dry matter, respectively. The results have shown that the use of biochar has led to an increase in the fresh weight of the aboveground of the strawberry plant. The amount of phosphorus was 0.31 g/100g of fruit in the absence of chemical fertilizer and biochar. By increasing the requirement to 70% of chemical fertilizers plus 3% of rice straw the amount of phosphorus in the fruit reached to 0.37 g/100g. Results showed that the highest amount of iron in the fruit is found in 70% of fertilizer and 3% of biochar, equal to 13.5 mg/100g in the fruit. Also, the highest amount of iron in the aboveground obtained at the same treatment with 14.8 mg/ 100g.

Discussion: The burning of plant remains naturally induced a lot of damages on the farm, causing soil degradation and reduces plant yield. The results of this study and other researchers show that the use of biochar is an appropriate method for converting plant debris into useful material. The increase in the amount of biochar will improve the absorption of the elements needed by the plant. As a result, providing the nutrients needed for the plant will perform better. In general, the results showed that use of both types of biochar has a very beneficial effect on strawberry plants, and the biochar derived from wheat straw have better effect than rice straw on the plant quality and quantity properties. The fruits have been improved by using biochar and chemical fertilizer. This indicates the basic role of the chemical fertilizers that cannot be completely eliminated and should only reduce their consumption.

Keywords: Iron, Kurdistan cultivar, Nitrogen, Pyrolysis, Yield

1- Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar
(* - Corresponding Author Email: LMAR13201396@yahoo.com)



مقاله علمی-پژوهشی

بهبود تحمل به شوری و جذب عناصر غذایی در فلفل دلمه‌ای با کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک

محمد کاظم شفازاده شهر بابکی^{۱*} - مهدی حسینی فرهی^۲ - غضنفر محمدی نیا^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۲

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدود کننده رشد می‌باشد که آثار بسیار نامطلوبی بر رشد و عملکرد گیاهان می‌گذارد. به منظور بررسی تأثیر سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر بهبود تحمل به شوری و میزان جذب عناصر معدنی در فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل (سه فاکتوره) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در یک گلخانه تجاری در شهر یاسوج انجام گرفت. فاکتور اول سالیسیلیک‌اسید در سه سطح صفر، یک و دو میلی‌مولار، فاکتور دوم هیومیک‌اسید در دو سطح صفر و ۵ در هزار و فاکتور سوم شوری آب آبیاری در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم بود. صفاتی از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد گل، تعداد میوه، متوسط وزن میوه، عملکرد کل، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و غلظت عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم، آهن و سدیم در ریشه و برگ فلفل اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر کاهش پارامترهای رشدی گیاه فلفل داشت. کاربرد هیومیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری گردید به طوری که در اکثر صفات باعث بهبود خصوصیات کمی فلفل گردید. میزان جذب عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم و آهن با کاربرد سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید در شرایط تنش شوری افزایش یافت. بنابراین کاربرد هیومیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید می‌تواند در بهبود تحمل به شوری در گیاه فلفل دلمه‌ای مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: آهن، پتاسیم، تعداد میوه، عملکرد، کلسیم

مقدمه

است و باعث کاهش رشد، توسعه و تولید گیاهان در سراسر دنیا می‌شود (۶ و ۳۷). این گیاه از نظر مقاومت به شوری در گروه گیاهان حساس و نیمه حساس به شوری می‌باشد (۸). در پژوهشی کاهش در پارامترهای رویشی گیاه فلفل تحت تنش شوری مشاهده گردید (۴۷). کاهش وزن تر و خشک برگ و ریشه و همچنین درصد محتوی آب ریشه و برگ در گیاه فلفل با اعمال تنش شوری و کم آبیاری توسط سالاریان و همکاران (۳۳) گزارش شده است.

آثار ناشی از تنش شوری بر گیاهان شامل سمیت یونی، تنش اسمزی، کمبود عناصر معدنی، تغییرات متابولیکی، کاهش فعالیت کلروپلاستی، کاهش سرعت فتوسنتز و افزایش سرعت تنفس نوری و اختلالات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌باشد (۳۱ و ۳۴). شوری به دلایل تأثیر بر فراهمی عناصر غذایی، تأثیر در جذب رقابتی و تأثیر بر انتقال عناصر غذایی در گیاه موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود. در حال حاضر افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب

فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum*) یکی از سبزیجات مهم خانواده بادمجانیان که به دلیل ارزش اقتصادی بالا و دارا بودن ترکیبات ارزشمند غذایی و دارویی از جمله رنگ‌های طبیعی، ترکیبات آنتی اکسیدانتی و ویتامین‌های آ، ب و ای سطح زیر کشت و مصرف آن در جهان رو به افزایش است (۴۲). این محصول از نظر مقدار میزان تولید ویتامین ث بعد از جعفری بیشترین مقدار را در بین سبزیجات دارا می‌باشد و از نظر افزایش مقاومت بدن به بیماری‌ها و فیزیولوژی تغذیه این محصول بسیار با ارزش است (۲). تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهنده رشد گیاهان است و در حال حاضر یک سوم زمین‌های تحت کشت دنیا را تحت تأثیر قرار داده

۱ و ۳- مربیان، گروه زراعت، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران
(Email: shefazadeh@gmail.com) * نویسنده مسئول:

۲- استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.80187

بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد تنظیم کننده رشد گیاهی مثل سالیسیلیک اسید آسان تر و ارزان تر است (۴). سالیسیلیک اسید به عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم، نقش مهمی در پاسخ گیاهان به تنش‌های غیر زنده مثل شوری و تنش اسمزی ایفا می‌نماید. این ماده، با کاربرد بیرونی، در برخی از مراحل فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی در گیاه دخالت دارد (۱۴). برخی پژوهشگران نقش سالیسیلیک اسید را در رشد گیاهان تحت تنش‌های غیرزنده شامل تنظیم نمودن روابط آبی گیاه، کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها و فتوسنتز و همچنین جذب عناصر غذایی بیان کرده‌اند (۱۸). بهبود پارامترهای رشدی، افزایش عملکرد، محتوی رطوبت نسبی و کلرفیل گیاه فلفل تحت تنش شوری با کاربرد سالیسیلیک اسید توسط امیرنژاد و همکاران (۵) گزارش گردید. همچنین کاهش اثرات مضر شوری در گیاه فلفل با کاربرد مزرعه ای سالیسیلیک اسید توسط قادوس (۲۹) گزارش شده است. در پژوهشی کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر در شرایط تنش شوری بر رشد و فتوسنتز انگور مثبت و گزارش شده که این ماده می‌تواند به عنوان یک تنظیم کننده رشد، باعث افزایش مقاومت گیاه به شوری گردد (۴). بهبود رشد کمی و کیفی گیاه بادمجان تحت تنش شوری با کاربرد سالیسیلیک اسید توسط رقامی و همکاران (۳۰) گزارش شده است. استفاده از سالیسیلیک اسید به صورت محلول پاشی برگی روی برگ‌های خیار، میزان وزن تر و خشک شاخساره و ریشه، قطر ساقه و تعداد برگ را در گیاهان تحت تنش شوری نسبت به شاهد افزایش داد (۴۵). در پژوهشی کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر، توانست اثر منفی تنش شوری بر رشد گیاه توت فرنگی را کاهش دهد (۱۵). در پژوهشی تنش شوری باعث کاهش اکثر شاخص‌های رشدی در ارقام فلفل دلمه ای گردید. همچنین مقدار سدیم با شاخص‌های رشدی، نسبت پتاسیم به سدیم و نسبت کلسیم به سدیم در همه ارقام همبستگی منفی و معناداری داشت و در بین ارقام مورد بررسی، ارقام 'پارامو'، 'افستس' و 'اسپادی'، متحمل ترین ارقام فلفل به شوری بودند (۴۶). جمالی و همکاران (۲۳) در پژوهشی گزارش دادند که افزایش سطوح مختلف شوری منجر به کاهش تمامی صفات رویشی شد بطوری که افزایش شوری منجر به کاهش وزن تر میوه و عملکرد به میزان ۵۰/۵ و ۴۸/۴ درصد گردید. در پژوهشی دیگر کاهش معنی دار تعداد میوه، وزن تر و خشک میوه و ارتفاع بوته فلفل سبز با افزایش شوری توسط سجادی و همکاران (۳۲) گزارش گردید. یکی از اثرات مثبت هیومیک اسید تحریک و تشویق توسعه ریشه می‌باشد. مواد هیومیکی به عنوان یک جزء مهم خصوصیات باروری خاک و کنترل ویژگی‌های بیولوژیکی و شیمیایی محیط ریزوسفر می‌باشد (۴۳). استفاده از هیومیک اسید به عنوان یک روش ساده و اقتصادی برای کاهش مشکلات تولید فلفل در خاکهای با شوری متوسط پیشنهاد شده است (۱۰). تأثیر مثبت اسید هیومیک بر کاهش

اثرات منفی تنش شوری در گیاه توت فرنگی توسط حسینی فرهی و همکاران (۲۱) گزارش شده است. در پژوهشی کاربرد هیومیک اسید تأثیر معنی داری بر میزان جذب عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم، آهن، منیزیم و روی در گیاه فلفل تحت تنش شوری داشت (۴۰). سانچز-سانچز و همکاران (۳۵) نشان دادند که کاربرد مواد هیومیکی جذب آهن را به وسیله‌ی درختان لیمو بهبود بخشید. عامری و تهرانی فر (۳) گزارش نمودند که کاربرد اسید هیومیک در توت فرنگی به طور معنی داری جذب آهن و روی را هم در برگ‌ها و هم در ساقه‌ها تحت تأثیر قرار داد اما تجمع آهن و روی در غلظت‌های بالاتر در برگ‌ها کاهش یافت. بهبود خصوصیات کمی و کیفی و جذب عناصر معدنی در گل رز با کاربرد هیومیک اسید توسط حسینی و همکاران (۲۰) و دستیاران و حسینی فرهی (۱۲) گزارش شده است. افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی توت فرنگی رقم 'اروماس' با مصرف هیومیک اسید نیز گزارش شده است (۱۹). با توجه به کاهش منابع آب شیرین و کاهش کیفیت آب و شور شدن آب‌های مورد استفاده در کشاورزی این پژوهش با هدف بهبود تحمل به شوری و افزایش جذب عناصر معدنی در فلفل دلمه‌ای با کاربرد سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

نشاءهای فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا' از یک تولید کننده تجاری تهیه و در یک گلخانه تجارتی هیدروپونیک واقع در روستای نره‌گاه شهر یاسوج دارای سیستم خنک کننده پوشال و پنکه، در گلدان‌های پلاستیکی چهار لیتری حاوی محیط کشت پرلایت و کوکوپیت به نسبت مساوی در سال ۱۳۹۴ کشت گردید. در گلخانه، دمای روز و شب 24 ± 3 و 15 ± 4 درجه سلسیوس، نور طبیعی خورشید و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۸۰ درصد بود. پس از استقرار گیاهان (داشتن حدود ۴-۵ برگ) به منظور اعمال تنش شوری از نمک کلرید سدیم در غلظت‌های صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار در محلول غذایی استفاده شد. برای جلوگیری از شوک ناگهانی ابتدا یک هفته همه گلدان‌ها با محلول غذایی حاوی ۱۰ میلی مولار و در هفته دوم با محلول غذایی حاوی ۲۵ میلی مولار نمک آبیاری شدند. بعد از آن ۵۰ و در نهایت به تیمار ۱۰۰ میلی مولار از کلرید سدیم رسید. عناصر غذایی مورد استفاده در تهیه محلول غذایی مصرفی در گلخانه مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- عناصر غذایی مورد استفاده در تغذیه بوته‌های فلفل دلمه‌ای

Table 1- Elements used for preparing of nutrition solution for bell pepper

عناصر Elements	محتوی Content (g) 2500 litter nutrient	عناصر Elements	محتوی Content (g) 2500 litter nutrient
سولفات منیزیم Magnesium sulfate ($MgSO_4$)	650-2400	کلات آهن FeEDTA	125-300
کلات منگنز Manganese EDTA	15-48	کلات روی Zn EDTA	20-54
بور Born	3-10	کلات مس Cu ETDA	2-6
مولیبدات سدیم Sodium molybdate (Na_2MoO_4)	0.5-1	نیتрат آمونیوم Ammonium nitrate ($(NH_4)(NO_3)$)	0-25
مونوپتاسیم فسفات Monopotassium phosphate (KH_2PO_4)	750-1800	نیتрат پتاسیم Potassium nitrate (KNO_3)	900-1000
سولفات پتاسیم Potassium sulfate (K_2SO_4)	250-600	نیترات کلسیم Calcium nitrate ($Ca(NO_3)_2$)	1140-1500

برگ و ریشه گیاهان تیمار شده جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌ها توسط دستگاه ماکروویو مدل Mileston Microsynch آماده‌سازی (هضم) گردید (۲۱) و سپس توسط دستگاه جذب اتمی مدل (Perkin Elmer 900T) مجهز به سیستم کوره گرافیتی اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C، مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

تأثیر سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر ویژگی‌های رویشی فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که تأثیر تیمارهای بکار برده شده به همراه اثرات متقابل آن‌ها بر شدت سبزینه برگ معنی‌دار نگردید (جدول ۲). تأثیر شوری و برهمکنش سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر تعداد برگ فلفل دلمه‌ای معنی‌دار بود. افزایش شوری باعث کاهش تعداد برگ گردید طوری که با افزایش میزان شوری تعداد برگ کاهش پیدا کرد (شکل ۱). اما کاربرد هیومیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش تعداد برگ گردید. بیشترین تعداد برگ در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار و هیومیک‌اسید ۵ گرم در لیتر در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده گردید (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری بر وزن تر و

آبیاری گیاهان با محلول‌های شوری تا پایان دوره آزمایش ادامه یافت. برای تیمار شاهد، فقط آبیاری با محلول غذایی انجام گرفت. نحوه آبیاری به گونه‌ای بود که حدود ۲۰ درصد محلول از ته گلدان‌ها خارج می‌شد و نیز یکبار در هفته عمل آبیاری گلدان‌ها با آب معمولی انجام گرفت. همزمان با شروع تنش شوری، تیمار هیومیک‌اسید در غلظت‌های صفر و ۵ در هزار در محلول آبیاری نیز به گلدان‌ها اضافه گردید و تیمار سالیسیلیک‌اسید نیز در غلظت‌های صفر، یک و دو میلی‌مولار به صورت محلول‌پاشی سه مرتبه تا پایان دوره آزمایش استفاده گردید. این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و ۳ تکرار صورت گرفت.

پارامترهای مورد اندازه‌گیری

صفات کمی از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد گل، تعداد میوه، متوسط وزن میوه، متوسط عملکرد بوته (در یک دوره دو ماهه به صورت تجمعی)، متوسط طول و عرض میوه اندازه‌گیری گردید. شاخص سبزینه‌گی برگ با دستگاه کلروفیل متر دستی (مدل SPAD Minolta, Japan 520-) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک ریشه و شاخساره ابتدا گلدان‌ها آبیاری سپس به کمک تکان دادن بوته‌ها و به گونه‌ای که آسیب نبینند، کل بوته‌ها از گلدان‌ها خارج، سپس به کمک شستشو با آب بقایای محیط کشت روی ریشه‌ها شسته و ریشه‌ها و شاخساره‌ها با کمک ترازوی دیجیتال توزین شدند. پس از آن بقایای ریشه و شاخساره به آزمایشگاه منتقل و در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت دو روز به صورت کامل خشک و سپس وزن خشک ریشه‌ها و شاخساره‌ها یادداشت شد. جهت اندازه‌گیری عناصر آهن، سدیم، کلسیم و پتاسیم نمونه‌هایی از

میلی مولار در مقایسه با سایر تیمارها بدست آمد. نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که افزایش شوری باعث کاهش تعداد میوه فلفل شده است. کاربرد هیومیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید تاحدودی توانست اثرات منفی شوری را کاهش دهد ولی این تأثیر معنی‌دار نبود. عملکرد گیاه فلفل نیز تحت تأثیر شوری قرار گرفت به‌طوری‌که با افزایش سطح شوری میزان عملکرد گیاه فلفل کاهش پیدا نمود ولی کاربرد هیومیک‌اسید ۵ در هزار و سالیسیلیک‌اسید ۲ میلی‌مولار توانست میزان عملکرد را در شرایط شوری بهبود ببخشد (جدول ۵).

تأثیر سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر محتوی عناصر

معدنی در اندام هوایی و ریشه فلفل تحت تنش شوری

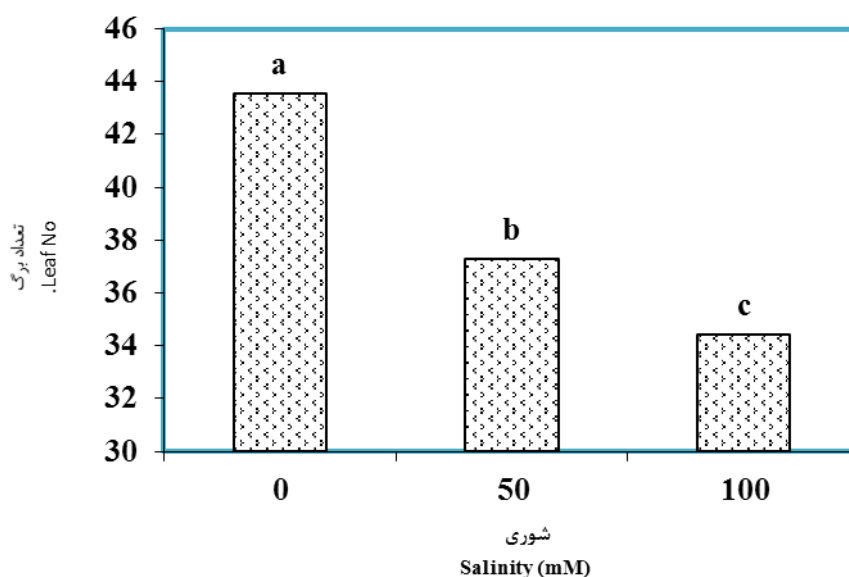
نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید تأثیر معنی‌داری بر محتوی عناصر معدنی در برگ و ریشه گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری دارد (جدول ۶). نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که اثر سالیسیلیک‌اسید، هیومیک‌اسید و شوری بر محتوی آهن برگ و ریشه گیاه فلفل معنی‌دار گردید. با افزایش غلظت شوری غلظت آهن برگ افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان آهن در برگ بوته‌های فلفل تیمار شده با شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و کمترین میزان در گیاهان تیمار نشده مشاهده گردید. البته کاربرد سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید نیز در شرایط شوری باعث افزایش میزان محتوی آهن برگ گردید (جدول ۷).

خشک اندام هوایی و ریشه فلفل در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید ولی اثر سایر تیمارها و برهم‌کنش آن‌ها بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه معنی‌دار نگردید (جدول ۲). افزایش سطح شوری باعث کاهش وزن تر و خشک گیاه اندام هوایی فلفل گردید. بیشترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاهان تیمار نشده (شاهد) در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده گردید (شکل ۲ الف و ب). وزن تر و خشک ریشه نیز تحت تأثیر شوری قرار گرفت بطوری‌که با افزایش سطوح شوری میزان وزن تر و خشک ریشه کاهش پیدا نمود. نتایج ارائه شده در شکل ۳ الف نشان می‌دهد که کمترین میزان وزن تر ریشه در گیاهان تیمار شده با شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید. بیشترین وزن تر ریشه در گیاهان شاهد مشاهده گردید. با افزایش سطح شوری میزان وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد افزایش پیدا کرد ولی این افزایش معنی‌دار نبود (شکل ۳ ب).

تأثیر سالیسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر ویژگی‌های زایشی

گیاه فلفل تحت تنش شوری

نتایج بدست آمده در جدول ۴ نشان می‌دهد که افزایش شوری باعث کاهش تعداد گل فلفل گردیده است اما این کاهش معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از این پژوهش بیان می‌کند که کاربرد هیومیک‌اسید و سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش تعداد میوه گیاه فلفل در شرایط تنش شوری گردید. بیشترین تعداد میوه به مقدار ۲۲/۶ عدد در گیاهان تیمار شده با هیومیک‌اسید ۵ در هزار و سالیسیلیک‌اسید ۲



شکل ۱- تأثیر شوری بر تعداد برگ در بوته فلفل دلمه‌ای

Figure 1- The effect of salinity on leaf No. per plant of bell pepper (Tukey, $p \leq 0.05$)

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر صفات رویشی و زایشی گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری
Table 2- ANOVA (means of squares) for the effect of salicylic acid and humic acid on vegetative and reproductive characteristics of bell pepper under salt stress

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر کل بوته	وزن تک میوه	عملکرد کل	تعداد گل	تعداد میوه	تعداد برگ	ارتفاع بوته	شدت سبزیگی SPAD
Source of variations	df	Dry weight of root	Fresh weight of root	Dry weight of arial parts	Fresh weight of whole plant	Fruit Weight	Total yeild	Flower No.	Fruit No.	Leaf No.	Plant hight	SPAD
تکرار Replication	2	0.08	0.26	0.034	0.155	0.005	0.22	0.082	0.114	0.696	0.241	2.89
سالیسیلیک اسید Salicylic Acid (A)	2	ns 0.04	0.91 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.45 ^{**}	0.51 ^{ns}	1.44 [*]	0.09 ^{ns}	1.591 ^{ns}	70.13 [*]	11.57 ^{ns}
هیومیک اسید Humic Acid (B)	1	ns 0.16	0.58 ^{ns}	1.32 ^{**}	2.35 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.001 ^{ns}	6 ^{**}	0.02 ^{ns}	0.48 ^{ns}	0.9 ^{ns}	41.43 ^{ns}
سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید A×B	2	0.2 ^{ns}	0.55 ^{ns}	0.3 [*]	1.54 ^{ns}	0.16 ^{ns}	4.38 ^{ns}	1.29 [*]	0.74 ^{ns}	3.05 [*]	3.24 ^{ns}	4.15 ^{ns}
شوری Salt (C)	2	0.86 [*]	4.18 [*]	0.7 [*]	3.55 [*]	0.05 ^{ns}	9.96 [*]	0.32 ^{ns}	1.03 ^{ns}	2.59 [*]	29.46 ^{ns}	17.81 ^{ns}
سالیسیلیک اسید × شوری A×C	4	ns 0.17	1.04 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1.12 ^{ns}	0.32 ^{**}	0.43 ^{ns}	0.41 ^{ns}	0.44 ^{ns}	0.4 ^{ns}	18.85 ^{ns}	9.92 ^{ns}
هیومیک اسید × شوری B×C	2	0.2 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.04 ^{ns}	2.05 ^{ns}	0.085 ^{ns}	0.38 ^{ns}	1.78 ^{ns}	2.79 ^{ns}	10.82 ^{ns}
سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید × شوری A×B×C	4	ns 0.11	0.93 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.9 ^{ns}	0.09 ^{ns}	1.7 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.77 ^{ns}	46.46 [*]	20.08 ^{ns}
خطا Error	34	0.17	0.88	0.05	0.66	0.08	1.68	0.37	0.28	0.56	16.77	10.73
ضریب تغییرات CV %		18.02	19.97	10.11	11.6	11.26	22.92	17.84	22.62	12.24	10.54	11.64

ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels using Tukey test, respectively.

ns, *, ** به ترتیب بیانگر عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد آزمون توکی می باشد.

جدول ۳- تأثیر سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر تعداد برگ در گیاه فلفل دلمه‌ای
Table 3- Effect of salicylic acid and humic acid on Number of leaf in pepper

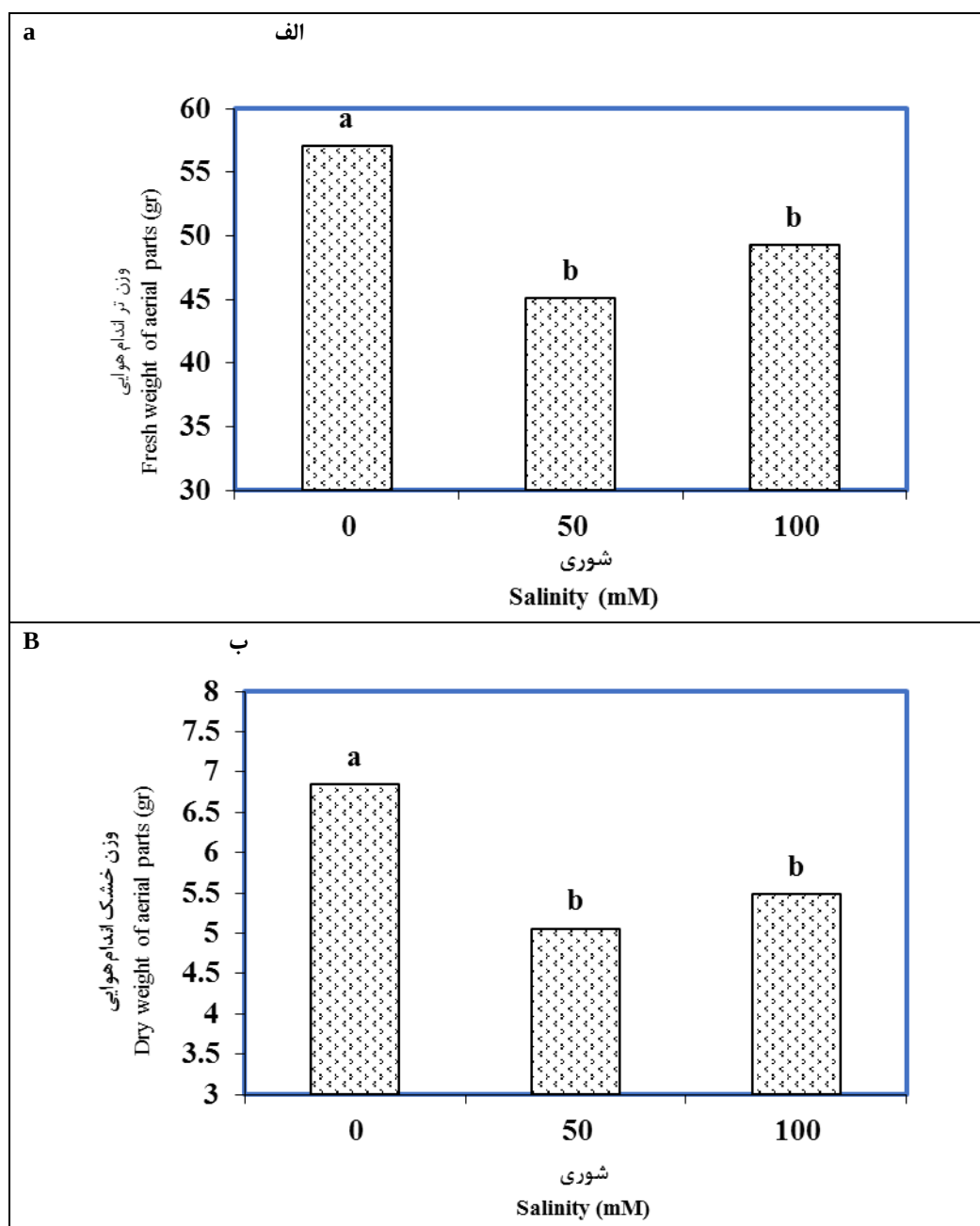
تیمارها Treatments	اسید هیومیک Humic Acid (gl ⁻¹)	
	0	5
	0	5
سالیسیلیک اسید	42.66 ^b	40.11 ^c
1	35.66 ^d	34.44 ^d
سالیسیلیک اسید (mM)	32.22 ^e	46.88 ^a
2		

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probality level using Tukey test.

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

مقایسه با سایر تیمارها بدست آمد (جدول ۹). همچنین با کاربرد هیومیک اسید ۵ گرم در لیتر و سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار در سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار شاهد بیشترین میزان کلسیم ریشه در مقایسه با سایر تیمارها بدست آمد (جدول ۱۰). نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که اثر شوری و هیومیک اسید بر غلظت پتاسیم برگ و ریشه گیاه فلفل معنی دار گردید (جدول ۶).

همچنین بیشترین محتوی آهن ریشه در بوته های فلفل تیمار شده با سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار و شوری ۵۰ میلی مولار مشاهده گردید (جدول ۸). نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که اثر سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و شوری بر محتوی کلسیم برگ و ریشه گیاه فلفل معنی دار گردید (جدول ۶). بیشترین میزان کلسیم برگ در فلفل های تیمار شده با سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار و هیومیک اسید ۵ گرم در لیتر به مقدار ۹/۳۸ درصد ماده خشک در



شکل ۲- تأثیر شوری بر وزن تر (الف) و خشک (ب) اندام هوایی فلفل دلمه‌ای

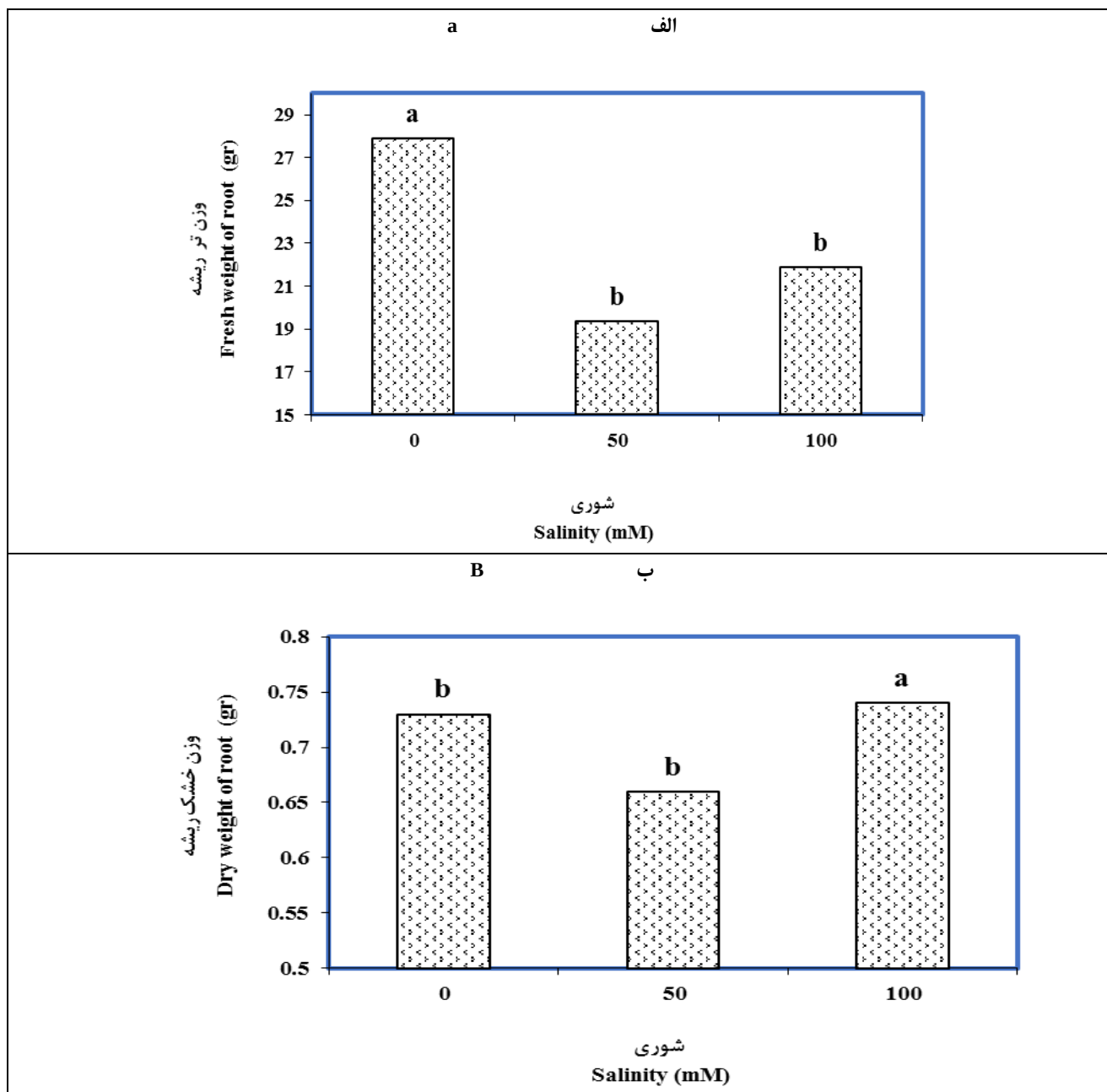
Figure 2- Effect of salinity on fresh (a) and dry weight (b) of arial parts of bell pepper (Tukey, $p \leq 0.05$)

یک میلی‌مولار در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار در مقایسه با سایر تیمارها بدست آمد (جدول ۱۲). نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که اثر شوری و هیومیک‌اسید بر غلظت سدیم برگ گیاه فلفل معنی‌دار گردید (جدول ۶). کاربرد هیومیک‌اسید و سالیسیک-اسید باعث افزایش غلظت سدیم برگ گیاه گردید. بیشترین غلظت سدیم برگ گیاه در گیاهان فلفل تیمار شده با سالیسیک‌اسید یک

کاربرد سالیسیک‌اسید ۱ و ۲ میلی‌مولار باعث افزایش غلظت کلسیم برگ و ریشه گیاه فلفل گردید. بیشترین غلظت پتاسیم برگ گیاه در گیاهان فلفل تیمار شده با سالیسیک‌اسید ۲ میلی‌مولار و هیومیک‌اسید ۵ در هزار در تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده گردید (جدول ۱۱). بیشترین میزان پتاسیم ریشه در گیاهان تیمار شده با هیومیک‌اسید ۵ گرم در لیتر و سالیسیک‌اسید

گرم در لیتر و سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار در سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها بدست آمد (جدول ۱۴).

میلی مولار و هیومیک اسید ۵ در هزار و در تنش شوری ۱۰۰ میلی مولار در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده گردید (جدول ۱۳). بیشترین میزان پتاسیم ریشه در گیاهان تیمار شده با هیومیک اسید ۵



شکل ۳- تأثیر شوری بر وزن تر (الف) و خشک (ب) ریشه فلفل دلمه‌ای
Figure 3- Effect of salinity on root fresh (a) and dry weight (b) of bell pepper (Tukey, $p \leq 0.05$)

افزایش میزان شوری تعداد برگ کاهش پیدا کرد. اما کاربرد هیومیک اسید و اسید سالیسیلیک باعث افزایش تعداد برگ، گل و عملکرد فلفل گردید. کاهش رشد ریشه و اندام هوایی در شرایط شوری ممکن است به علت تجمع زیاد یون سدیم در گیاه و در نتیجه کاهش فرآیندهای

بحث

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که افزایش شوری باعث کاهش تعداد برگ، گل و عملکرد فلفل گردید بطوری که با

هورمون اتیلن در شرایط تنش باشد. بنابراین کاهش کلروفیل در شرایط تنش شوی می‌تواند هم به دلیل کاهش سنتز آن و هم به به دلیل افزایش تخریب و تجزیه کلروفیل باشد (۲۴). در این پژوهش افزایش شوری باعث کاهش وزن تر و خشک گیاه فلفل گردید اما کاربرد هیومیک اسید باعث بهبود وزن تر گیاه فلفل گردید. بیشترین وزن تر گیاه فلفل در گیاهان تیمار شده با اسید هیومیک ۵ در هزار و اسید سالسیلیک یک میلی‌مولار بدون تنش شوری در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده گردید. تنش شوری موجب کاهش پارامترهای رشد گیاه فلفل گردید. کاهش رشد در تنش شوری در گیاهان مختلف به وسیله بسیاری از محققان گزارش شده است (۲۵، ۲۶، ۳۰ و ۳۹). سالسیلیک اسید از طریق فعال‌سازی مسیرهای بیوشیمیایی، جذب مواد غذایی، تعادل آب و فعالیت ریشه‌ها و تعادلی که بین شرایط اسمزی گیاه و مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی آن به وجود می‌آید باعث مقاومت در برابر شرایط شوری و افزایش رشد گیاه می‌گردد (۱۷).

آنزیمی و سنتز پروتئین باشد (۴۱). نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که کاربرد هیومیک اسید و اسیدسالسیلیک باعث افزایش تعداد میوه گیاه فلفل در شرایط تنش شوری گردید. همچنین افزایش شوری باعث کاهش تعداد میوه فلفل گردید ولی کاربرد اسیدهیومیک و اسیدسالسیلیک تا حدودی توانست اثرات منفی شوری را کاهش دهد ولی این تاثیر معنی‌دار نبود. عملکرد گیاه فلفل نیز تحت تاثیر شوری قرار گرفت بطوریکه با افزایش سطح شوری میزان عملکرد گیاه فلفل کاهش پیدا نمود ولی کاربرد اسید هیومیک ۵ در هزار و اسید سالسیلیک ۲ میلی‌مولار توانست میزان عملکرد را در شرایط شوری بهبود ببخشد. شوری باعث کاهش شدت سبزینه گیاه فلفل گردید اما کاربرد اسید هیومیک و اسید سالسیلیک باعث افزایش شدت سبزینه برگ در شرایط تنش شوری گردید. تنش شوری باعث تخریب کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد. کاهش میزان کلروفیل برگ می‌تواند به دلیل عدم ساخته شدن کلروفیل و افزایش

جدول ۴- تأثیر سالسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر تعداد گل و میوه گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری

Table 4- The effect of salicylic acid and humic acid on number of flower and fruit in bell pepper under salt stress

تیمارها Treatments		شوری Salinity (mM)											
		0				50				100			
		اسید هیومیک Humic Acid (gl ⁻¹)				اسید هیومیک Humic Acid (gl ⁻¹)				اسید هیومیک Humic Acid (gl ⁻¹)			
		0		5		0		5		0		5	
		تعداد گل Flower No.	تعداد میوه Fruit No.	تعداد گل Flower No.	تعداد میوه Fruit No.	تعداد گل Flower No.	تعداد میوه Fruit No.	تعداد گل Flower No.	تعداد میوه Fruit No.	تعداد گل Flower No.	تعداد میوه Fruit No.	تعداد گل Flower No.	تعداد میوه Fruit No.
سالسیلیک	0	10.6 bd	5.3 ad	11.6 bd	9 a	7.3 d	4.3 ad	9.6 cd	2.3 d	10.3 bd	4.6 ad	10.3 bd	6.3 ac
اسید	1	11 bd	5.5 ad	14.3 ac	8.6 ab	13 bd	6.6 ac	17 ab	6.3 ac	8.6 cd	4.3 bd	16.3 ab	4 cd
Salicylic Acid (mM)	2	8.6 cd	6.6 ac	22.6 a	5 ad	8.3 cd	4 cd	14.6 ac	5.3 ad	9 cd	4.1 cd	15 ac	6.3 ac

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۵- تأثیر سالسیلیک‌اسید و هیومیک‌اسید بر عملکرد (گرم/بوته) گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری

Table 5- The effect of salicylic acid and humic acid on yield of bell pepper (gplant⁻¹) under salt stress

تیمارها Treatments		شوری Salinity (mM)					
		0		50		100	
		Humic		اسید هیومیک Humic		اسید هیومیک Humic	
		Acid (gl ⁻¹)		Acid (gl ⁻¹)		Acid (gl ⁻¹)	
		0	5	0	5	0	5
سالسیلیک اسید	0	41.6 ad	52.8 ad	33.6 ad	22.1 d	23.9 d	38.6 ad
Salicylic Acid	1	25.7 bd	54.4 a	30.7 ad	29.1 ad	25.4 cd	24.5 d
(mM)	2	50.6 ac	38.4 ad	19.5 d	37.7 ad	26.9 bd	33.9 sd

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر جذب عناصر معدنی در گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری

Table 6- ANOVA of the effect of salicylic acid and humic acid on minerals absorption in bell pepper under salt stress

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	آهن شاخه Fe (arial parts)	کلسیم شاخه Ca (arial parts)	پتاسیم شاخه K (arial parts)	سدیم شاخه Na (arial parts)
تکرار Replication	2	1450.17 **	630.18 **	2003.93 **	980.82 **
سالیسیلیک اسید Salicylic Acid (A)	2	2384.02 **	1578.96 **	749.65 **	52790.63 **
هیومیک اسید Humic Acid (B)	1	2384.02 **	1578.96 **	749.65 **	52790.63 **
A×B	2	5293.26 **	2934.05 **	29767.33 **	35717.68 **
شوری Salt (C)	2	44367.07 **	11763.47 **	29767.33 **	35717.68 **
A×C	4	8599.37 **	2885.24 **	3232.32 **	5699.44 **
B×C	2	18510.63 **	661.69 **	9962.65 **	1759.02 **
A×B×C	4	16714.08 **	4185.25 **	197.99 **	1167.44 **
خطا Error	34	31.55	18.55	51.97	22.03
ضریب تغییرات CV %		1.69	2.27	2.7	1.53

ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels using Tukey test, respectively.

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد آزمون توکی می‌باشد.

ادامه جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید بر جذب عناصر معدنی در گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری

Continue of Table 6- ANOVA of the effect of salicylic acid and humic acid on minerals absorption in bell pepper under salt stress

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	آهن ریشه Fe (root)	کلسیم ریشه Ca (root)	پتاسیم ریشه K (root)	سدیم ریشه Na (root)
تکرار Replication	2	1746.68 **	5357.57 **	1127.11 **	1713.96 **
سالیسیلیک اسید Salicylic Acid (A)	2	84793.7 **	22969.93 **	56652.93 **	41678.86 **
هیومیک اسید Humic Acid (B)	1	48984.75 **	59826.77 **	208718.39 **	42830.21 **
A×B	2	21050.71 **	96212.43 **	347746.57 **	11851.18 **
شوری Salt (C)	2	168770.05 **	27880.24 **	41323.07 **	161110.21 **
A×C	4	14101.81 **	55106.59 **	41726.22 **	35701.03 **
B×C	2	3094.93 **	23957.95 **	46583.81 **	51763.14 **
A×B×C	4	34731.73 **	18320.82 **	20430.43 **	34018.93 **
خطا Error	34	18.9	28.41	18.32	19.96
ضریب تغییرات CV %		0.78	0.65	0.59	0.62

ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۷- اثر متقابل سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید بر غلظت آهن (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک) در برگ گیاه فلفل تحت تنش شوری
 Table 7- Interaction effect of salicylic acid × humic acid on Fe concentration (mg kg⁻¹ DM) in leaf of bell pepper under salt stress

		شوری					
		Salinity (mM)					
تیمارها		0		50		100	
Treatments		اسید هیومیک		اسید هیومیک		اسید هیومیک	
		Humic Acid (g l ⁻¹)		(g l ⁻¹)		Humic Acid (g l ⁻¹)	
		0		5		0	
		5		0		5	
سالیسیلیک اسید	0	270.2 ij	270.5 i	380.4 g	394.7 cd	502.1 a	258.9 jk
	1	288 h	256.8 jk	246.3 k	312.6 g	402.1 bc	384.3 d
	2	264 ij	322.1 g	410.5 b	268.4 e	354.7 f	358.9 ef
Salicylic Acid (mM)							

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۸- اثر متقابل سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید بر غلظت آهن (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک) در ریشه گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری
 Table 8- Interaction effect of salicylic acid × humic acid on Fe concentration (mg kg⁻¹ DM) in root of bell pepper under salt stress

		شوری					
		Salinity (mM)					
تیمارها		0		50		100	
Treatments		اسید هیومیک		اسید هیومیک		اسید هیومیک	
		Humic Acid (g l ⁻¹)		Humic Acid (g l ⁻¹)		Humic Acid (gl ⁻¹)	
		0	5	0	5	0	5
سالیسیلیک اسید	0	474.7 kl	470.5 l	514.7 i	608.4 e	708.4 e	622.1 d
	1	480.6 j	262.1 n	448.4m	482.1k	604.2 e	574.7 f
	2	486ih	526.3 h	804.2 a	572.6 f	738.9 b	552.6 g
Salicylic Acid (mM)							

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۹- اثر متقابل سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید بر غلظت کلسیم (درصد ماده خشک) در برگ گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری
 Table 9- Interaction effect of salicylic acid × humic acid on Ca concentration (% DM) in leaf of bell pepper under salt stress

تیمارها Treatments		شوری Salinity (mM)					
		0		50		100	
		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)	
		0		5		0	
		0	5	0	5	0	5
سالیسیلیک اسید Salicylic Acid (mM)	0	1.9 de	1.22 k	1.68 gh	1.72 fg	2.08 e	2.42 b
	1	1.56 i	2.18 b	1.82 ef	1.94 d	2.04 c	1.72 fg
	2	1.42 j	1.9 d	1.62 hi	2.06 c	2.44 b	9.38 a

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

اکسیداتیو حفظ می‌کند. همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید میزان پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین را در گیاه افزایش می‌دهد که می‌تواند به یکپارچگی و حفظ غشا تحت شرایط تنش خشکی کمک کند (۲۸). افزایش گل‌دهی توسط اسید سالیسیلیک را می‌توان به فعالیت فلوروئونی که باعث انگیزش گلدهی شوند، نسبت

تغییر دادن پارامترهای فیزیولوژیک از قبیل افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، تجمع پرولین و کاهش نشت الکترولیت در گیاه فلفل تحت تنش شوری با کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید گزارش شده است (۵). سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی، گیاه را از صدمات به دست آمده از واکنش‌های

گیاه فلفل تحت تنش شوری گزارش داده‌اند (۵). نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که کاربرد هیومیک اسید و اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار غلظت کلسیم، پتاسیم، آهن و سدیم در برگ و ریشه گیاه فلفل در شرایط تنش شوری گردید. شوری بر روی جذب سایر عناصر غذایی به طور مستقیم تأثیرگذار است. همبستگی مثبت بین افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط ریشه و افزایش مقدار یون سدیم در بافت های گیاهی توسط آگراول و همکاران (۱) گزارش شده است.

داد (۱۵). کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در شرایط شوری می‌گردد و می‌تواند تحمل گیاهان را نسبت به تنش شوری افزایش دهند و در نتیجه باعث بهبود رشد در شرایط شوری گردند، که نتیجه آن افزایش در وزن تر و خشک شاخساره است (۹). افزایش متابولیسم دی اکسیدکربن و میزان فتوسنتز با کاربرد اسید سالیسیلیک نیز گزارش شده است (۲۲). برخی پژوهشگران از کارایی سالیسیلیک اسید به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی بالقوه جهت بهبود رشد و عملکرد

جدول ۱۰- اثر متقابل سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید بر غلظت کلسیم (درصد ماده خشک) در ریشه گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری
Table 10- Interaction effect of salicylic acid × humic acid on Ca concentration (% DM) in root of bell pepper under salt stress

تیمارها Treatments		شوری Salinity (mM)					
		0		50		100	
		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)	
		0		5		0	
		0	5	0	5	0	5
سالیسیلیک اسید Salicylic Acid (mM)	0	4.24 m	7.34 ij	9.22 e	9.86 b	8.34 g	10.34 a
	1	8.1 h	7.3 i	8.56 f	8.04 h	10.34 a	8.84 e
	2	6.12 l	7.42 i	9.16 c	8.58 f	6.64 k	9.02 d

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.
حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۱۱- اثر متقابل سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید بر غلظت پتاسیم (درصد ماده خشک) در برگ گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری
Table 11- Interaction effect of salicylic acid × humic acid on K concentration (% DM) in leaf of bell pepper under salt stress

تیمارها Treatments	شوری Salinity (mM)						
	0		50		100		
	اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		
	0		5		0		
	0	5	0	5	0	5	
سالیسیلیک اسید(میلی مولار)	0	2.92 d	2.04 ij	2.58 e	2.22 gh	3.32 a	2.32 fh
Salicylic Acid (mM)	1	2.02 j	2.06 ij	2.3 fh	3.08 cd	3.3 a	3.1 bc
	2	2.36 fg	2.42 f	2.18 hi	3.14 bc	2.3 a	3.26 ab

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.
حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است

جدول ۱۲- اثر متقابل سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید بر غلظت پتاسیم (درصد ماده خشک) در ریشه گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری
Table 12- Interaction effect of salicylic acid × humic acid on K concentration (% DM) in root of bell pepper under salt stress

تیمارها Treatments		شوری Salinity (mM)					
		0		50		100	
		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)	
		0	5	0	5	0	5
		0	5	0	5	0	5
سالیسیلیک اسید Salicylic Acid (mM)	0	7.82 h	4.94 m	8.22 f	6.22 k	8.42 e	4.88 m
	1	9.82 b	4.48 n	7.96 g	6.02 l	10.01 a	8.72 c
	2	6.3 i	7.32 i	6.04 i	8.62 d	5.98 l	8.28 f

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.
حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۱۳- اثر متقابل سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید بر غلظت سدیم (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک) در برگ گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری

Table 13- Interaction effect of salicylic acid × humic acid on Na concentration (mg/kg DM) in leaf of bell pepper under salt stress

تیمارها Treatments		سطوح مختلف شوری Different levels of Salinity					
		0		50 mM		100 mM	
		اسید هیومیک Humic Acid (g/l)		اسید هیومیک Humic Acid (g/l)		اسید هیومیک Humic Acid (g/l)	
		0	5	0	5	0	5
سالیسیلیک اسید (میلی مولار) Salicylic Acid (mM)	0	238.9 jk	312.6 f	242.1 ij	286.3 h	314.7 ef	362.1 cd
	1	224.2 l	250.5 i	302.1 g	378.9 d	358.9 d	394.7 a
	2	228.4 kl	322.1e	250.5 i	370.5 bc	322.1 ef	362.1 cd

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۱۴- اثر متقابل سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید بر غلظت سدیم (میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک) در ریشه گیاه فلفل دلمه‌ای تحت تنش شوری

Table 14- Interaction effect of salicylic acid × humic acid on Na concentration (mg kg⁻¹ DM) in root of bell pepper under salt stress

تیمارها Treatments		شوری Salinity					
		0		50		100	
		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)		اسید هیومیک Humic Acid (g l ⁻¹)	
		0	5	0	5	0	5
سالیسیلیک اسید Salicylic Acid (mM)	0	914.7 b	614.7 ij	572.6 k	798.9 e	796.8 e	864.2 c
	1	554.7 l	578.9 k	604.2 ij	766.3 g	732.6 h	778.9 f
	2	530.5 m	622.1 i	738.9 h	794.7 e	818.9 d	952.6 a

In each column means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using Tukey test.

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار، براساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد است.

فتوستتیز گیاه می‌شود (۱۳).

هیومیک اسید به دلیل افزایش جذب عناصر معدنی باعث رشد اندام هوایی گیاه می‌شود. هیومیک اسید از طریق گسترش سیستم ریشه، افزایش نفوذپذیری غشای سلول، افزایش ظرفیت جذب عناصر غذایی در ریشه و در نهایت بهبود انتقال و جذب عناصر غذایی باعث افزایش جذب عناصر غذایی و غلظت آن در اندام‌های هوایی گیاه می‌گردد (۳۸). تأثیر اسید هیومیک بر بهبود جذب عناصر معدنی در شرایط تنش شوری توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (۷ و ۴۴). محمد (۲۷) افزایش جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم، آهن و روی را در گیاه ذرت تحت تنش شوری با مصرف اسید هیومیک گزارش نموده است. در پژوهشی محتوی سدیم ریشه و شاخه فلفل با کاربرد هیومیک اسید در شرایط تنش شوری کاهش یافت و این پژوهشگران گزارش نمودند که دوزهای بالای هیومیک اسید اثر مثبتی بر تحمل به شوری دارند (۱۰). که با نتایج بدست آمده در این آزمایش مطابقت دارد.

دانشمند و همکاران (۱۱) گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید نیم میلی‌مولار مقدار سدیم را در گیاهان تحت تنش کاهش داد و غلظت عناصر پتاسیم و کلسیم را افزایش داد. البته کاهش مقدار سدیم و همچنین احتمال افزایش فعالیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌تواند اثرات مثبت سالیسیلیک اسید را بر رشد گیاهان تحت تنش شوری توجیه نماید. اما جنوس و همکاران (۱۶) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید موجب افزایش کاتیون‌ها از جمله پتاسیم در گیاهان ذرت در تنش‌های مختلف گردیده است. در این مطالعه کاربرد سالیسیلیک اسید منجر به کاهش معنی‌دار مقدار یون سدیم در گیاهان تحت تنش گردید. جذب بالای آهن و روی با یافته‌های سانچز-سانچز و همکاران (۳۵) مطابقت داشت. افزایش جذب میزان فسفر توسط ریشه و افزایش غلظت نیتروژن آلی در دمبرگ و برگ‌های مسن با افزایش شوری توسط ساواس و لنز (۳۶) گزارش شده است. در این پژوهش کاربرد هیومیک اسید به همراه اسید سالیسیلیک باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه فلفل تحت تنش شوری گردید. اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم رویسکو سبب افزایش فعالیت

نتیجه‌گیری

شوری یک عامل محیطی محدود کننده تولید محصول در گیاهان است و امروزه به عنوان یک مشکل روزافزون در کشاورزی مطرح است. از نتایج این پژوهش می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که شوری باعث کاهش پارامترهای رشدی گیاه فلفل گردید ولی کاربرد اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید توانست تحمل فلفل به شوری را افزایش داده و باعث بهبود خصوصیات رویشی و زایشی و میزان جذب عناصر معدنی در گیاه فلفل تحت تنش شوری گردد. بنابراین کاربرد هیومیک اسید ۵ در هزار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به جهت کاهش اثرات منفی تنش شوری در گیاه فلفل پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی (کد طرح: ۵۱۲۰۴۹۲۰۴۰۴۰۰۱) می‌باشد که از محل بودجه طرح‌های تحقیقاتی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج تامین اعتبار گردیده است که بدین‌وسیله تشکر می‌گردد. همچنین از سرکار خانم مهندس فریما یوسفی و آقای مهندس مهدی دستیاران جهت کمک در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد. با توجه به فوت نمودن همکار عزیزمان جناب آقای غصنفر محمدی نیا نویسنده سوم مقاله جهت شادی روح آن مرحوم رحمه الله من یقرا الفاتحه مع الصلوات.

منابع

- 1- Agarawal S., Sairam R.K., Srivasta G.C., and Meena R.C. 2005. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum* 49(4): 541-550.
- 2- Ali Ahmadi H., Jahantighi H., and Rostami H. 2004. Study on yield of sweet, green and salad pepper cultivars in sistian. *Seed and Plant* 20(2): 259-262. (In Persian with English abstract)
- 3- Ameri A., and Tehranifar A. 2012. Effect of Humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* var: Camarosa. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 6(16): 77-79.
- 4- Amir J., Eshghi S., Tafazoli E., Abbaspour N. 2015. Growth and photosynthesis of two cultivars of grapevine (*Vitis vinifera* L.) in response to salicylic acid application under salinity. *Journal of Crop Production and Processing* 5(17): 15-29. (In Persian with English abstract)
- 5- Amirinejad A.A., Sayyari M., Ghanbari F., and Kordi S. 2017. Salicylic acid improves salinity-alkalinity tolerance in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Advance in Horticultural Science* 31(3): 157-163.
- 6- Amirjani M.R. 2010. Effect of NaCl on some physiological parameters of rice. *European Journal of Biological Science* 3(1): 06-16.
- 7- Aşık B.B., Turan M.A., Çelik H., and Katkat A.V. 2009. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake wheat (*Triticum durum* Salihli) under conditions of salinity. *Asian Journal Crop Science* 1:87-95.
- 8- Barzegar Hafshejani Z., Mobli M., Khoshgoftarmansh A., and Abedi-Koupai J. 2015. The effects of adding pumice and bentonite to sawdust substrate on growth and productivity of greenhouse-grown bell pepper. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 6 (1): 77-85. (In Persian with English abstract)
- 9- Bayat H., Alirezaie M., and Neamati H. 2012. Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* 8(1): 258-267.
- 10- Çimrin K.M., Türkmen Ö., Turan M., and Tuncer B. 2010. Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. *African Journal of Biotechnology* 9(36): 5845-5851.
- 11- Daneshmand F., Arvin M.J. and Keramat B. 2014. Salicylic acid induced changes in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Research* 27(2): 204-215.
- 12- Dastyaran M., and Hosseini Farahi M. 2015. Effects of humic acid and putrescine on vegetative properties and vase life of rose in soilless culture system. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 5 (4):241-250. (In Persian with English abstract)
- 13- Delfine S., Tognetti R., Desiderio E., and Alvino A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development* 25: 183-191.
- 14- El-Tayeb M.A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Journal of Plant Growth Regulators* 45: 215-225.
- 15- Eshghi S., Moharami S., and Jamali B. 2017. Effect of salicylic acid on growth, yield and fruit quality of strawberry cv. 'Paros' under salinity conditions 7(4): 163-174. (In Persian with English abstract)
- 16- Gunes A., Inal A., Alpaslan M., Cicek N., Guneri E., Eraslan F., and Guzelorda T. 2005. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science* 51: 687-695.
- 17- Habibi Sharafabad M., Hosseini Farahi M., Didgah S.K. 2017. Effect of salicylic acid and humic acid on quantitative and qualitative properties of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Goldi). *Journal of Science and*

- Technology of Greenhouse Culture 8(2): 49-65. (In Persian with English abstract)
- 18- Hayat Q., Hayat S., Irfan M., and Ahmad A. 2009. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Journal of Experimental Botany* 68:14-25.
 - 19- Hosseini Farahi M., Ameri Fahlani R., Yosefi F. 2015. Effects of humic acid and fertilizer containing calcium and boron (Calboron) on vegetative and reproductive properties of strawberry in soil-less culture system. *Journal of Plant Ecophysiology* 7(21): 235-250. (In Persian with English abstract)
 - 20- Hosseini S., Hosseini Farahi M., Aboutalebi A., Jowkar M.M. 2017. Effect of different media substrate and humic acid on growth and nutrient absorption of soilless cultured cut rose flowers. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 8(2): 89-103. (In Persian with English abstract)
 - 21- Hosseini Farahi M., Dastyaran M., and Yousefi F. 2017. Effect of polyameins (PAS) and humic acid (HA) on growth, yield and concentration of mineral elements in shoot and root of strawberry. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 18(2): 209-220. (In Persian with English abstract)
 - 22- Jamali B., Eshghi S., and Tafazoli E. 2013. Vegetative growth, yield, fruit quality and fruit and leaf composition of strawberry cv. 'Pajaro' as influenced by salicylic acid and nickel sprays. *Journal of Plant Nutrition* 36: 1043-1055.
 - 23- Jamali S., Sharifan H., and Sajadi F. 2018. Investigation the use of irrigation by caspian seawater on sweet pepper (*Capsicum annum*) under greenhouse conditions. *Journal of Water and Soil Conservation* 25(1): 243-256. (In Persian with English abstract)
 - 24- Kamali M., Kharazi S.M., Selahvarzi Y., and Tehranifar A. 2012. Effect of salicylic acid on growth and some morphophysiological of (*Gomphrena globosa* L.) in salt stress condition. *Journal of Horticultural Science* 26(1): 104-112. (In Persian with English abstract)
 - 25- Khoshbakht D., Ramin A.A., Baghbanha M.R. 2012. Possible reduction of the effect of salinity on bean (*Phaseolus vulgaris*) with application of salicylic acid. *Journal of Crop Production and Processing* 2(5):189-200. (In Persian with English abstract)
 - 26- Kiarostami KH., Abdolmaleki N., and Haydari M. 2012. Study the effect of salicylic acid on reduce salt stress in canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Plant Biology* 4(12): 69-82.
 - 27- Mohamed W.H. 2012. Effects of humic acid and calcium forms on dry weight and nutrient uptake of maize plant under saline condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 6: 597-604.
 - 28- Nemeth M., Janda T., Hovarth E., Paldi E., and Szali G. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. *Plant Science* 162: 569-574.
 - 29- Qados A.M.A. 2015. Effects of salicylic acid on growth, yield and chemical contents of pepper (*Capsicum Annuum* L.) plants grown under salt stress conditions. *The International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 8(2): 107-113.
 - 30- Raghmi M., Estaji A., Bagheri V., and Aryakia E. 2016. Effect of salinity stress and salicylic acid on some morphophysiological characteristics of eggplant (*Solanum melongena* var. Taki) in soilless culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 7(3):77-87. (In Persian with English abstract)
 - 31- Rajaravindran M., and Natarajan S. 2012. Effects of salinity stress on growth and antioxidant enzymes of the halophyte *Sesuvium portulacastrum*. *International Journal of Research in Biological Sciences* 2(1): 18-25.
 - 32- Sajjadi F., Sharifan H., Hezarjaribi A., and Ghorbani-e-Nasrabad GH. 2016. The effect of salinity stress and over irrigation on yield and yield components of green pepper. *Journal of Water and Irrigation Management* 6(1): 89-100. (In Persian with English abstract)
 - 33- Salarian M., Alizadeh A., Davari K., and Ansari H. 2018. Water and salinity stress on morphological characteristics, quality and quantity of sweet pepper in smart drip irrigation system. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 11(6): 322-336. (In Persian with English abstract)
 - 34- Saleh B. 2013. Water status and protein pattern changes towards salt stress in cotton. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* 9(1): 113-123.
 - 35- Sanchez- Sanchez A., Sanchez-Andreu J., Juarez M., Jorda J., and Bermudez D. 2002. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. *Journal of Plant Nutrition* 25: 2433-2442.
 - 36- Savvas D., and Lenz F. 2000. Effects of NaCl or nutrient-induced salinity on growth, yield, and composition of eggplants grown in rockwool. *Scientia Horticulture* 84: 37-47.
 - 37- Sevengor S., Yasar F., Kusvuran S., and Ellialtioglu S. 2011. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. *African Journal of Agricultural Research* 6(21): 4920- 4924.
 - 38- Sharif M., Khattak R.A., and Sarir M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33(19-20): 3567-3580.
 - 39- Shayesteh N., Golchen A., and Shafe S. 2012. The Effects of irrigation water salinity, nitrogen and foliar application of calcium chloride on yield and growth indices of pepper. *Journal of Agricultural Engineering*, 34(2): 69-84.
 - 40- Sönmez F., and Gülser F. 2016. Effects of humic acid and Ca (NO₃)₂ on nutrient contents in pepper (*Capsicum annum*) seedling under salt stress. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 66(7): 613-

- 618.
- 41- Tester M., and Davenport R. 2003. Na tolerance and Na transport in higher plants. *Annals of Botany* 91: 503-527.
- 42- Topuz A., and Ozdem F. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis* 20: 596-602.
- 43- Trevisan S., Pizzeghello D., Ruperti B., Francioso O., Sassi A., Palme K., Quaggiotti S., and Nardi S. 2009. Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in *Arabidopsis*. *Biologia Plantarum* 12: 604-614.
- 44- Türkmen Ö., Demir S., Şensoy S., and Dursun A. 2005. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper growth under saline soil conditions. *Journal of Biological Sciences* 5: 568-574.
- 45- Yildirim E., Turan M., and Guvenc I. 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 31: 593- 612.
- 46- Zarea Bavany MR., Peyvast GH., Ghasemnezhad M., and Forghani A. 2016. Evaluation of salt tolerance in commercial pepper cultivars at the seedling stage. *Journal of Crops Improvement* 17(4): 893-909. (In Persian with English abstract)
- 47- Ziaf K., Amjad M., Aslampervez M., Iqbal Q., Rajwana IA., and Ayyub M. 2009 Evaluation of different growth and physiological traits as indices of salt tolerance in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 41(4): 1797-1809.



Improvement of Salt Tolerance and Nutrient Absorption in Pepper (*Capsicum annuum*) Through Application of Salicylic Acid and Humic Acid

M.K. Shefazadeh Shahrehabki^{1*}- M. Hosseinfarahi²- Gh. Mohamadineia³

Received: 24-04-2019

Accepted: 22-01-2020

Introduction: Bell pepper (*Capsicum annuum*) belongs to solanaceae family, which is cultivated and consumed in the world due to its high economic value. Bell peppers also have valuable nutritional and medicinal compounds, including natural colors, antioxidants and vitamins A, B and E. Salinity stress is one of the most important environmental factors limiting growth, which has very adverse effects on plant growth and yield. Salinity stress reduced the yield of agricultural products due to the effect on the competitive absorption and transfer of nutrients in the plant. Nowadays, the increased tolerance of plants to environmental stresses from different pathways involve breeding programs and the use of plant growth regulators and organic substances. In comparison to breeding methods that are often long-term and cost-intensive, it is easy and inexpensive to use plant growth regulators such as Salicylic Acid (SA) and humic acid (HA).

Material and Methods: To investigate the effect of Salicylic Acid (SA) and Humic Acid (HA) on the improvement of tolerance to salinity and absorption of mineral elements under salinity stress in greenhouse culture, a factorial experiment based on Randomized Complete Block Design (RCBD) was conducted in Yasooj. The first factor was SA in three levels (0, 1, and 2 mM), the second factors HA in two levels (0 and 5 g l⁻¹), and the third factors salinity in three levels (0, 50, and 100 mM). The bell pepper seedlings cv. California were obtained from a commercial producer and planted in 4-liter plastic pots containing perlite and cocopeat (1:1) in 2015. Plants were grown in a hydroponic greenhouse with day/night temperature (24.3 and 15.4 °C) and 60 to 80% RH in the village of Nahrgah in Yasooj. After the plants were established (having about 4-5 leaves), sodium chloride salt was used in the concentrations of 0, 50, and 100 mmol in the nutrient solution for salinity stress. To prevent a sudden shock, the first one week all the pots were irrigated with a 10 mM-food solution and in the second week with a 25 mM salt solution. After that, the plants irrigated 50 and finally 100 mg of sodium chloride. Traits such as plant height, number of leaves, number of flowers, number of fruits, and average fruit weight, and yield, fresh and dry weight of leaf were measured. The content of K, Ca, Fe and Na elements in the leaves and roots of treated and untreated plants were measured by an atomic absorption device equipped with a graphite furnace system. Data analysis (ANOVA) was performed using MSTAT-C statistical software. The means were compared with the Tukey test ($P \leq 0.05$) and the graphs were plotted with Excel.

Results and Discussion: Results showed that the salinity has negative effects on growth factors. The application of HA and SA reduced the negative effects of salinity and increased growth parameters. The application of HA and Salicylic acid increased the number of pepper fruits under salt stress conditions. The highest number of fruits was obtained in the plants treated with 5 g l⁻¹ HA and 2 mM salicylic acid compared to the other treatments. The results of this experiment showed that the application of HA and Salicylic acid had a significant effect on the content of mineral elements in the leaves and roots of sweet peppers under salt stress. The highest amount of Fe was observed in the leaves of pepper plants treated with 100 mM and the lowest in untreated plants. The highest amount of leaf calcium was obtained in peppers treated with SA 2 mM and HA 5 g l⁻¹ in comparison to other treatments. Application of SA 1 and 2 mM increased the concentration of calcium of the leaves and roots of the pepper plant. The highest root potassium were obtained in plants treated with 5 g l⁻¹ HA and 1mM SA at salinity level of 100 mM in comparison to the other treatments.

Conclusion: Salinity is an environmental factor limiting the production of crops in plants. According to the results of present study, it can be concluded that salinity reduced the growth parameters of the bell pepper plant. The use of SA and HA increased bell pepper tolerance to salinity and improved the vegetative and reproductive characteristics and absorption of mineral elements. Therefore, the application of HA 5 g l⁻¹ and 2 mM SA is suggested to reduce the negative effects of salinity stress on bell pepper.

Keywords: Ca, Fe, Fruit, K, Yield

1 and 3- Instructors, Department of Agronomy, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran

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

2- Assistant Professor, Department of Horticulture Science, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran



مقاله علمی-پژوهشی

بهینه‌سازی محیط کشت جهت پینه‌زایی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea*) و تأثیر عصاره مخمر بر ترکیبات آنتی‌اکسیدان

آزاده صفاریزیدی^۱ - علی گنجعلی^{۲*} - رضا فروش^۳ - منیره چینیانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴

چکیده

خرفه *Portulaca oleracea* به علت داشتن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی فراوان و اسیدهای چرب مهم مانند امگا-۳ و ۶ به عنوان گیاهی ارزشمند مورد توجه می‌باشد. در آزمایش اول ریزنمونه‌های حاصل از دانه‌های استریل (برگ، ساقه و جوانه انتهایی) در محیط‌کشت‌های MS و 1/2MS حاوی غلظت‌های ۰، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BAP و NAA در قالب طرح کاملاً تصادفی به منظور توان پینه‌زایی مورد بررسی قرار گرفتند. صفات مورفولوژیکی پینه‌ها پس از ۵ ماه رشد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۸/۱۶ ساعت به ترتیب روشنایی و تاریکی، بررسی شد. مشاهدات مؤید تشکیل پینه‌های بادوام، سبزرنگ و دارای بافت فشرده از ریزنمونه‌های ساقه بودند. بیشترین درصد پینه‌زایی، اندازه، وزن تر و خشک پینه به محیط‌کشت MS حاوی غلظت توأم ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر BAP و NAA تعلق داشت. آزمایش دوم با هدف بررسی عصاره مخمر بر محتوای ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پینه‌های حاصل انجام شد. برای این منظور پینه‌های ۲۱ روزه به محیط‌کشت MS دارای تیمار هورمونی منتخب آزمایش اول منتقل و با غلظت‌های صفر، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره مخمر تیمار شدند. بیشترین محتوای فنل (۶۶۴/۱۲ میلی‌گرم اسید گالیک در صد گرم وزن خشک)، فلاونوئید (۴۲/۲۵ میلی‌گرم کوئرستین در صد گرم وزن خشک) و FRAP (۷۸۷/۰ میکرو مول آهن در گرم وزن خشک) به پینه‌های تیمار شده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره مخمر تعلق داشت. در این آزمایش حداکثر میزان DPPH IC₅₀ (۲/۴۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) به تیمار شاهد اختصاص داشت.

واژه‌های کلیدی: فنل، عصاره مخمر، NAA، BAP، *Portulaca oleracea*

مقدمه

مهمی از ترکیبات فنلی هستند که اعمال متعددی در گیاهان مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بهبود مقاومت در مقابل تنش‌های محیطی را برعهده دارند (۲۰). با توجه به عوارض جانبی ناشی از ترکیباتی که به روش‌های شیمیایی تولید می‌شوند، کشت پینه یکی از راهبردهای مهم برای تولید محصولات طبیعی و متابولیت‌های ثانویه دارویی است (۲۸).

در خصوص کشت بافت، تا به امروز بیش از ۵۰ فرمول برای محیط‌کشت ارائه شده است ولی عموماً از محیط‌کشت موراشیگ^۴ و اسکوگ^۵ (MS) برای اکثر گونه‌های گیاهی استفاده شده است (۱۹). غلظت و ترکیب تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها نقش اساسی در القای پینه دارند (۶). بررسی‌ها نشان داده است که وجود یک منبع اکسین یا سیتوکینین به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر می‌توانند برای پینه‌زایی مورد استفاده قرار گیرند

خرفه (*Portulaca oleracea*) گیاهی علفی و متعلق به خانواده Portulacaceae می‌باشد. این گیاه به دلیل داشتن مواد مغذی، ترکیبات آنتی‌اکسیدان فراوان و ترکیبات مؤثره‌ای مانند اسیدهای چرب امگا-۳ و ۶، به عنوان غذای قدرتمند^۳ آینده لقب گرفته است (۱۱ و ۲۲). ترکیبات فنلی مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه در گیاه خرفه می‌باشند (۱۱). بررسی‌ها حاکی از آن است که این ترکیبات به دلیل داشتن ساختار ویژه (حالت هیدروکسیلاسیون حلقه‌های آروماتیک)، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا هستند (۳۹). فلاونوئیدها زیرمجموعه

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

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

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.80393

3- Power food

4- Murashige
5- Skoog

خرفه و همچنین تأثیر عصاره مخمر بر محتوای ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی اکسیدانی پنبه‌های حاصله انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

بذور خرفه (*P. oleracea*) از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد جمع‌آوری شد. جهت تهیه دانه‌های استریل، بذرها را با آب و صابون شسته شده و در زیر هود لامینار فلو (مدل JTLVC2، Jaltajhiz، ایران) در محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد (حجمی/حجمی) به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند. نمونه‌ها سه مرتبه و هر دفعه به مدت ۵ دقیقه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند. در هر شیشه حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محیط کشت، ۱۵ عدد بذر کاشته شده و سپس در فیتوترون آزمایشگاه تحقیقاتی فیزیولوژی گیاهی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری ۱۶/۸ ساعت به ترتیب روشنایی و تاریکی قرار گرفتند.

استقرار پنبه

جهت ارزیابی توان پنبه‌زایی، ریزنمونه‌های مختلف شامل قطعات برگ، ساقه یک سانتی‌متری فاقد گره و جوانه انتهایی از دانه‌های استریل تهیه و در دو محیط کشت MS و ½MS جامد حاوی سطوح مختلف NAA (۰، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر) و BAP (۰، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر) و کاربرد توأم آن‌ها کشت شدند. برای هر تیمار سه تکرار مجزا در نظر گرفته و در هر شیشه حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محیط کشت، ۷ ریزنمونه قرار داده شد. به دلیل کند بودن رشد پنبه‌ها و پرهیز از خشک شدن محیط‌های کشت و ماندن از کاهش مواد غذایی، بعد از سه ماه، پنبه‌ها واکشت و به محیط کشت‌های جدید منتقل شدند. پس از گذشت ۵ ماه از کشت اولیه و زمانی که پنبه‌ها به اندازه کافی رشد کردند، نمونه‌ها از محیط کشت خارج و صفات مورفولوژیکی شامل رنگ، بافت، اندازه، وزن تر و خشک و درصد پنبه‌زایی بررسی شدند. جهت تعیین وزن خشک، پنبه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد (به مدت ۲۴ ساعت) قرار داده شده و سپس وزن خشک نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد.

تیمار عصاره مخمر

در مرحله بعد، پنبه‌های حاصل از قطعات ساقه رشد یافته در محیط کشت منتخب (محیط MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر هر کدام از هورمون‌های NAA و BAP)، به محیط مشابه ولی حاوی

BAP و NAA به ترتیب نوعی از هورمون‌های سیتوکینین و اکسین هستند که در پژوهش‌های مختلف برای تولید پنبه مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۲).

باتوجه به اهمیت گیاه خرفه از نظر ویژگی‌های غذایی و همچنین کاربرد آن برای تولید متابولیت‌های ثانویه دارویی، استفاده از روش‌های مختلف از جمله کشت بافت برای افزایش این ترکیبات، مورد توجه می‌باشد. متأسفانه تاکنون پژوهش‌های اندکی در مورد کشت بافت و القای پنبه در خرفه انجام شده است. برای مثال صفدری و کاظمی تبار (۲۰۰۹) نقش هورمون‌های ایندول ۳- بوتیریک اسید (IBA) و BAP را در القای پنبه از برگ‌ها، بخش هوایی و دمبرگ گیاه *P. oleracea* گزارش نمودند (۳۰). پیریان و پیری (۲۰۱۴) گزارش کردند که تیمار BAP و 2,4-D موجب تولید پنبه از ریشه‌های موئن *P. oleracea* شده است (۲۳). نقش کینتین و 2,4-D در القای پنبه از گیاه *P. oleracea* توسط اورایی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شد (۲۰). تحقیقات دیگری نیز در زمینه تأثیر انواع تنظیم‌کننده‌های رشد بر ریزازدیدی سایر گونه‌های *Portulaca* انجام شده است. رانی و همکاران (۲۰۰۷) نقش دو هورمون BAP و 2,4-D در القاء پنبه‌زایی گیاه *P. grandiflora* Hook. را مشاهده کردند (۲۷). صفدری و کاظمی تبار (۲۰۱۰) نیز بیان داشتند تنظیم‌کننده‌های رشد BAP (غلظت‌های ۵ یا ۱۰ میکرو مول) و NAA (۱۰ میکرو مول) می‌توانند تولید پنبه را در گیاه *P. grandiflora* القاء کنند (۳۱).

محرك‌های رشد^۱ ترکیباتی با وزن ملکولی پایین هستند که می‌توانند موجب القای پاسخ‌های دفاعی در گیاهان (۲۶) و همچنین تولید انواع مختلف متابولیت‌های ثانویه شوند (۱۳). مخمرها یوکاریوت‌های تک سلولی هستند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به گونه *Saccharomyces cerevisiae* اشاره کرد (۱۴). تأثیر محرك‌های رشد زیستی بر بیان ژن‌های مسیر سنتز متابولیت‌های ثانویه و در نتیجه سنتز این ترکیبات توسط پژوهشگران متعدد به اثبات رسیده است. برای مثال، افزایش محتوای فنل کل و فلاونوئید کوئرستین در پنبه‌های حاصل از جداکشت‌های سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L. تحت تیمار عصاره مخمر توسط سبحانی زاده و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شده است (۳۵). آراسته فر و همکاران (۲۰۱۴) نیز افزایش محتوای فلاونوئید و آنتوسیانین کل را در دانه‌های سویا (*Glycine max* L.) تحت تأثیر عصاره مخمر مشاهده کردند (۵). اما تاکنون هیچ گزارشی مبنی بر تأثیر عصاره مخمر بر محتوای ترکیبات فنلی و آنتی اکسیدانی گیاه خرفه ارائه نشده است. باتوجه به موارد ذکرشده، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر محیط کشت، نوع ریزنمونه و غلظت مواد تنظیم‌کننده رشد بر ظرفیت پنبه‌زایی گیاه

براساس روش براند-ویلیامز و همکاران (۱۹۹۵) با تغییرات اندک سنجش شد. در این روش توانایی انتقال اتم هیدروژن یا الکترون توسط عصاره‌های موجود، از روی میزان تغییر رنگ محلول سنجیده می‌شود (۷). محلول‌های متانلی نمونه در سطوح مختلف غلظت (۱۵۶/۰-۱۰ میلی گرم در میلی لیتر) با ۱/۷۵ میلی لیتر محلول DPPH (۲۵/۰ میلی گرم در میلی لیتر) مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و شرایط تاریکی قرار داده شدند. متانول مطلق برای صفر کردن دستگاه و نمونه حاوی متانل مطلق و DPPH به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سپس جذب آن‌ها توسط اسپکتروفتومتر (UV-120-02, Shimadzu, Japan) در طول موج ۵۱۵ نانومتر خوانده شد. درصد مهار رادیکال DPPH با استفاده از معادله شماره (۱) محاسبه و در انتها نتایج به صورت IC_{50} (مقداری از آنتی اکسیدان که لازم است تا غلظت DPPH به ۵۰ درصد مقدار اولیه برسد) بیان گردید. طبیعی است هر چه مقدار IC_{50} کوچکتر باشد، فعالیت آنتی اکسیدان بیشتر است.

$$(۱) \quad ۱۰۰ \times (\text{جذب شاهد} / \text{جذب نمونه} - \text{جذب شاهد}) = \text{درصد مهار}$$

تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی براساس آزمون FRAP

در این روش توانایی عصاره در احیای یون‌های فریک (Fe^{3+}) در حضور آنتی اکسیدان‌ها اندازه‌گیری می‌شود. برای بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی FRAP، معرف FRAP از طریق مخلوط کردن ۱۰ میلی لیتر بافر استات ۳۰۰ میلی مولار در pH ۳/۶ (۳/۱ گرم استات سدیم سه آبه)، یک میلی لیتر کلرید فریک ۷ آبه ۲۰ میلی مولار محلول در آب مقطر و یک میلی لیتر ۲،۴۶-تری-۲-پیریدیل-s-تریوزین (TPTZ) ۱۰ میلی مولار (محلول در HCl ۴۰ میلی مولار) بدست آمد. ۱۰ میکرولیتر عصاره (یک گرم در میلی لیتر) به ۱۹۰ میکرولیتر محلول FRAP افزوده شده و پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد، جذب مخلوط به وسیله اسپکتروفتومتر (UV-120-02, Shimadzu, Japan) در طول موج ۵۹۳ nm خوانده شد. بلانک شامل ۱۰ میکرولیتر آب مقطر و ۱۹۰ میکرولیتر محلول FRAP بود (۳۸). از غلظت‌های مختلف $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ برای رسم منحنی استاندارد استفاده شده و داده‌های مربوط به فعالیت آنتی اکسیدانی FRAP به صورت میکرو مول Fe در گرم وزن خشک پینه به ثبت رسیدند.

واکوی آماری

داده‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲، تجزیه واریانس شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $p \leq 0.05$ مقایسه شدند.

غلظت‌های مختلف عصاره مخمر (۰، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر) انتقال یافتند. سه ماه پس از کشت، پینه‌ها از محیط کشت خارج شده و جهت سنجش‌های مورد نظر (محتوای فنل و فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی) در دمای اتاق خشک شدند. جهت عصاره گیری، ۰/۵ گرم از پینه‌های پودر شده در ۵ میلی لیتر متانل ۸۰ درصد (حجمی/حجمی) به مدت ۲۴ ساعت خیسانده و سپس توسط کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شدند. سپس محلول حاصل جهت تبخیر حلال زیر هود قرار گرفت. پس از خشک شدن کامل حلال، نمونه‌های به دست آمده وزن و جهت بررسی‌های بعدی در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

شاخص‌های مورد مطالعه

تعیین محتوای فنل کل

تعیین محتوای فنل کل پینه‌ها بر مبنای روش سینگلتن و روسی (۱۹۶۵) با برخی تغییرات انجام شد (۳۴). ابتدا یک میلی گرم از عصاره به دست آمده در مرحله استخراج در یک میلی لیتر متانل ۸۰ درصد حل شد. سپس یک میلی لیتر عصاره را به ۲۰۰ میکرولیتر معرف فولین-سیوکالتو ده درصد (حجمی/حجمی)، ۵۰۰ میکرولیتر آب و ۸۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد (وزنی/حجمی) افزوده و پس از دو ساعت قرار گرفتن در دمای محیط، جذب آن توسط اسپکتروفتومتر (UV-120-02, Shimadzu, Japan) در طول موج ۷۶۵ nm خوانده شد. از اسید گالیک (Sigma Aldrich, USA) جهت رسم منحنی استفاده شده و محتوای فنل کل به صورت میلی گرم اسید گالیک (GAE) در صد گرم وزن خشک پینه بیان گردید.

تعیین محتوای فلاونوئید کل

جهت تعیین محتوای فلاونوئید کل، یک گرم عصاره به دست آمده در مرحله استخراج در ۱/۵ میلی لیتر متانل ۸۰ درصد، ۰/۱ میلی لیتر $AlCl_3$ ده درصد (وزنی/حجمی) آبی، ۰/۱ میلی لیتر استات پتاسیم یک مولار آبی و ۲/۸ میلی لیتر آب حل و پس از ۳۰ دقیقه، جذب آن توسط اسپکتروفتومتر (UV-120-02, Shimadzu, Japan) در طول موج ۴۱۵ nm مورد سنجش قرار گرفت. از سطوح مختلف کوئرستین (Sigma Aldrich, USA) برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شده و محتوای فلاونوئید کل به صورت میلی گرم کوئرستین (QE) در صد گرم وزن خشک پینه گزارش شد (۸).

تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی

تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی براساس آزمون DPPH

فعالیت روبندگی رادیکال‌های آزاد عصاره به روش DPPH

نتایج و بحث

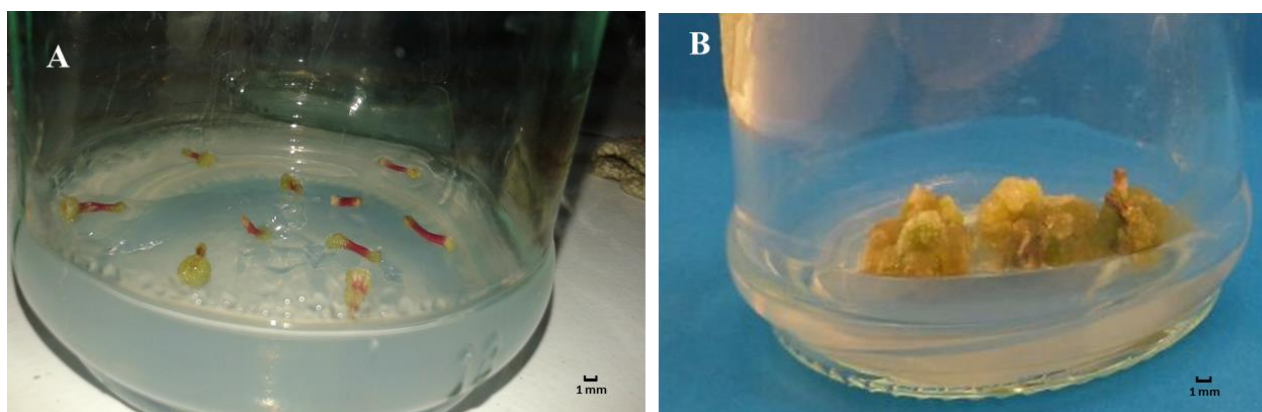
تولید دانه‌های استریل در محیط کشت $\frac{1}{2}$ MS

کشت بذر خرفه در محیط کشت $\frac{1}{2}$ MS منجر به تشکیل دانه‌های استریل با رشد مناسب و دارای جوانه انتهایی، برگ و ساقه شد. به نظر می‌رسد ذخایر بذر در گیاه خرفه از توانایی لازم برای رشد دانه‌ها و تأمین انرژی لازم تا رشد اتوتروفی گیاه برخوردار است. همسو با نتایج حاضر، تحقیقات انجام شده توسط سایر پژوهشگران نشان داده است که کشت بذر گیاهان به‌منظور جوانه‌زنی نیازی به مواد غذایی با غلظت بالا ندارد و در محیط کشت با غلظت کم MS و اکسیژن‌رسانی به خوبی انجام می‌شود (۲۳).

تأثیر ریزنمونه، محیط کشت و تیمار هورمونی بر القای

پینه‌زایی و رنگ و بافت پینه‌های حاصل از قطعات ساقه

بررسی داده‌ها نشان داد که نوع ریزنمونه، محیط کشت و هورمون‌ها تأثیر معنی‌داری بر القای پینه‌زایی داشتند (جدول ۱). نتایج مشاهدات حاکی از آن بود که ریزنمونه‌های برگ و جوانه انتهایی منجر به تولید پینه نشده و چنانچه پینه‌ای نیز تشکیل شد، ظرف چند روز، رشد آن متوقف و نکروزه شدند. تنها ریزنمونه‌های حاصل از قطعات ساقه در محیط کشت‌های MS و $\frac{1}{2}$ MS حاوی سطوح مشخصی از BAP و NAA، رشد نموده و پینه تشکیل دادند. کاربرد توأم هورمون‌های BAP و NAA در غلظت‌های $\frac{1}{10}$ ، $\frac{3}{10}$ و $\frac{5}{10}$ میلی گرم در لیتر، پینه‌های نوپدید به رنگ زرد ایجاد کردند (شکل ۱) که پس از گذشت دو ماه، رنگ آن‌ها به سبز لجنی تا سبز تیره تغییر پیدا کرد. رنگ سبز در بین تیمارهای مختلف هورمونی تغییری نداشت و بافت پینه نیز سفت و به هم فشرده بود (شکل ۲).

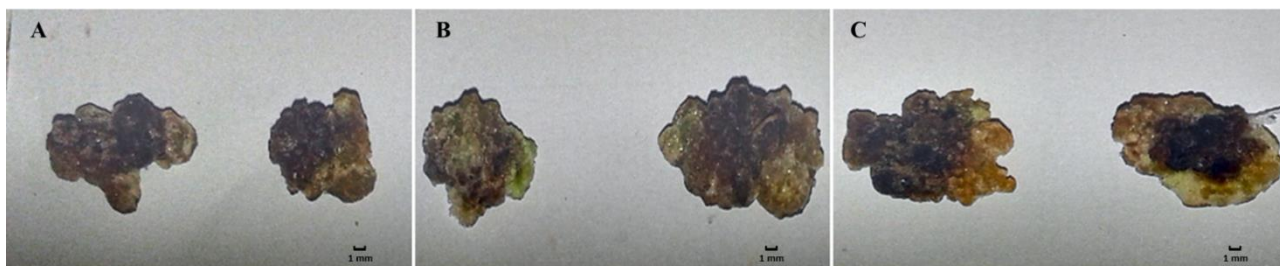


شکل ۱- تأثیر کاربرد توأم هورمون‌های BAP و NAA در غلظت $\frac{5}{10}$ میلی گرم در لیتر در محیط کشت MS بر تشکیل پینه در گیاه خرفه

(A) ۳ هفته پس از کشت؛ (B) ۱۱ هفته پس از کشت

Figure 1- Effect of 0.5 mg L^{-1} BAP with 0.5 mg L^{-1} NAA in MS medium on callogenesis of Purslane

A) 3 weeks after culture; B) 11 weeks after culture



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف BAP و NAA بر اندازه پینه‌های گیاه خرفه

(A) از سمت چپ: کاربرد توأم هورمون‌های BAP و NAA در غلظت $\frac{1}{10}$ میلی گرم در لیتر در محیط کشت MS و $\frac{1}{2}$ MS؛ (B) از سمت چپ: کاربرد توأم هورمون‌های BAP و NAA در غلظت $\frac{3}{10}$ میلی گرم در لیتر در محیط کشت MS و $\frac{1}{2}$ MS؛ (C) از سمت چپ: کاربرد توأم هورمون‌های BAP و NAA در غلظت $\frac{5}{10}$ میلی گرم در لیتر در محیط کشت MS و $\frac{1}{2}$ MS.

Figure 2- The effect of different concentrations of NAA and BAP on callus size of Purslane

A) from the left: 0.1 mg L^{-1} BAP with 0.1 mg L^{-1} NAA in MS and $\frac{1}{2}$ MS media; B) from the left: 0.3 mg L^{-1} BAP with 0.3 mg L^{-1} NAA in $\frac{1}{2}$ MS and MS media; C) from the left: 0.5 mg L^{-1} BAP with 0.5 mg L^{-1} NAA in $\frac{1}{2}$ MS and MS media.

تأثیر ریزنمونه، محیط‌کشت و تیمار هورمونی بر اندازه، وزن تر و خشک پینه‌های حاصل از قطعات ساقه و درصد پینه‌زایی

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که نوع محیط‌کشت (MS و $1/2MS$) و تیمارهای هورمونی (BAP و NAA) و برهمکنش بین دو هورمون تأثیر معنی‌داری بر اندازه پینه‌های حاصل از قطعات ساقه‌های گیاه خرفه داشتند، اما برهمکنش نوع محیط‌کشت و هورمون معنی‌دار نبود ($p \leq 0.05$). حداکثر اندازه پینه به محیط‌کشت MS حاوی کاربرد توأم هورمون‌های BAP و NAA در غلظت 0.5 میلی‌گرم در لیتر تعلق داشت ($2/16$ سانتی‌متر) که نسبت به محیط‌کشت $1/2MS$ حاوی غلظت مشابهی از BAP و NAA، افزایش معنی‌داری نشان داد. غلظت 0.3 میلی‌گرم در لیتر BAP به همراه 0.3 میلی‌گرم در لیتر NAA به کار رفته در دو نوع محیط‌کشت MS و $1/2MS$ موجب کاهش معنی‌دار اندازه پینه نسبت به کاربرد توأم 0.5 میلی‌گرم در لیتر از هورمون‌های BAP و NAA شد. اندازه پینه‌های به دست آمده از محیط‌کشت‌های MS و $1/2MS$ حاوی ترکیبی از 0.1 میلی‌گرم در لیتر BAP و 0.1 میلی‌گرم در لیتر NAA نیز نسبت به غلظت‌های 0.3 میلی‌گرم در لیتر BAP به همراه 0.3 میلی‌گرم در لیتر NAA و همچنین تلفیقی از 0.5 میلی‌گرم در لیتر BAP و 0.5 میلی‌گرم در لیتر NAA به صورت معنی‌داری کاهش یافت. نتایج نشان داد با کاهش غلظت هورمون‌ها در محیط‌کشت، اندازه پینه‌ها نیز کاهش یافت، به گونه‌ای که کمترین مقدار پینه به محیط $1/2MS$ فاقد تیمار هورمونی مربوط بود که هیچ پینه‌ای تولید نکرد (جدول ۱).

بررسی نتایج مؤید آن است که محیط‌کشت و تیمارهای هورمونی BAP و NAA، تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر وزن تر پینه داشتند، اما تأثیر برهمکنش محیط‌کشت و هورمون بر این صفت معنی‌دار نبود. بیشترین وزن تر پینه به کاربرد توأم هورمون‌های BAP و NAA در غلظت 0.5 میلی‌گرم در لیتر و محیط‌کشت MS تعلق داشت ($1/82$ گرم) که افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. کمترین وزن تر پینه در محیط‌کشت $1/2MS$ فاقد هورمون مشاهده شد. با کاهش غلظت هورمون‌ها، غالباً وزن تر پینه در دو محیط‌کشت به صورت معنی‌داری کاهش یافت، همچنین در این آزمایش در اغلب ترکیبات هورمونی، وزن تر پینه در محیط‌کشت MS نسبت به محیط‌کشت $1/2MS$ بیشتر بود (جدول ۱).

نتایج حاصل از تأثیر محیط‌های کشت MS و $1/2MS$ و تیمارهای مختلف BAP و NAA بر وزن خشک پینه مؤید عدم تأثیر معنی‌دار محیط‌کشت و برهمکنش محیط‌کشت و هورمون بر وزن خشک پینه‌ها می‌باشد ($p \leq 0.05$). بیشترین وزن خشک پینه به کاربرد توأم هورمون‌های BAP و NAA در غلظت 0.5 میلی‌گرم در لیتر در هر دو

تشکیل پینه به گونه گیاهی، ترکیب هورمونی، وجود هورمون‌های درون‌زاد در هر ریزنمونه، مرحله نمو، سن گیاه مادری و نوع ریزنمونه وابسته است (۱۵)، اگرچه علت وابسته بودن رشد پینه در یک گونه گیاهی به نوع ریزنمونه آن گیاه، هنوز به درستی مشخص نشده است (۱۸). بنابراین انتخاب ریزنمونه نیز تا حد زیادی وابسته به نوع گونه گیاهی می‌باشد. انتخاب ریزنمونه مناسب در مرحله رشد مطلوب به همراه تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مناسب، تأثیر چشمگیری بر القای پینه دارد (۱۶). اکسین و سیتوکینین به عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، عوامل کلیدی برای کنترل تقسیم سلولی در شرایط درون شیشه می‌باشند (۱۷). براساس نتایج پژوهشگران، حضور اکسین برای فعال‌سازی تقسیم سلولی در سلول‌های گیاهی تمایز یافته در شرایط کشت بافت مورد نیاز است (۲۵). آلاگومانیان و همکاران (۲۰۰۴) نیز طی پژوهشی بیان نمودند که هورمون BAP علاوه بر القای بهتر پینه‌زایی موجب تکثیر پینه‌ها نیز می‌شود (۳). در برخی تحقیقات گزارش شده است القای پینه از طریق کاربرد هورمون‌های اکسین یا سیتوکینین انجام می‌شود. اما در برخی دیگر، کاربرد توأم این دو هورمون جهت پینه‌زایی توصیه شده است (۲۳). پژوهش‌های اندکی در مورد تأثیر محیط‌کشت و نوع تیمار هورمونی بر پینه‌زایی گیاه *P. oleracea* انجام شده است. اغلب پژوهش‌های انجام شده نمایانگر نیاز به حضور هورمونی تنظیم‌کننده رشد (اکسین و سیتوکینین) برای القای پینه است که با نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا می‌باشد. زینکس و همکاران (۲۰۰۸) محیط MS حاوی 2 میلی‌گرم در لیتر BAP و یا محتوی 2 میلی‌گرم در لیتر BAP و یک میلی‌گرم در لیتر NAA را جهت القای پینه از برگ‌های *P. oleracea* پیشنهاد نمودند (۴۰). صفدری و کاظمی تبار (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که محیط‌کشت حاوی 10 میکرو مول IBA و 5 یا 10 میکرو مول BAP جهت القای پینه از برگ خرفه مناسب می‌باشد (۲۹). پیریان و پیری (۲۰۱۴) دریافتند که تیمار BAP و 2,4-D در محیط‌کشت MS موجب تولید پینه از ریشه‌های موئین *P. oleracea* می‌شود. در این آزمایش بهترین تیمار از نظر تولید پینه، تیمار توأم BAP و 2,4-D (هریک در غلظت یک میلی‌گرم در لیتر) بود. پینه‌های تولیدشده توسط این پژوهشگران، سبز رنگ و دارای بافتی سفت بود که همسو با مشاهدات این پژوهش می‌باشد. وجود پینه‌های سبز رنگ می‌تواند به علت تشکیل کلروپلاستید در سلول‌های بافت پینه باشد که تحت شرایط نور به سرعت تبدیل به کلروپلاست می‌شوند (۲۳). سفت بودن بافت پینه‌ها نیز احتمالاً به علت وجود مقادیر زیادی لیگنین در دیواره آن‌ها می‌باشد (۱۲).

را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده افزایش القای پینه، وزن تر و خشک پینه‌ها در تیمار توأم ۲ میلی گرم در لیتر 2,4-D و ۰/۵ میلی گرم در لیتر کینتین، ۳ میلی گرم در لیتر 2,4-D یا ۳ میلی گرم در لیتر 2,4-D و ۰/۵ میلی گرم در لیتر کینتین نسبت به شاهد بود (۲۰). در مورد تأثیر تیمارهای مختلف هورمونی بر میزان پینه‌زایی سایر گونه‌های جنس *Portulaca* نیز گزارش‌های اندکی وجود دارد. برای مثال مشاهده شده است که سطوح ۱/۵ میلی گرم در لیتر BAP و ۰/۱ میلی گرم در لیتر 2,4-D موجب پینه‌زایی گیاه *P. grandiflora* می‌شود (۲۷). همچنین براساس نتایج صفدری و کاظمی تبار (۲۰۱۰)، غلظت‌های ۵ یا ۱۰ میکرو مول BAP و ۱۰ میکرو مول NAA در محیط کشت MS موجب القای پینه از برگ‌های گونه *P. grandiflora* شدند (۳۰).

محیط کشت MS (۷۵/۳۳ میلی گرم) و $\frac{1}{2}$ MS (۶۵/۶۶ میلی گرم) و کمترین وزن خشک پینه به محیط کشت $\frac{1}{2}$ MS فاقد هورمون مربوط بود (جدول ۱). محیط کشت‌های MS و $\frac{1}{2}$ MS و تیمارهای مختلف هورمونی (BAP و NAA) تأثیر معنی‌داری بر درصد پینه‌زایی ریز نمونه‌های ساقه داشتند، اما تأثیر برهمکنش هورمون و محیط کشت از این لحاظ معنی‌دار نبود ($p \leq 0.05$). در هر دو محیط کشت، بیشترین درصد پینه‌زایی در مورد کاربرد توأم هورمون‌های BAP و NAA در غلظت ۰/۵ میلی گرم در لیتر مشاهده شد که افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت (جدول ۱).
تا به امروز، پژوهش‌های اندکی پیرامون پینه‌زایی گونه *P. oleracea* انجام شده است. اورایی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر سطوح مختلف دو تنظیم‌کننده رشد 2,4-D و کینتین بر پینه‌زایی گیاه خرفه

جدول ۱- اثرات متقابل محیط کشت و هورمون بر اندازه پینه، وزن تر، خشک و درصد پینه‌زایی قطعات ساقه گیاه خرفه

Table 1- Intermediate effects of culture type and hormone treatments on callus size, fresh and dry weight, and percentage of calluses derived from stem specimen of Purslane

محیط کشت Medium	NAA (mg L ⁻¹)	BAP (mg L ⁻¹)	درصد پینه‌زایی Callogenesis percentage	وزن خشک پینه Dry weight of callus (mg)	وزن تر پینه Fresh weight of callus (mg)	اندازه پینه Callus size (mm)
MS	0	0	4.76de	0.00c	0.0l	0.1ij
	0	0.1	4.7de	0.33c	23.3l	0.1ij
	0	0.3	4.76de	0.46c	50.0kl	0.3h-j
	0	0.5	9.52c-e	1.13c	156.6h-l	0.8g-j
	0.1	0	4.76de	0.05c	0.0l	0.1ij
	0.1	0.1	19.02cd	6.23c	636.6d	7.1d
	0.1	0.3	23.76c	2.16c	243.3f-j	3.ef
	0.1	0.5	23.76c	3.00c	302.0e-i	2.8e-g
	0.3	0	9.52c-e	0.33c	3.3kl	0.0g-j
	0.3	0.1	19.02cd	3.10c	343.3e-g	3.1ef
	0.3	0.3	23.76c	55.33b	1243.3c	15.6c
	0.3	0.5	23.76c	3.40c	386.6ef	3.3ef
	0.5	0	19.02cd	1.56c	176.6g-l	1.1f-j
	0.5	0.1	23.76c	3.06c	320.0e-h	2.3e-i
	0.5	0.3	23.76c	3.70c	406.6ef	3.3ef
	0.5	0.5	90.46a	75.33a	1826.5a	21.6a
	0	0	0.00e	0.0c	0.0l	0.0j
	0	0.1	4.76de	0.33c	13.3l	0.1ij
	0	0.3	4.76de	0.46c	56.6kl	0.3h-j
	0	0.5	9.52c-e	1.13c	150.0h-l	0.8g-j
$\frac{1}{2}$ M	0.1	0	4.76de	0.03c	3.3l	0.1ij
	0.1	0.1	14.28c-e	4.53c	450.0e	6.0d
	0.1	0.3	19.02cd	2.03c	223.3f-k	2.0e-j
	0.1	0.5	19.02cd	2.73c	290.0e-i	2.5e-h
	0.3	0	4.76de	0.33c	46.6kl	0.3h-j
	0.3	0.1	14.28c-e	2.90c	313.3e-i	2.3e-i
	0.3	0.3	19.02cd	55.66b	1193.3c	15.0c
	0.3	0.5	23.76c	3.36c	386.6ef	3.5e
	0.5	0	9.52c-e	1.06c	126.6i-l	0.6g-j
	0.5	0.1	19.02cd	2.80c	310.0e-i	2.6e-h
	0.5	0.3	23.76c	3.30c	360.0e-g	2.8e-g
	0.5	0.5	76.16b	65.66a	1617.0b	17.6b

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($p \leq 0.05$), based on Duncan's multiple range test.

محققان نیز بر تأثیر عصاره مخمر بر کل مسیر بیوسنتز فلاونوئیدها تأکید دارند (۲۹). افزایش بیان ژن فنیل آلانین آمونیلایز (۳۳) و ایزوفلاون سینتاز (آنزیم‌های مسیر سنتز ترکیبات فنلی) از علل احتمالی افزایش ترکیبات فلاونوئیدی تحت تأثیر عصاره مخمر عنوان شده است (۵). تصور می‌شود ایجاد تنش و افزایش تولید گونه‌های اکسیژن واکشگر تحت تأثیر عصاره مخمر، احتمالاً منجر به القای سنتز جاسمونیک اسید شده و در نتیجه بیان برخی ژن‌های دفاعی و سنتزی متابولیت‌های ثانویه (مانند ترکیبات فنلی) را افزایش می‌دهد (۲۹). بررسی‌ها نشان داده است ترکیبات فنلی نقش مهمی در حفاظت گیاهان در برابر عوامل تنش‌زای زنده و غیرزنده دارند. آن‌ها فعالیت‌های بیولوژیکی وسیعی مانند اثرات ضدقارچی، ضدباکتریایی، ضدویروسی و ضدالتهابی از خود نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد افزایش محتوای فلاونوئید پاسخی برای کاهش اثرات تنش حاصل از محرک‌های رشد می‌باشد (۵).

تأثیر سطوح مختلف عصاره مخمر بر ظرفیت

آنتی‌اکسیدانی پینه‌ها براساس آزمون DPPH و FRAP

بررسی داده‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف عصاره مخمر بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی پینه‌ها می‌باشد ($p \leq 0.05$). با افزایش غلظت عصاره مخمر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی پینه‌ها افزایش چشمگیری نسبت به شاهد داشت. کاهش معنی‌دار مقادیر DPPH IC₅₀ با افزایش غلظت عصاره مخمر مشاهده شده است. این کاهش در غلظت ۲۵۰ (۲/۰۸ میلی گرم در میلی لیتر) و همچنین ۵۰۰ میلی گرم در لیتر (۱/۸۵ میلی گرم در میلی لیتر) نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود. مقدار IC₅₀ DPPH در پینه‌های شاهد (بیشترین میزان DPPH IC₅₀)، ۱/۳ برابر نمونه‌های تیمار شده با ۵۰۰ میلی گرم در لیتر عصاره مخمر (کمترین میزان DPPH IC₅₀) بود (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشاهدات حاکی از تأثیر معنی‌دار کاربرد عصاره مخمر بر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی پینه‌ها براساس آزمون FRAP می‌باشد ($p \leq 0.05$). افزایش مقدار FRAP در تمامی غلظت‌های مورد استفاده عصاره مخمر نسبت به شاهد معنی‌دار بود. در این آزمایش با افزایش غلظت عصاره، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پینه‌ها براساس آزمون FRAP به صورت معنی‌داری نسبت به یکدیگر و نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به کاربرد غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر (۷۸۷/۰ میکرو مول آهن در گرم وزن خشک) تعلق داشت که نسبت به کمترین مقدار FRAP در تیمار شاهد (۵۶۸/۶ میکرو مول آهن در گرم وزن خشک) حدوداً ۱/۴ برابر بیشتر بود (جدول ۲).

تأثیر سطوح مختلف عصاره مخمر بر محتوای ترکیبات

فنلی و فلاونوئید کل پینه‌ها

سطوح مختلف عصاره مخمر تأثیر معنی‌داری بر محتوای فنل کل پینه‌ها داشتند ($p \leq 0.05$)، به گونه‌ای که با افزایش غلظت عصاره مخمر در محیط‌کشت، میزان ترکیبات فنلی افزایش یافت. غلظت‌های ۱۲۵ و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر عصاره مخمر از نظر افزایش محتوای فنل پینه‌ها مشابه بودند، اما کاربرد هر دو غلظت محتوای فنل کل را نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری افزایش داد. در این آزمایش بیشترین افزایش ترکیبات فنلی در تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر عصاره مخمر (۶۶۴/۱۲ میلی گرم اسید گالیک در صد گرم وزن خشک) مشاهده گردید که تفاوت آن با سایر تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج حاصل از بررسی داده‌ها مؤید این است که با افزایش غلظت عصاره مخمر، محتوای فلاونوئید کل به صورت معنی‌داری افزایش یافت ($p \leq 0.05$). افزایش مقدار فلاونوئید کل در تمام سطوح به جز ۱۲۵ میلی گرم در لیتر، نسبت به شاهد معنی‌دار بود. بیشترین محتوای ترکیبات فلاونوئیدی به غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر (۴۲/۲۵ میلی گرم کوئرستین در صد گرم وزن خشک) مربوط بود و کمترین آن به تیمار شاهد تعلق داشت. به طور کلی، افزایش حدود ۱/۴ برابری در محتوای فنل و فلاونوئید پینه‌های تحت تأثیر ۵۰۰ میلی گرم در لیتر عصاره مخمر نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

عصاره مخمر *S. cerevisiae* به عنوان یک محرک رشد زیستی شناخته شده و ترکیبی از اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، مواد معدنی و ترکیبات ناشناخته می‌باشد (۲۴). اثرات حاصل از عصاره مخمر به حضور ترکیباتی نسبت داده می‌شود که هنوز به درستی شناخته نشده است (۵). از عصاره نامبرده جهت القاء و افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه ارزشمند گیاهی استفاده می‌شود (۱۰). همسو با پژوهش حاضر، سبجانی زاده و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر عصاره مخمر را بر افزایش میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی پینه‌های گیاه سیاه‌دانه گزارش کردند (۳۵). آراسته فر و همکاران (۲۰۱۴) افزایش محتوای فلاونوئید و آنتوسیانین را در دانه‌های سویای تحت تیمار عصاره مخمر تأیید نمودند (۵). در پژوهشی دیگر، تیمار عصاره مخمر در گیاهان بادرنبویه (*Melissa officinalis*) منجر به افزایش محتوای رزمارینیک اسید (ترکیب فنلی) شد (۲۹). محرک‌های رشد ممکن است از طریق تغییر و تنظیم میزان تجمع یا تبادل مواد ذخیره‌شده در واکوئل سلول‌های گیاه و تبدیل یا تجزیه متابولیت‌های ثانویه، محتوای آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (۳۵). پژوهشگران براین باورند که عصاره مخمر از طریق فعال کردن آنزیم‌های مسیر سنتز فلاونوئیدها، منجر به افزایش ترکیبات مذکور می‌شود (۳۲). برخی

جدول ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره مخمر بر محتوای فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پینه خرفه براساس آزمون DPPH و FRAP

Table 2- The effect of different concentrations of yeast extract on total phenol, flavonoid content, and antioxidant capacity of Purslane calluses based on DPPH and FRAP

غلظت‌های عصاره مخمر Concentrations of yeast extract (mg L ⁻¹)	FRAP (μmol Fe g ⁻¹ DW)	DPPH IC ⁵⁰ (mg ml ⁻¹)	فلاونوئید کل Total flavonoid (mg QE 100g ⁻¹ DW)	فنل کل Total phenol (mg GAE 100g ⁻¹ DW)
0	568.6d	2.45a	30.29c	483.21c
125	649.0c	2.37a	32.03c	553.07 b
250	698.3b	2.08b	38.06b	589.68b
500	787.0a	1.85b	42.25a	664.12a

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by at least one similar letter are not significantly different ($p \leq 0.05$), based on Duncan's multiple range test.

از جمله فلاونوئیدها در پاسخ به تیمار عصاره مخمر می‌باشد (۱).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد محیط کشت ½MS برای تولید دانه‌های استریل از بذور گیاه خرفه مناسب می‌باشد. کاربرد همزمان هورمون‌های BAP و NAA با غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر در محیط کشت MS بهترین تیمار برای تولید پینه‌های حاصل از قطعات ساقه بود. بیشترین مقدار وزن تر، اندازه و تعداد پینه در هر واحد آزمایشی از ویژگی‌های این تیمار بود، اما برای داشتن پینه‌های با وزن خشک بیشتر می‌توان از تیمار توأم ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر هورمون‌های NAA و BAP در هر دو محیط کشت MS و ½MS استفاده کرد. با کاهش غلظت هورمون‌های NAA و BAP، تولید پینه و صفاتی مانند وزن تر و خشک پینه به صورت معنی‌داری کاهش یافت. در این آزمایش قطعات یک سانتی‌متری ساقه گیاه به‌عنوان بهترین ریزنمونه جهت پینه‌زایی گیاه مذکور تعیین شد. پینه‌های ایجادشده در تیمارهای مختلف، از نظر رنگ و بافت یکسان و عمدتاً به رنگ سبز تیره بودند. افزایش کاربرد عصاره مخمر، محتوای ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پینه‌ها را افزایش داد. در این بررسی کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره مخمر، مؤثرترین تیمار از نظر بهبود ترکیبات مؤثره و فعالیت آنتی‌اکسیدان در پینه‌های گیاه خرفه بود.

زلوتک (۲۰۱۷) افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه مرزنجوش (*Origanum majorana*) را در پاسخ به تیمار عصاره مخمر گزارش نمود (۴۱). براساس گزارش زلوتک و اسویسا (۲۰۱۵)، قدرت آنتی‌اکسیدانی گیاهان کاهو (*Lactuca sativa*) در پاسخ به تیمار عصاره مخمر افزایش یافت (۴۲). آبراهام و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایش ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی براساس آزمون DPPH را در دانه‌های *Curcuma manga* Roxb. تحت تأثیر عصاره مخمر گزارش کردند (۱). علیزاده و همکاران (۲۰۱۵) و همچنین آبراهام و همکاران (۲۰۱۱)، معتقدند رابطه مثبتی بین میزان ترکیبات فنلی و قدرت آنتی‌اکسیدانی در گیاهان وجود دارد (۴۱). طبق گفته چوایب و همکاران (۲۰۱۲)، با افزایش محتوای فنل کل در گیاهان، قدرت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش می‌یابد (۹). بررسی‌ها نشان داده است که فنل‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به ویتامین‌ها و کاروتنوئیدها در محیط این‌ویترو دارند. خنثی کردن اکسیژن یکتایی و سه تایی و تجزیه پراکسید از جمله فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی گزارش شده توسط ترکیبات فنلی است (۳۶). تصور می‌شود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی فنل‌ها وابسته به حالت هیدروکسیلاسیون حلقه آروماتیک آن‌ها می‌باشد (۳۷). چون ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها در سیتوسل حضور دارند، اعتقاد بر این است که این ترکیبات روینده گونه‌های اکسیژن واکنشگر بوده و دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند (۳۹). بنابراین می‌توان عنوان نمود که علت اصلی افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پینه‌ها، افزایش ترکیبات فنلی

منابع

- 1- Abraham F., Bhatt A., Keng C.L., Indrayanto G., and Sulaiman S.F. 2011. Effect of yeast extract and chitosan on shoot proliferation, morphology and antioxidant activity of *Curcuma mangga* in vitro plantlets. African Journal of Biotechnology 10(40): 7787-7795.
- 2- Agrawal S., Chandra N., and Kothari S.L. 1989. Plant regeneration in tissue cultures of pepper (*Capsicum annuum* L. cv. *mathania*). Plant Cell, Tissue and Organ Culture 16: 47-55.
- 3- Alagumanian S., Perumal V.S., Balachandar R., Rameshkannan K. and Rao M.V. 2004. Plant regeneration from leaf and stem explants of *Solanum trilobatum* L. Current Science 86(4): 1478-1480.
- 4- Alizadeh A. 2015. Essential oil composition, phenolic content, antioxidant, and antimicrobial activity of cultivated

- Satureja rechingeri* Jamzad at different phenological stages. Zeitschrift für Naturforschung C. A Journal of Biosciences 70(3-4): 51-58.
- 5- Arastefar A., Riahi-Madvar A., Tohid Far M., and Yousefi K. 2014. Investigation of the effects of yeast extract on isoflavone synthase gene expression and some biochemical parameters in *Glycine max* seedlings. Agricultural Biotechnology Journal 5(3): 1-18. (In Persian with English abstract)
- 6- Bajaj Y., Furmanowa P.S., and Olszowska O. 1998. Biotechnology of the micropropagation of medicinal and aromatic plants. Medicinal and Aromatic Plants 60-103.
- 7- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., and Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology 28(1): 25-30.
- 8- Chang C-C., Yang M-H., Wen H-M., and Chern J-C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal Food and Drug Analysis 10(3): 178-182.
- 9- Chouaieb H., Ayadi I., Zouari S., Fakhfakh N., Zaidi S., and Zouari N. 2012. Effect of phenological stage and geographical location on antioxidant activities of Tunisian horehound: *Marrubium vulgare* L. (Lamiaceae). Journal of Biologically Active Products from Nature 2(4): 232-238.
- 10- Darvishi A., Kahrizi D., Bahraminezhad S., and Mansouri M. 2017. Study of yeast extract and salicylic acid elicitors effects on percentage of cell survival and the amount of beta-caryophyllene and isopulegone secondary metabolites in Pennyroyal (*Mentha pulegium*) cell culture. Cellular and Molecular Researches 29: 370-381. (In Persian with English abstract)
- 11- El-Aziz H.A.A., Sobhy M.H., Kawkab A.A., Azza K.A.E.H., Zeinab A.R., and Wedad A.H. 2014. Chemical and remedial effects of purslane. Life Science Journal 11: 31-42.
- 12- Elyasi L., Mehrabi A-A., Seyedi M., and Safari Z. 2016. Optimization of callus culture of *Bachtiarica satureja* L. using different explants and concentrations of growth regulator. Journal of Crop Breeding 8(20): 124-132. (In Persian with English abstract)
- 13- Esmaeilzadeh Bahabadi S., and Sharifi M. 2013. Physiologic responses of suspension-cultured *Linum album* Kotschy ex Boiss. Cell to fungal elicitors. Iranian Journal of Plant Biology 5(17): 1-30. (In Persian with English abstract)
- 14- Gholampour Azizi I., Gorji M., Nouri B., and Rouhi S. 2014. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in reducing of the amount of Citrinin fungal toxin in wheat flour. Hakim Jorjani Journal 2(2): 25-32. (In Persian with English abstract)
- 15- Hosseini B., Salimi A., and Sharafi A. 2015. A survey of the effect of explants type, plant growth regulators and activated charcoal on callus induction in *Papaver bracteatum*. Iranian Journal of Plant Biology 25: 29-42. (In Persian with English abstract)
- 16- Khawar K.M., Sarihan E.O., Sevimay C.S.S., and Özcan S. 2005. Adventitious shoot regeneration and micropropagation of *Plantago lanceolata* L. Periodicum Biologorum 107: 113-116.
- 17- Khorrami Raad M., Bohluli Zanjani S., Ramezani Sayyad A., Maghsudi M., and Kaviani B. 2012. Effect of cultivar, type and age of explants, light conditions and plant growth regulators on callus formation of anthurium. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 12(6): 706-712.
- 18- Magyar-Tabori K., Dobranszki J., Teixeira da Silva J.A., Bulley S.M., and Hudák I. 2010. The role of cytokinins in shoot organogenesis in apple. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 101: 251-267.
- 19- Murashige T., and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15: 473-97.
- 20- Oraibi A.G., AlShammari A.A., Mohsien R.A., and Obaid W.J. 2017. Investigation the antibacterial activity of *Portulaca oleracea* L. tissue cultures *in vitro*. Journal of Pharmaceutical Research International 18(5): 1-7.
- 21- Panche A.N., Diwan A.D., and Chandra S.R. 2016. Flavonoids: an Overview. Journal of Nutritional Science 5 (47): 1-15.
- 22- Peksel A., Arisan-Atac I., and Yanardag R. 2006. Antioxidant activities of aqueous extracts of purslane (*Portulaca oleracea* subsp. *Sativa* L.). Italian Journal of Food Science 18: 295-308.
- 23- Pirian K., and Piri K. 2014. Callus induction in hairy roots of *Portulaca oleracea* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30(2): 231-238. (In Persian with English abstract)
- 24- Pitta-Alvarez S.I., Spollansky T.C. and Giulietti A.M. 2000. The influence of different biotic and abiotic elicitors on the production and profile of tropane alkaloids in hairy root cultures of *Brugmansia candida*. Enzyme and Microbial Technology 26(2-4): 252-258.
- 25- Punja Z.K., Abbas N., Sarmiento C.G., and Tang F.A. 1990. Regeneration of *Cucumis sativus* vars, *sativus* and *hardwickii*, *C. melo* and *C. metuliferus* from explants through somatic embryogenesis and organogenesis. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 21(2): 93-102.
- 26- Radman R., Saez T., Bucke C., and Keshavarz T. 2003. Elicitation of plants and microbial cell systems. Biotechnology and Applied Biochemistry 37: 91-102.

- 27- Rani N., Joy B., and Emilia Abraham T. 2007. Cell suspension cultures of *Portulaca grandiflora* as potent catalysts for biotransformation of L-tyrosine into L-DOPA, an anti-parkinson's drug. *Pharmaceutical Biology* 45(1): 48-53.
- 28- Reis A., Kleinowski A.M., and Schuquel Klein F.R. 2017. Callus induction and betacyanin quantification by HPLC/MS-MS in *Alternanthera brasiliana* L. Kuntze. *Hoehnea* 44(1): 90-95.
- 29- Riahi-Madvar A., Yousefi K., and Nasiri-Bezenjani M.A. 2014. Positive effect of Cu and yeast extract elicitors on the content of rosmarinic acid in *Melissa officinalis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(5): 714-723. (In Persian with English abstract)
- 30- Safdari Y., and Kazemitabar S.K. 2009. Plant tissue culture study on two different races of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *African Journal of Biotechnology* 8(21): 5906-5912.
- 31- Safdari Y., and Kazemitabar S.K. 2010. Direct shoot regeneration, callus induction and plant regeneration from callus tissue in Mose Rose (*Portulaca grandiflora* L.). *Plant Omics Journal* 3(2): 47-51.
- 32- Savitha B.C., Thimmaraju R., Bhagyalakshmi N., and Ravishankar G.A. 2006. Different biotic and abiotic elicitors influence betalain production in hairy root cultures of *Beta vulgaris* in shake-flask and bioreactor. *Process Biotechnology* 41: 50-60.
- 33- Seidel V., Windhovel J., Eaton G., Alfermann A.W., Arroo R.R.J., Medarde M., Petersen M. and Wolley J.G., 2002. Biosynthesis of podophyllotoxin in *Linum album* cell cultures. *Planta* 215: 1013-1039.
- 34- Singleton V.L., and Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *The American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.
- 35- Sobhanizadeh A., Solouki M., and Bahman Fazeli-Nasab B. 2017. Optimization of callus induction and effects of biological and non-biological elicitors on content of phenol/ flavonoid compounds in *Nigella sativa* under *in-vitro* conditions. *Journal of Cell & Tissue* 8(2): 165-184.
- 36- Soengas P., Rodriguez V.M., Velasco P., and Cartea M.E. 2018. Effect of temperature stress on antioxidant defenses in *Brassica oleracea*. *ACS Omega* 3: 5237-5243.
- 37- Sroka Z., and Cisowski W. 2003. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids. *Food and Chemical Toxicology* 41(6): 753-758.
- 38- Sulaiman S.F., Sajak A.A.B., Ooi K.L., and Seow E.M. 2011. Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis* 24: 506-515.
- 39- Wahid A., and Ghazanfar A. 2006. Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane. *Journal of Plant Physiology* 163: 723-730.
- 40- Zhenxia L.I., Dong W., Chen B., and Xinxiang H. 2008. Study on tissue culture of *Portulaca oleracea* L. *Guizhou Agricultural Sciences* 3(1):21-27.
- 41- Złotek U. 2017. Effect of jasmonic acid and yeast extract elicitation on low-molecular antioxidants and antioxidant activity of marjoram (*Origanum majorana* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 16(4): 371-377.
- 42- Złotek U., and Świeca M. 2015. Elicitation effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast extract on main health-promoting compounds and antioxidant and anti-inflammatory potential of butter lettuce (*Lactuca sativa* L.). *The Journal of the Science of Food and Agriculture* 96(7): 2565-2572.



Culture Optimization for *In Vitro* Callogenesis in Purslane (*Portulaca oleracea*) and Effect of Yeast Extract on Antioxidant Compounds

A. Saffaryazdi¹- A. Ganjeali^{2*}- R. Farhoosh³- M. Cheniany⁴

Received: 13-05-2019

Accepted: 04-03-2020

Introduction: Purslane (*P. oleracea*) is considered as valuable plant due to its high antioxidant compounds and important fatty acids such as omega-3 and 6. Phenolic and flavonoid compounds are one of the most important constituents in the purslane. Phenolics are a large group of natural plant compounds with antioxidant and Anti-inflammatory properties. Flavonoids, as a subset of phenolic compounds, have a wide range of effects on plants, including antioxidant activity and improve resistance to environmental stresses. Callus culture is one of the important strategies for the production secondary metabolites, which are difficult to produce chemically. Plant growth regulators including auxins and cytokinins play a crucial role in the stages of plant growth. Various combinations of these two hormones are used to make the desired changes in the cultures. Studies suggest that the accumulation of secondary metabolites can be increased by the application of different elicitors in medium. Researchers reported an increase in the content of secondary metabolites such as phenol and flavonoid compounds in calli treated with elicitors such as yeast extract. The purpose of this study was to determine the best explant, medium and hormonal treatment for calli induction of purslane. The effect of different levels of yeast extract on total phenol and flavonoid content and antioxidant capacity of purslane calluses was also investigated.

Materials and Methods: Seeds of purslane plant were cultivated in a solid 1/2MS medium for the preparation of sterile seedlings. The explants from sterile seedlings including to leaves, 1 cm stem specimens and terminal buds, were placed on MS and 1/2MS medium containing 0, 0.1, 0.3, and 0.5 mg L⁻¹ BAP and NAA. After five months, calluses were evaluated for callogenesis and some morphological traits such as color, texture, and size, fresh and dry weight. This experiment was conducted based on completely randomized design with three replications. In the second experiment, the calluses obtained from the previous stage were transferred to MS medium with selected hormone treatment of the first experiment (0.5 mg L⁻¹ NAA and BAP) and different levels of yeast extract (0, 125, 250, and 500 mg L⁻¹). Total phenol and flavonoid contents of the calluses were determined by Folin-Ciocalteu and aluminum chloride methods, respectively. Furthermore, Ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) assays were used to determine the antioxidant activities.

Results and Discussion: The results showed that 1/2MS medium was suitable for sterile seedling production from purslane seeds. Based on the present study, only stem explants in a medium containing BAP and NAA, produced durable calluses. The color of the resulting calluses were green and had a constant and firm texture. The highest callus percentage (90.46%), the size (21.6 mm), and fresh (1826.5 mg) and dry weight (75.33 mg) of calluses belong to MS medium containing 0.5 mg L⁻¹ BAP and NAA. Results of the second experiment showed positive and significant effects of yeast extract on the total phenol, flavonoid contents and antioxidant activities. The highest content of total phenol (664.12 mg GAE 100g⁻¹ DW), flavonoid (42.25 mg QE 100g⁻¹ DW) and FRAP data (787 µmol Fe g⁻¹ DW) were obtained from the calli treated with 500 mg l⁻¹ yeast extract. The maximum DPPH IC₅₀ (2.45 mg ml⁻¹) was also observed in control. The formation of callus associated with plant species, hormonal composition, the stage of development, and the type of explants. Auxin and cytokinin as plant growth regulators are key factors for controlling cell division in tissue culture. In most studies, callus formation in purslane plant were induced in medium containing auxin and cytokinin. The presence of green calluses derived from purslane explants can be due to the formation of chloroplasts in the cells of the callus tissue that rapidly produce chloroplasts under light conditions. In the second experiment, increased phenolic and flavonoid compounds with yeast extract treatment probably resulted in increased antioxidant activity.

Conclusion: In the present study, 1/2MS medium is suitable for the production of sterile seedlings from

1, 2 and 4- Ph.D. Student, Associate Professor and Assistant Professor Department of Biology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

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

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

purslane seeds. MS medium containing 0.5 mg l^{-1} BAP and NAA is the best treatment for calli induction from stem specimens. The concentration of 500 mg L^{-1} of yeast extract is introduced as the most effective concentration for increasing the phenolic and flavonoid content and antioxidant activity in the purslane calluses.

Keywords: BAP, NAA, Phenol, *Portulaca oleracea*, Yeast Extract



مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر شکل نیتروژن بر ترکیب شیمیایی و عملکرد ارقام کاهو (*Lactuca sativa* L.) در کشت بدون خاک

عاطفه بیگی هرچگانی^۱ - شهرام کیانی^{۲*} - علیرضا حسین پور^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳

چکیده

شکل نیتروژن (نیتрат و آمونیوم) محلول غذایی مورد استفاده در کشت‌های بدون خاک بر رشد و ترکیب شیمیایی کاهو مؤثر است. از طرف دیگر ارقام مختلف کاهو پاسخ‌های متفاوتی نسبت به شکل نیتروژن محلول غذایی نشان می‌دهند. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر شکل نیتروژن بر ترکیب شیمیایی و عملکرد ارقام کاهوی رومین به صورت کشت بدون خاک انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل نسبت آمونیوم به نیترات و نوع رقم در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد روی گیاه کاهو انجام شد. نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی شامل ۵ سطح ۰:۱۰۰، ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ با و بدون بازدارنده نیترات‌سازی DMPP بود. ارقام کاهوی مورد استفاده نیز شامل دو رقم ترسا^۴ و کالیفرنیا^۵ بودند. نتایج نشان داد کاربرد ۳۰ درصد کل نیتروژن محلول غذایی به صورت آمونیوم منجر به افزایش معنی دار غلظت فسفر بخش هوایی در رقم کالیفرنیا (به میزان ۴۰ درصد)، کاهش معنی دار غلظت پتاسیم بخش هوایی (به میزان ۲۷/۳ و ۱۴/۸ درصد به ترتیب در ارقام ترسا و کالیفرنیا) و کلسیم بخش هوایی (به میزان ۴۲/۰ و ۳۱/۱ درصد به ترتیب در ارقام ترسا و کالیفرنیا) در مقایسه با عدم کاربرد آمونیوم شد. بیشترین وزن تر بخش هوایی کاهو در رقم ترسا (۳۳۴ گرم بر گلدان) با کاربرد نسبت ۰:۱۰۰ آمونیوم به نیترات و در رقم کالیفرنیا (۴۳۵ گرم بر گلدان) با کاربرد نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات حاصل شد. کاربرد بازدارنده نیترات‌سازی DMPP تأثیر معنی داری بر وزن تر و خشک بخش هوایی و غلظت فسفر، پتاسیم و مس بخش هوایی هر دو رقم کاهو در نسبت‌های ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات در مقایسه با عدم کاربرد نداشت. بر مبنای نتایج این پژوهش کاربرد نسبت‌های ۰:۱۰۰ و ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات به ترتیب در ارقام ترسا و کالیفرنیا برای تولید در شرایط مشابه این پژوهش قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: ارقام کاهو، عناصر غذایی، نسبت آمونیوم به نیترات

مقدمه

(۳۴)، نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی (۲۷) و مقدار کل نیتروژن (۱۹) بستگی دارد.

کاهو (*Lactuca sativa* L.) از جمله محصولات است که پرورش آن به روش هیدروپونیک در بسیاری از گلخانه‌های تجاری دنیا انجام می‌شود. تاکنون پژوهش‌های متعددی در خصوص پاسخ این گیاه نسبت به شکل نیتروژن محلول غذایی در کشت‌های بدون خاک انجام شده است (۱، ۴، ۱۹، ۲۷ و ۳۱). پژوهش‌های انجام شده در این زمینه حاکی است کاربرد تمام نیتروژن مورد نیاز این گیاه به صورت آمونیوم منجر به کاهش رشد آن در مقایسه با کاربرد نیترات به تنهایی شده است. در همین زمینه عبدالمنعم و همکاران (۱) واکنش کاهو در سامانه کشت بدون خاک را نسبت به ۴ منبع نیتروژن (نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم، سولفات آمونیوم و اوره) مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند کمترین وزن تر کاهو با کاربرد نیتروژن به شکل آمونیوم حاصل شد. همچنین باقری و روستا (۴) عنوان کردند کاربرد

نیترات و آمونیوم دو شکل عمده جذب نیتروژن توسط گیاهان هستند (۲۰). با این وجود تأثیر آنها بر فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهان به طور کلی متفاوت بوده به طوری که این امر بر توسعه گیاه تأثیرگذار است (۱۳). اکثر گیاهان می‌توانند از آمونیوم، نیترات و یا هر دوی آنها استفاده کنند، اما اثربخشی شکل نیتروژن به مرحله رشدی گیاه، نوع گونه گیاهی (۱۱)، دما و pH محلول غذایی

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* - نویسنده مسئول: (Email: shkiani2002@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.80949

4- Teresa

5- California

هدررفت نیتروژن از طریق نیترات زدایی و آبشویی می شود (۳۶). بازدارنده های نیترات سازی ترکیباتی هستند که اکسایش زیستی یون آمونیوم به نیتريت را به واسطه کاهش فعالیت باکتری نیتروزوموناس به تأخیر می اندازند (۲۲). یکی از بازدارنده های نیترات سازی که در سال های اخیر وارد بازار شده است ۳ و ۴- دی متیل پیرازول فسفات (DMPP) است. استفاده از DMPP همراه با کودهای نیتروژنه توانسته است عملکرد محصولات کشاورزی را در کشت های خاکی بهبود بخشد (۳۶).

کاهو از جمله سبزی های برگی است که کشت آن به روش هیدروپونیک در بسیاری از نقاط دنیا صورت می گیرد. این گیاه پاسخ خوبی به تغذیه آمونیومی داده است اما نسبت مطلوب آمونیوم به نیترات محلول غذایی بسته به شرایط انجام آزمایش متفاوت بوده است. بنابراین، برای تعیین نسبت مناسب آمونیوم به نیترات محلول غذایی برای پرورش کاهو بایستی آزمایش های هیدروپونیک مطابق با شرایط تولیدکنندگان این محصول صورت گیرد تا نتایج حاصله از دقت خوبی برخوردار باشند. از طرف دیگر اطلاعات کمی راجع به چگونگی پاسخ ارقام مختلف کاهو نسبت به شکل نیتروژن محلول غذایی وجود دارد. بنابراین با توجه به موارد فوق تحقیق حاضر سعی دارد تأثیر نسبت های مختلف آمونیوم به نیترات و نوع رقم کاهو را بر عملکرد و ترکیب شیمیایی این گیاه در کشت بدون خاک در شرایط گلخانه ای در شهرکرد مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی و نوع رقم در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۳ روی گیاه کاهوی رومین به صورت کشت بدون خاک انجام شد. نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی شامل ۵ سطح ۱۰۰:۰، ۸۵:۱۵ با و بدون بازدارنده نیترات سازی DMPP و ۷۰:۳۰ با و بدون بازدارنده نیترات سازی DMPP بود. با توجه به پاسخ متفاوت ارقام مختلف کاهو نسبت به شکل نیتروژن محلول غذایی (۳۱) از یک رقم کاهوی برگ صاف (رقم ترسا) و یک رقم برگ چروک (رقم کالیفرنیا) استفاده شد. برای تامین بازدارنده نیترات سازی DMPP از کود انتک سالوب ۲۱^۱ (حاوی ۲۱ درصد نیتروژن به صورت آمونیوم، ۶۰ درصد اکسید گوگرد و ۸/۰ درصد بازدارنده نیترات سازی DMPP) استفاده شد. مقدار مصرف بازدارنده نیترات سازی DMPP در تیمارهای حاوی بازدارنده برابر با ۲ میلی گرم بر لیتر بود (۲۳). برای تهیه محلول غذایی از آب شرب دانشگاه شهرکرد استفاده

کل نیتروژن محلول غذایی به شکل آمونیوم (۵ میلی مولار) موجب کاهش وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه کاهو در مقایسه با کاربرد نیترات به تنهایی گردید. اما پژوهش های انجام شده در مورد تأثیر شکل نیتروژن بر رشد کاهو در کشت بدون خاک حاکی از افزایش رشد گیاه در صورت تامین نیتروژن مورد نیاز این گیاه به صورت کاربرد همزمان آمونیوم و نیترات است. نسبت مطلوب آمونیوم به نیترات محلول غذایی برای پرورش کاهو به عوامل متعددی از قبیل شرایط اقلیمی، رقم کاهو و مقدار کل نیتروژن محلول غذایی بستگی دارد. وانگ و شن (۳۱) در بررسی پاسخ پنج رقم کاهو نسبت به نسبت های مختلف آمونیوم به نیترات محلول غذایی عنوان کردند بیشترین وزن خشک ریشه و بخش هوایی کاهو با کاربرد نسبت ۲۵ به ۷۵ آمونیوم به نیترات حاصل شد. ساواس و همکاران (۲۷) در بررسی تأثیر شکل نیتروژن بر رشد کاهو در شرایط هیدروپونیک گزارش نمودند بیشترین وزن تر و خشک گیاه با کاربرد ۳۰ درصد نیتروژن مصرفی به شکل آمونیوم حاصل شد. در این پژوهش بهبود رشد گیاه با افزایش نسبت آمونیوم به نیتروژن کل به جذب بهتر فسفر و کنترل بهتر pH محلول غذایی نسبت داده شد. مهلانگو و همکاران (۱۹) گزارش کردند کاربرد ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی گرم نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم (نسبت آمونیوم به نیترات ۵۰:۵۰) می تواند منجر به افزایش رشد، عملکرد و شاخص های کیفی کاهو در سامانه غیرچرخشی در طول فصل زمستان شود. با این وجود وانگ و شن (۳۱) گزارش کردند کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن کل محلول غذایی به شکل آمونیوم منجر به کاهش وزن خشک ریشه و بخش هوایی ارقام کاهو در سامانه کشت بدون خاک شد.

تأثیر تغذیه آمونیوم بر ترکیب شیمیایی گیاه از نیترات متفاوت است. با کاربرد آمونیوم، جذب آبیونها نسبت به کاتیونها افزایش یافته و بنابراین پروتون از ریشه برای موازنه بار آزاد می شود که این رهاسازی پروتون منجر به اسیدی شدن محیط ریشه و افزایش فراهمی عناصری از قبیل فسفر، آهن، منگنز، روی و مس می شود (۲۰). تأثیر مثبت تغذیه آمونیوم بر افزایش غلظت فسفر بخش هوایی در کاهو (۲۴) و مرکبات (۲۹) گزارش شده است. همچنین کاربرد آمونیوم منجر به افزایش غلظت آهن، منگنز، روی و مس در گل رز (۱۶) و آزالیا (۸)، آهن در کاهو (۲۴)، آهن و مس در مرکبات (۲۹) شده است. با این وجود کاربرد آمونیوم منجر به کاهش غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه نیز شده است. کاهش میزان پتاسیم گیاه در نتیجه کاربرد آمونیوم در کاهو (۴، ۲۴)، اسفناج (۲۱)، مرکبات (۲۹)، صنوبر (۲۶) و پیاز (۱۵) نیز گزارش شده است. دیگر پژوهش های انجام شده نیز حاکی از کاهش غلظت کلسیم در نتیجه تغذیه آمونیومی در اسفناج (۲۱)، مرکبات (۲۹) و توت فرنگی (۳۰) است.

کاربرد بازدارنده های نیترات سازی با کودهای آمونیومی منجر به افزایش کارایی مصرف نیتروژن شده و علاوه بر آن منجر به کاهش

و ۰/۵ میکرومولار بود (۹). با لحاظ کردن غلظت عناصر غذایی موجود در آب شهری (جدول ۱)، محاسبات لازم برای حصول به غلظت‌های مورد نظر در محلول‌های غذایی مورد استفاده انجام شد. قابلیت هدایت الکتریکی محلول‌های غذایی تهیه شده بین ۲/۵ تا ۳/۲ دسی زیمنس بر متر بود. همچنین pH محلول‌های غذایی با استفاده از محلول یک مولار اسید سولفوریک روی $5/4 \pm 0/2$ تنظیم گردید (۹).

شد. بدین منظور ابتدا pH، قابلیت هدایت الکتریکی و غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، نیترات و کلر آن با استفاده از روش‌های معمول اندازه‌گیری شد (۲). برای تهیه محلول غذایی از فرمولاسیون پیشنهادی دکرای و همکاران (۹) استفاده شد. در این فرمولاسیون غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد در محلول غذایی به ترتیب برابر با ۱۹/۰، ۲/۰، ۱۱/۰، ۴/۵، ۱/۰ و ۱/۲ میلی مولار بود. همچنین غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف برای مس، بور، آهن، منگنز، روی و مولیبدن به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۳۰، ۴۰، ۵/۰، ۴/۰

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده برای تهیه محلول غذایی

Table 1- Some chemical properties of used water for preparation of nutrient solution

کلر	نیترات	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	سدیم	ب.هاش	قابلیت هدایت الکتریکی
Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	pH	EC (dS m ⁻¹)
(mmol l ⁻¹)							
1.3	0.23	0.8	1.5	0.1	0.2	7.6	0.45

دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (۱۰). نتایج حاصله توسط نرم افزار آماری SAS نسخه ۹ تجزیه شده و برای مقایسه و دسته‌بندی میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن تر و خشک ریشه کاهو

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر نسبت آمونیوم به نیترات بر وزن تر ریشه کاهو در سطح ۵ درصد آماری معنی‌دار شد. در حالی که تأثیر نسبت آمونیوم به نیترات، رقم کاهو و برهمکنش آن‌ها بر وزن خشک ریشه معنی‌دار نشد (جدول ۲). کاربرد نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات منجر به کاهش معنی‌دار وزن تر ریشه در مقایسه با تیمار بدون آمونیوم و نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات شد. کاربرد بازدارنده DMPP در هر دو نسبت ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات تأثیر معنی‌داری در مقایسه با کاربرد این نسبت‌ها بدون DMPP بر وزن تر ریشه ایجاد نکرد (شکل ۱).

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن تر و خشک بخش هوایی کاهو

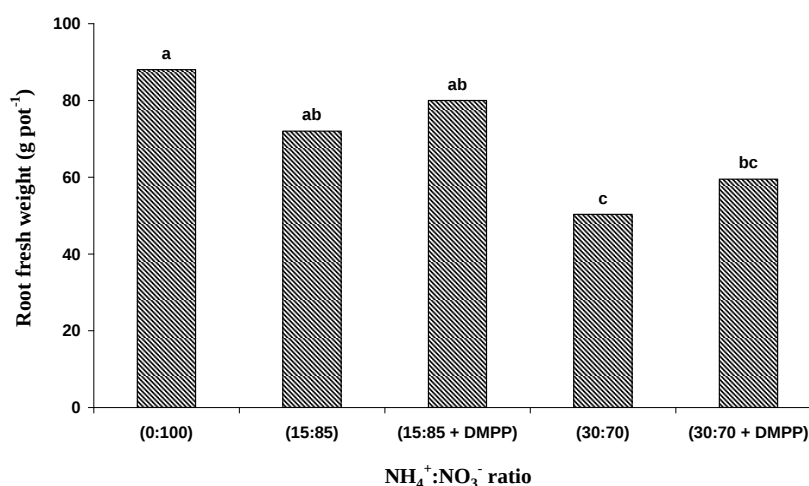
نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی، رقم کاهو و برهمکنش آن‌ها با همدیگر بر وزن تر بخش هوایی در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). در رقم ترسا کاربرد نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار وزن تر بخش هوایی در مقایسه با محلول بدون آمونیوم شد.

به منظور اجرای آزمایش بذرهای کاهو پس از ضدعفونی توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد در سینی کشت نشا حاوی کوکوپیت و پرلیت کشت شدند. در مرحله دو تا سه برگی نشاهای کاهو به گلدان‌های پلاستیکی ۱/۷ لیتری حاوی کوکوپیت و پرلیت به نسبت حجمی ۷۰ به ۳۰ منتقل شدند. برای هر پلات آزمایشی ۲ گلدان در نظر گرفته شده و در داخل هر گلدان یک بوته کشت شد. پس از انتقال نشاهای کاهو به گلدان‌ها از محلول غذایی یک چهارم قدرت استفاده شد که به تدریج و با افزایش رشد گیاه از محلول تمام قدرت استفاده شد. محلول غذایی بسته به نیاز گیاه، روزانه یک مرتبه به صورت دستی به گیاهان داده شد. نوع سامانه هیدروپونیک مورد استفاده در این تحقیق از نوع باز بود و کسر آبشویی بسته به مرحله رشدی گیاه بین ۵ تا ۲۰ درصد در نظر گرفته شد تا از تجمع نمک‌ها در بستر جلوگیری شود (۳). سپس مراقبت‌های زراعی معمول در حین دوره داشت در گلخانه تا زمان برداشت صورت گرفت. پس از گذشت ۷ هفته از انتقال نشای کاهو و به دلیل رشد مطلوب گیاهان، بوته‌ها برداشت شده و قسمت هوایی و ریشه گیاه از یکدیگر جدا شدند. وزن تر بخش هوایی و ریشه در هر پلات توسط ترازوی رقمی اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها پس از شستشو توسط آب معمولی و آب مقطر به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شده و دوباره توزین شدند. به دنبال آن نمونه‌ها برای اندازه‌گیری‌های شیمیایی با استفاده از آسیاب برقی خرد شدند. غلظت فسفر در نمونه‌های گیاهی پس از تهیه عصاره به روش خاکستر خشک و ترکیب با اسید کلریدریک به روش فسفوانادات مولیبدات زرد با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در عصاره حاصله پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون با EDTA و آهن، منگنز، روی و مس با استفاده از

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی و نوع رقم بر وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی کاهو
Table 2- Variance analysis (mean square) of $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio of nutrient solution and cultivar type on shoot and root fresh and dry weight of lettuce

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر بخش هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight
نسبت آمونیوم به نیترات $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio	4	1387.5*	5.2 ^{ns}	6018.8**	6.6 ^{ns}
رقم کاهو Lettuce cultivar	1	1116.3 ^{ns}	9.6 ^{ns}	142416.3**	288.6**
نسبت آمونیوم به نیترات $\times$ رقم کاهو $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio $\times$ Lettuce cultivar	4	480.4 ^{ns}	1.5 ^{ns}	8961.8**	26.6**
خطا Error	20	315.9	2.7	1007.3	4.2

^{ns} غیر معنی دار، * معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح ۱ درصد
^{ns} Non significant, * significant at 5%, ** significant at 1%



شکل ۱- تأثیر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات محلول غذایی بر وزن تر ریشه کاهو

Figure 1- The effect of different $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios of nutrient solution on root fresh weight of lettuce (LSD, $p \leq 0.05$).

نیترات شد. اما در رقم کالیفرنیا کاربرد نسبت‌های ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک بخش هوایی در مقایسه با تیمار بدون آمونیوم نداشت. این مسئله نشان‌دهنده واکنش متفاوت ارقام کاهو نسبت به کاربرد آمونیوم در محلول غذایی بود. در هر دو رقم کاهو، کاربرد بازدارنده در هر دو نسبت ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک بخش هوایی در مقایسه با کاربرد این دو نسبت بدون بازدارنده ایجاد نکرد (جدول ۳).

اما در رقم کالیفرنیا کاربرد نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به افزایش معنی‌دار وزن تر بخش هوایی در مقایسه با تیمار بدون آمونیوم و محلول غذایی دارای نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات شد (جدول ۳). بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر رقم کاهو و برهمکنش نسبت آمونیوم به نیترات با رقم کاهو بر وزن خشک بخش هوایی در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). در رقم ترسا کاربرد نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار وزن خشک بخش هوایی در مقایسه با محلول بدون آمونیوم و محلول غذایی دارای نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به

جدول ۳- تأثیر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات محلول غذایی بر وزن تر و خشک بخش هوایی ارقام کاهو
Table 3- The effect of different $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios of nutrient solution on shoot fresh and dry weight of lettuce cultivars

نسبت آمونیوم به نیترات $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio	0:100	15:85	15:85+DMPP	30:70	30:70+DMPP
رقم کاهو Lettuce cultivar	وزن تر بخش هوایی Shoot fresh weight (g pot ⁻¹)				
ترسا (Teresa)	334 ^c	208 ^d	219 ^d	229 ^d	222 ^d
کالیفرنیا (California)	373 ^{bc}	435 ^a	423 ^{ab}	346 ^c	324 ^c
	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight (g pot ⁻¹)				
ترسا (Teresa)	17.1 ^{bcd}	10.5 ^f	11.3 ^{ef}	14.5 ^{de}	15.4 ^{cd}
کالیفرنیا (California)	20.2 ^{ab}	21.5 ^a	21.8 ^a	18.7 ^{abc}	17.6 ^{bcd}

میانگین‌ها در هر ستون و ردیف با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD هستند.

Data in each column and row with the same letter are not statistically different at $\alpha = 0.05$ based on LSD Test.

تولیدی و به تبع آن عملکرد برای گیاهانی می‌شود که بخشی از نیتروژن مصرفی آنها به شکل آمونیوم بوده است. از طرف دیگر کاربرد آمونیوم جذب نیترات را از طریق انتقال همزمان پروتون/نیترات تسهیل می‌کند (۲۰) که این امر با بهبود جذب نیتروژن و افزایش غلظت سیتوکینین در گیاه منجر به بهبود رشد گیاه می‌شود (۱۲، ۳۲). افزایش عملکرد کاهو با کاربرد نسبت آمونیوم به نیترات ۲۵ به ۷۵ در پژوهش وانگ و شن (۳۱) نیز مشاهده شده است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. این امر نشان دهنده آنست که کاربرد توأم آمونیوم و نیترات بهترین راه برای افزایش رشد کاهو است.

بر مبنای نتایج این پژوهش بیشترین وزن تر و خشک بخش هوایی کاهو در رقم ترسا با کاربرد ۱۰۰ درصد نیتروژن به شکل نیترات و در رقم کالیفرنیا با کاربرد ۸۵ درصد به شکل نیترات و ۱۵ درصد به شکل آمونیوم مشاهده شد. پاسخ متفاوت واریته‌های گیاهی نسبت به شکل نیتروژن در پژوهش‌های انجام شده (۱۴، ۲۸) نیز مشاهده شده است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. این مسئله به تفاوت ژنتیکی بین ارقام گیاهی در توانایی تامین اسکلت‌های کربنی برای آسیمیلایون آمونیوم در ریشه‌ها نیز مربوط است (۲۸). در همین زمینه چن و همکاران (۷) نیز پاسخ متفاوت ارقام کلم چینی را نسبت به سطوح متفاوت آمونیوم به نیترات محلول غذایی گزارش کردند. به طوری که نسبت بهینه آمونیوم به نیترات برای رشد ۲۵ به ۷۵ بود و زیست توده رقم Shq بیشتر از Lby1 بود. همچنین وانگ و شن (۳۱) در آزمایشی پاسخ پنج رقم کاهو را نسبت به نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات محلول غذایی مورد بررسی قرار دادند. آنها عنوان کردند که بر مبنای افزایش زیست توده بخش هوایی و ریشه گیاه ارقام SX1 و Nmct به ترتیب بیشترین و کمترین پاسخ را نسبت به جایگزینی بخشی از نیترات محلول غذایی با آمونیوم داده‌اند.

بر مبنای نتایج به دست آمده در این پژوهش کاربرد آمونیوم به میزان ۱۵ درصد کل نیتروژن کاربردی منجر به کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک بخش هوایی در مقایسه با عدم کاربرد آن در رقم ترسا گردید. همچنین در رقم کالیفرنیا کاربرد ۳۰ درصد کل نیتروژن محلول غذایی به صورت آمونیوم منجر به کاهش وزن تر بخش هوایی کاهو در مقایسه با نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات شد. این کاهش ممکن است به دلیل اسیدی شدن ریزوسفر در نتیجه تغذیه آمونیومی، مسمومیت آمونیوم آسیمیله نشده (۶) و کاهش کربوهیدرات‌های محلول گیاه در آسیمیلایون آمونیوم جذب شده (۲۵) باشد. موقعی که جذب آمونیوم از میزان جذب و ساخت آن تجاوز کند تجمع آمونیوم آزاد در بافت گیاهی رخ می‌دهد. تجمع آمونیوم آسیمیله نشده و انتقال آن به برگ‌ها می‌تواند بسیاری از فرایندهای متابولیکی از قبیل فتوسنتز را مختل کرده و نهایتاً منجر به کاهش رشد گیاه شود (۲۰). تحقیقات باقری و روستا (۴) نشان داد وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه کاهو در گیاهانی که از آمونیوم به عنوان تنها منبع نیتروژن استفاده شده بود به طور معنی‌داری کاهش یافت. پژوهش روستا (۲۴) نشان داد وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی در هر دو گیاه اسفناج و کاهو با تغذیه آمونیوم نسبت به نیترات کاهش یافت. بهبهانی مطلق و همکاران (۵) نشان دادند افزایش آمونیوم محلول غذایی باعث کاهش رشد شاخسار زیتون شد.

براساس نتایج این پژوهش بیشترین وزن تر بخش هوایی در رقم کالیفرنیا با کاربرد ۱۵ درصد نیتروژن به صورت آمونیوم حاصل شد. این افزایش را می‌توان به جذب و ساخت (آسیمیلایون) سریع یونهای آمونیوم در مقایسه با نیترات به دلیل مصرف کمتر انرژی توسط گیاه نسبت داد (۲۶). به طوری که جذب و ساخت یک مول نیترات به ۲۰ مول ATP نیاز دارد در حالی که این مقدار برای آمونیوم تنها ۵ مول ATP است بنابراین این ذخیره انرژی که تا ۱۷ درصد کل ذخایر کربوهیدرات گیاه گزارش شده منجر به افزایش ماده خشک

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت عناصر غذایی بخش هوایی ارقام کاهو

عناصر غذایی پرمصرف: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تأثیر نسبت آمونیوم به نیترات، رقم کاهو و برهمکنش آن‌ها بر غلظت فسفر بخش هوایی در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۴). بر اساس نتایج حاصله در رقم ترسا کاربرد ۱۵ درصد کل نیتروژن محلول غذایی به صورت آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار غلظت فسفر نسبت به تیمار بدون آمونیوم و نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی شد. در رقم کالیفرنیا کاربرد نسبت‌های ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به افزایش معنی‌دار غلظت فسفر بخش هوایی نسبت به محلول غذایی بدون آمونیوم شد (جدول ۵). تأثیر مثبت کاربرد آمونیوم بر افزایش میزان فسفر بخش هوایی کاهو را می‌توان به اثر سینرژیسمی کاربرد آمونیوم بر جذب آنیون‌ها برای حفظ موازنه بار الکتریکی در سلول نسبت داد (۲۰). به نظر می‌رسد یون آمونیوم یا آمینواسیدهای حاصله از جذب و ساخت آن در ریشه در انتقال فسفر به قسمت‌های هوایی گیاه به عنوان یون مخالف نیز تأثیر دارند (۳۵). روستا (۲۴) گزارش کرد که تغذیه با آمونیوم در مقایسه با نیترات سبب افزایش غلظت فسفر بخش هوایی اسفناج و کاهو شد. همچنین سرنا و همکاران (۲۹) گزارش کردند که با افزایش آمونیوم غلظت فسفر در برگ مرکبات افزایش یافت که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی و رقم کاهو بر غلظت پتاسیم بخش هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد ولی برهمکنش آن‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در هر دو رقم ترسا و کالیفرنیا کاربرد ۳۰ درصد کل نیتروژن محلول غذایی به صورت آمونیوم منجر به کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم نسبت به تیمار بدون آمونیوم و نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات محلول غذایی شد (جدول ۵). باقری و روستا (۴) و روستا (۲۴) گزارش کردند آمونیوم موجب کاهش غلظت پتاسیم بخش هوایی کاهو گردید. وانگ و بلو (۳۳) گزارش کردند که آمونیوم از جذب پتاسیم جلوگیری می‌کند. به نظر می‌رسد، یکی از دلایل کاهش مقدار پتاسیم در این تحقیق رقابت آمونیوم با این عنصر در جذب توسط گیاه باشد. نجفی و همکاران (۲۱) نیز گزارش کردند که با افزایش نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی، غلظت پتاسیم بخش هوایی اسفناج به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش غلظت پتاسیم بخش هوایی بر اثر تغذیه با آمونیوم به وسیله سرنا و همکاران در پرتقال (۲۹)، روستین و کریگ در صنوبر (۲۶) و کن و همکاران در پیاز (۱۵) نیز گزارش شده است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. همچنین در هر دو رقم ترسا و کالیفرنیا کاربرد بازدارنده DMPP در هر دو نسبت ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر و پتاسیم نسبت به کاربرد این نسبت‌ها بدون بازدارنده نداشت (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی و رقم بر غلظت عناصر غذایی بخش هوایی کاهو

Table 4- ANOVA (mean square) for the effects of $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio of nutrient solution and cultivar on shoot nutrients concentration of lettuce

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	فسفر P	پتاسیم K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu
نسبت آمونیوم به نیترات $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio	4	0.7**	124.0**	5.0**	5.9**	10709.2**	2070.7**	735.9**	10.5*
رقم کاهو Lettuce cultivar	1	3.1**	35.9**	2.1*	0.4 ^{ns}	6020.8**	5306.7**	326.7 ^{ns}	149.6**
نسبت آمونیوم به نیترات × رقم کاهو $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio × Lettuce cultivar	4	1.0**	16.6*	1.8*	1.3*	2240.2**	922.6**	691.2**	33.8**
خطا Error	20	0.1	4.4	0.4	0.3	469.9	195.6	108.3	3.6

^{ns} غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

^{ns} Non significant, * significant at 5%, ** significant at 1%

رقم ترسا و کالیفرنیا کاربرد نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار غلظت کلسیم نسبت به تیمار بدون آمونیوم محلول غذایی شد (جدول ۵). نجفی و همکاران (۲۱) نشان دادند کاربرد آمونیوم نسبت به نیترات به تنهایی غلظت کلسیم اسفناج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم کاهو و برهمکنش نسبت آمونیوم به نیترات با رقم کاهو بر غلظت کلسیم بخش هوایی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد ولی اثر نسبت آمونیوم به نیترات در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد (جدول ۴). بر مبنای نتایج حاصله در هر دو

(۳۰) نیز گزارش شده است که با نتایج این تحقیق همسو است. در رقم ترسا کاربرد بازدارنده DMPP در هر دو نسبت ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم نسبت به کاربرد این نسبت‌ها بدون بازدارنده نداشت. در حالی که در رقم کالیفرنیا کاربرد بازدارنده DMPP در هر دو نسبت ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به افزایش معنی‌دار غلظت کلسیم نسبت به کاربرد این نسبت‌ها بدون بازدارنده شد (جدول ۵).

را به طور میانگین ۴۸ درصد کاهش داد. این کاهش می‌تواند ناشی از برهمکنش منفی میان آمونیوم و کلسیم از نظر جذب یا کاهش انتقال در آوندهای چوبی باشد (۲۰). به نظر کاتسیراس و همکاران (۱۷) بر اثر تغذیه با آمونیوم مقدار زیادی اسیدهای آلی ساخته می‌شود که ممکن است کلسیم و منیزیم را در ریشه‌ها غیرمتحرک نماید. همچنین آمونیوم جذب کلسیم به وسیله ریشه‌ها را کاهش می‌دهد. کاهش غلظت کلسیم بخش هوایی بر اثر تغذیه با آمونیوم توسط سرنا و همکاران در پرتقال (۲۹) و طباطبایی و همکاران در توت فرنگی

جدول ۵- تأثیر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات محلول غذایی بر غلظت عناصر غذایی بخش هوایی ارقام کاهو
Table 5- The effect of different $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios of nutrient solution on shoot nutrients concentration of lettuce cultivars

رقم کاهو Lettuce cultivar	نسبت آمونیوم به نیترات $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio	فسفر P	پتاسیم K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu
		(g kg ⁻¹)				(mg kg ⁻¹)			
ترسا (Teresa)	0:100	6.1 ^{bc}	32.6 ^{ab}	6.9 ^a	3.8 ^{bc}	107.3 ^{bc}	47.6 ^{cd}	59.6 ^e	7.3 ^{cd}
	15:85	6.9 ^a	32.1 ^{abc}	4.5 ^c	4.8 ^{ab}	211.0 ^a	80.0 ^b	92.0 ^{abc}	10.3 ^{bc}
	15:85+DMPP	6.4 ^{ab}	28.7 ^{cd}	4.8 ^{bc}	4.6 ^{ab}	141.6 ^b	119.0 ^a	106.6 ^a	12.3 ^{ab}
	30:70	6.0 ^{bc}	23.7 ^{ef}	4.0 ^c	4.0 ^{bc}	73.0 ^{cd}	68.3 ^{bc}	72.3 ^{de}	5.6 ^{de}
کالیفرنیا (California)	30:70+DMPP	6.0 ^{bc}	20.9 ^f	4.0 ^c	2.2 ^d	89.6 ^{cd}	111.3 ^a	105.3 ^{ab}	3.6 ^e
	0:100	4.5 ^d	30.4 ^{bc}	6.1 ^a	4.6 ^{ab}	128.0 ^b	40.3 ^d	75.3 ^{cde}	13.0 ^{ab}
	15:85	5.5 ^c	32.7 ^{ab}	4.5 ^c	5.6 ^a	141.3 ^b	61.0 ^{bcd}	76.6 ^{cde}	10.6 ^b
	15:85+DMPP	5.6 ^c	35.4 ^a	5.8 ^{ab}	4.6 ^{ab}	81.3 ^{cd}	60.6 ^{bcd}	74.6 ^{cde}	11.0 ^b
	30:70	6.3 ^{ab}	25.9 ^{de}	4.2 ^c	2.7 ^d	73.3 ^{cd}	66.6 ^{bc}	88.3 ^{bcd}	14.6 ^a
	30:70+DMPP	6.2 ^{bc}	24.7 ^e	6.1 ^a	3.2 ^{dc}	57.0 ^d	64.6 ^{bc}	88.0 ^{bcd}	12.3 ^{ab}

میانگین‌ها در هر ستون و ردیف با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.

Data in each column and row with the same letter are not statistically different at $\alpha = 0.05$ based on LSD Test.

عناصر غذایی کم‌مصرف: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد اثر نسبت آمونیوم به نیترات، رقم کاهو و برهمکنش آنها بر غلظت آهن و منگنز بخش هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین نتایج (جدول ۵) نشان داد که در رقم ترسا کاربرد ۱۵ درصد کل نیتروژن محلول غذایی به شکل آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار غلظت آهن و منگنز نسبت به تیمار بدون آمونیوم شده است. در حالی که در رقم کالیفرنیا کاربرد ۳۰ درصد کل نیتروژن محلول غذایی به صورت آمونیوم منجر به افزایش معنی‌دار غلظت منگنز و کاهش معنی‌دار غلظت آهن نسبت به تیمار بدون آمونیوم شد. نتایج تجزیه برگ نشان داد در هر دو رقم ترسا و کالیفرنیا کاربرد بازدارنده DMPP در نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار غلظت آهن نسبت به کاربرد این نسبت بدون بازدارنده شد. همچنین در رقم ترسا کاربرد بازدارنده DMPP در هر دو نسبت ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به افزایش معنی‌دار غلظت منگنز نسبت به کاربرد این نسبت‌ها بدون بازدارنده شد در حالی که در رقم کالیفرنیا اثر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

بر مبنای نتایج حاصله رقم کاهو تأثیر معنی‌داری بر غلظت روی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد رقم کاهو بر غلظت منیزیم بخش هوایی اثر معنی‌داری نداشت در حالی که تأثیر نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی در سطح ۱ درصد و برهمکنش آنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در رقم ترسا کاربرد ۳۰ درصد کل نیتروژن محلول غذایی به صورت آمونیوم تأثیر معنی‌داری بر غلظت منیزیم نسبت به تیمار بدون آمونیوم محلول غذایی نداشت. اما در رقم کالیفرنیا استفاده از نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار غلظت منیزیم نسبت به تیمار بدون آمونیوم و نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات محلول غذایی شد (جدول ۵). روستا (۲۴) بیان کرد غلظت منیزیم در بخش هوایی اسفناج و کاهو با کاربرد آمونیوم کاهش یافت که دلیل این کاهش اثرات آنتاگونیسمی بین آمونیوم و منیزیم می‌باشد (۲۰). در رقم ترسا کاربرد بازدارنده DMPP در نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار غلظت منیزیم نسبت به کاربرد این نسبت بدون بازدارنده شد. در رقم کالیفرنیا کاربرد بازدارنده DMPP در هر دو نسبت ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی اثر معنی‌داری بر غلظت منیزیم نسبت به کاربرد این نسبت‌ها بدون بازدارنده نداشت (جدول ۵).

بخش هوایی نداشت ولی نسبت آمونیوم به نیترات و برهمکنش آن با رقم کاهو در سطح ۱ درصد آماری بر غلظت روی بخش هوایی معنی دار شد. همچنین تأثیر رقم کاهو و برهمکنش نسبت آمونیوم به نیترات با رقم کاهو بر غلظت مس بخش هوایی در سطح ۱ درصد معنی دار شد ولی اثر نسبت آمونیوم به نیترات بر غلظت مس بخش هوایی در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۴). در رقم ترسا استفاده از نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به افزایش معنی دار غلظت روی نسبت به تیمار بدون آمونیوم و غلظت مس نسبت به کاربرد سطح ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی شد. در رقم کالیفرنیا کاربرد ۳۰ درصد کل نیتروژن محلول غذایی به شکل آمونیوم تأثیر معنی داری بر غلظت روی نسبت به تیمار بدون آمونیوم نداشت اما منجر به افزایش معنی دار غلظت مس نسبت به کاربرد نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات محلول غذایی شد. در رقم ترسا کاربرد بازدارنده DMPP در نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی منجر به افزایش معنی دار غلظت روی نسبت به کاربرد این نسبت بدون بازدارنده شد. در حالی که در همین رقم تفاوت معنی داری بین روی بخش هوایی در کاهوی تغذیه شده با نسبت ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات به همراه بازدارنده DMPP و نسبت ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات با و بدون بازدارنده DMPP مشاهده نشد. در رقم کالیفرنیا کاربرد نسبت های ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات به همراه بازدارنده DMPP تأثیر معنی داری بر غلظت روی بخش هوایی در مقایسه با کاربرد این نسبت ها بدون بازدارنده نداشت. همچنین در هر دو رقم ترسا و کالیفرنیا غلظت مس بخش هوایی تحت تأثیر کاربرد نسبت های ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی به همراه بازدارنده DMPP در مقایسه با کاربرد این نسبت ها بدون بازدارنده قرار نگرفت (جدول ۵).

براساس نتایج این تحقیق در رقم ترسا کاربرد ۱۵ درصد کل نیتروژن به شکل آمونیوم (بدون کاربرد بازدارنده DMPP) منجر به افزایش معنی دار غلظت آهن، منگنز و روی بخش هوایی در مقایسه با عدم کاربرد آمونیوم شد (جدول ۵). افزایش غلظت عناصر غذایی کم مصرف در نتیجه تغذیه آمونیومی را می توان به کاهش pH منطقه اطراف ریشه در نتیجه جذب آمونیوم نسبت داد. با کاربرد آمونیوم، جذب آنیون ها نسبت به کاتیون ها افزایش یافته و بنابراین پروتون از ریشه برای موازنه بار آزاد می شود که این امر منجر به اسیدی شدن محیط ریشه می شود (۲۰). پژوهش های انجام شده در این زمینه حاکی است کاربرد آمونیوم در محلول های غذایی مورد استفاده در هیدروپونیک تا حد مشخصی، منجر به افزایش غلظت عناصر کم

مصرف کاتیونی در گیاه شده است. در همین زمینه کیانی و همکاران (۱۶) عنوان کردند افزایش نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی تا ۵۰ درصد کل نیتروژن منجر به افزایش غلظت آهن، منگنز، روی و مس در قسمت های مختلف گل رز شد. مطالعه روستا (۲۴) در مورد کاهو و اسفناج تغذیه شده با نیترات یا آمونیوم در سیستم هیدروپونیک نشان داد تغذیه با آمونیوم باعث افزایش مقدار آهن در بخش هوایی کاهو شد که با نتایج این پژوهش همسو است. سرنا و همکاران (۲۹) گزارش کردند افزایش آمونیوم باعث افزایش آهن و مس و کاهش روی و منگنز برگ پرتقال شد. کلارک (۸) نشان داد با افزایش آمونیوم غلظت های آهن، روی، منگنز و مس در آزالیا افزایش یافتند که با نتایج این بررسی هماهنگی دارد.

بر مبنای نتایج این پژوهش عرضه ۱۵ درصد از نیتروژن کل به شکل آمونیوم منجر به بهبود تغذیه فسفر، آهن، منگنز و روی کاهو در رقم ترسا شد. همچنین کاربرد ۳۰ درصد کل نیتروژن به شکل آمونیوم در رقم کالیفرنیا باعث بهبود تغذیه فسفر و منگنز آن گردید. این افزایش منجر به بهبود اثرات مفید تغذیه ای کاهو در انسان می گردد. از دیدگاه تغذیه ای میوه ها و سبزیها در تامین ۱۱ درصد فسفر، ۱۳ درصد آهن، ۷ درصد روی، ۲۲ درصد مس و ۲۱ درصد منگنز در رژیم غذایی انسان موثر هستند (۱۸).

نتیجه گیری

بر مبنای نتایج این پژوهش بیشترین وزن تر بخش هوایی کاهو در رقم ترسا (۳۳۴ گرم بر گلدان) با کاربرد کل نیتروژن به شکل نیترات و در رقم کالیفرنیا (۴۳۵ گرم بر گلدان) با کاربرد نسبت ۱۵ به ۸۵ آمونیوم به نیترات حاصل شد. این مسئله نشان دهنده آنست که رقم کالیفرنیا یک رقم کارا در تغذیه آمونیومی و رقم ترسا یک رقم غیرکارا در تغذیه آمونیومی است. بر این مبنای کاربرد نسبت های ۳۰:۷۰ و ۱۵:۸۵ آمونیوم به نیترات به ترتیب در ارقام ترسا و کالیفرنیا برای تولید در شرایط کشت بدون خاک در شرایط مشابه این پژوهش قابل توصیه است. بر اساس نتایج این پژوهش کاربرد بازدارنده نیترات سازی DMPP در هر دو نسبت ۱۵:۸۵ و ۳۰:۷۰ آمونیوم به نیترات محلول غذایی تأثیر معنی داری بر وزن تر ریشه و وزن خشک و تر بخش هوایی هر دو رقم کاهو نداشت. بنابراین بکارگیری کودهای آمونیومی حاوی بازدارنده های نیترات سازی در کشت بدون خاک ضروری نیست.

منابع

- 1- Abd-Elmoniem E.M., Abou-Hadid A.F., El-Shinawy M.Z., El-Beltagy A.S., and Eissa A.M. 1996. Effect of nitrogen form on lettuce plant grown in hydroponic system. Acta Horticulture 434: 47-52.

- 2- Ali Ehyayi M., and Behbahanizadeh A.A. 1993. Methods of Soil Analysis. Soil and Water Research Institute Press, Tehran.
- 3- Arzani A. 2007. Commercial and Home Hydroponics. Isfahan University of Technology Press, Isfahan.
- 4- Bagheri M.H., and Roosta H.R. 2013. Effect of nitrogen form and oxygen levels in nutrient solution on growth and some macronutrients in hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* cv. Great leak). Journal of Horticultural Science 27: 148-157. (In Persian with English abstract)
- 5- Behbahani Motlaq F., Rabii V., Taheri M., Vaezi A., and Khademi R. 2012. Effect of ammonium: nitrate ratio on growth and nitrogen uptake and potassium: sodium ratio in two olive varieties in saline conditions. Seed and Plant Production 28: 313-329. (In Persian with English abstract)
- 6- Beritto D.T., and Kronzucker H.J. 2002. NH_4^+ toxicity in higher plants. Journal of Plant Physiology, 159:567-584.
- 7- Chen W., Luo J.K., and Shen Q.R. 2005. Effect of NH_4^+ -N/ NO_3^- -N ratios on growth and some physiological parameters of Chinese cabbages cultivars. Pedosphere 15: 310-318.
- 8- Clark M.B., Mills H.A., Robacker C.D., and Latimer J.G. 2003. Influence of nitrate: ammonium ratios on growth and elemental concentration in two azalea cultivars. Journal of Plant Nutrition 26: 2503-2520.
- 9- Dekreij C., Voogt W., and Baas R. 2003. Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. Research Station for Floriculture and Greenhouse Vegetables. Report, No. 196.
- 10- Emami A. 1996. Methods of Plant Analysis. Soil and Water Research Institute Press, Tehran.
- 11- Errebhi M., and Wilcox G.E. 1990. Plant species response to ammonium-nitrate concentration ratios. Journal of Plant Nutrition 13: 1017-1029.
- 12- Heberer J.A., and Below F.E. 1989. Mixed nitrogen nutrition and productivity of wheat grown in hydroponics. Annals of Botany 63: 643-649.
- 13- Helali S.M., Nebli H., Kaddour R., Mahmoudi H., Lachaal M., and Ouerghi Z. 2010. Influence of nitrate-ammonium on growth and nutrition of *Arabidopsis thaliana*. Plant and Soil 336: 65-74.
- 14- Kafkafi U. 1990. Root temperature, concentration and the ratio $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on the plant development. Journal of Plant Nutrition 13: 1291-1306.
- 15- Kane C.D., Jasoni R.L., Peffley E.P., Thompson L.D., Green C.J., Pare P., and Tissue D. 2006. Nutrient solution and solution pH influences on onion growth and mineral content. Journal of Plant Nutrition 29: 375-390.
- 16- Kiani Sh., Malakouti M.J., Tabatabaei S.J., and Kafi M. 2009. Influence of different $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios and calcium levels on growth, nutrients concentration and quality of rose flower. Iranian Journal of Soil Research 23: 23-33. (In Persian with English abstract)
- 17- Kotsiras A., Olympios C.M., Drosopoulos J., and Passam H.C. 2002. Effect of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruit. Journal of American Society for Horticultural Science 95: 175-183.
- 18- Levander O.A. 1990. Fruit and vegetable contributions to dietary mineral intake in human health and disease. HortScience 25: 1486-1488.
- 19- Mahlangu R.I.S., Maboko M.M., Sivakumar D., Soundy P., and Jifon J. 2016. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth, yield and quality response to nitrogen fertilization in a non-circulating hydroponic system. Journal of Plant Nutrition 39: 1766-1775.
- 20- Marschner P. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
- 21- Najafi N., Parsazadeh M., Tabatabaei S.J., and Oustan Sh. 2010. Effects of nitrogen form and pH of nutrient solution on the uptake and concentrations of potassium, calcium, magnesium and sodium in root and shoot of spinach plant. Water and Soil Science 20: 111-131. (In Persian with English abstract)
- 22- Pasda G., Hahndel R., and Zerulla W. 2001. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3, 4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. Biology and Fertility of Soils 34: 85-97.
- 23- Ramos L., Bettin A., Herrada B.M.P., Arenas T.L., and Becker S.J. 2013. Effects of nitrogen form and application rates on the growth of petunia and nitrogen content in the substrate. Communications in Soil Science and Plant Analysis 44: 473-479.
- 24- Roosta H.R. 2010. The comparison of ammonium or nitrate-grown lettuce and spinach in a hydroponic system. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 1: 57-64. (In Persian with English abstract)
- 25- Roosta H.R., and Schjoerring J.K. 2008. Root carbon enrichment alleviates ammonium toxicity in cucumber plants. Journal of Plant Nutrition 31: 941-958.
- 26- Rothstein D.E., and Cregg B.M. 2005. Effects of nitrogen form on nutrient uptake and physiology of Fraser fir (*Abies fraseri*). Forest Ecology and Management 219: 69-80.
- 27- Savvas D., Passam H.C., Olympios C., Nasi E., Moustaka E., Mantzos N., and Barouchas P. 2006. Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a closed hydroponic system. Journal of Horticultural Science 41: 1667-1673.
- 28- Schortemeyer M., Stamp P., and Feil B. 1997. Ammonium tolerance and carbohydrate status in maize cultivars. Annals of Botany 79: 25-30.
- 29- Serna M.D., Borrás R., Legaz F., and Millo E. P. 1992. The influence of nitrogen concentration and

- ammonium/nitrate ratio on N-uptake, mineral composition and yield of citrus. *Plant and Soil* 147: 13-23.
- 30- Tabatabaei S.J., Fatemi L., and Fallahi E. 2006. Effect of ammonium: nitrate ratio on yield, calcium concentration, and photosynthesis rate in strawberry. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1273-1285.
- 31- Wang B., and Shen Q.R. 2011. NH_4^+ -N/ NO_3^- -N ratios on growth and NO_3^- -N remobilization in root vacuoles and cytoplasm of lettuce genotypes. *Canadian Journal of Plant Science* 91: 411-417.
- 32- Wang X., and Below F.E. 1992. Root growth, nitrogen uptake, and tillering of wheat induced by mixed-nitrogen source. *Crop Science* 32: 997-1002.
- 33- Wang X.T., and Below F.E. 1998. Accumulation and partitioning of mineral nutrients in wheat as influenced by nitrogen form. *Journal of Plant Nutrition* 21: 49-61.
- 34- Wen X., Ikeda H., and Oda M. 2000. The absorption, translocation, and assimilation of urea nitrate or ammonium in tomato plant at different plant growth stages in hydroponic culture. *Scientia Horticulturae* 84: 275-283.
- 35- Woodson W.R., and Boodley J.W. 1982. Effects of nitrogen form and potassium concentration on growth, flowering and nitrogen utilization of greenhouse roses. *Journal of American Society for Horticultural Science* 107: 275-278.
- 36- Zerulla W., Barth T., Dressel J., Von Locquenghien K.E.K.H., Pasda G., Radle M., and Wissemeier A.H. 2001. 3, 4- Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) - a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biology and Fertility of Soils* 34: 79-84.



The Effect of Nitrogen Form on Chemical Composition and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Cultivars in Soilless Culture

A. Beigi Harchegani¹- Sh. Kiani^{2*}- A.R. Hosseinpour³

Received: 26-06-2019

Accepted: 03-03-2020

Introduction: Ammonium (NH_4^+) and nitrate (NO_3^-) ions are the two main forms of nitrogen (N) for plants. But, they influence differently on growth and chemical composition of plants. The effect of N form on plant growth depends on plant species, development stage of plant, pH, and temperature, ratio of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ and nitrogen level of nutrient solution. Lettuce is one of the leafy vegetables that has been cultivated in soilless culture in many greenhouses in the world. This plant can respond well to NH_4^+ nutrition, but the information about optimum $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio in the nutrient solution and respond of lettuce cultivars to partial replacement of NO_3^- by NH_4^+ is scarce. Application of nitrification inhibitors such as 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) with ammonium fertilizers lead to high N-use efficiency as well as reducing denitrification and leaching losses. Nitrification inhibitors are compounds that delay the biological oxidation of ammonium to nitrite by depressing the activity of *Nitrosomonas* bacteria. This study was conducted to elucidate the effect of nitrogen form (N-NO_3^- and N-NH_4^+) and the use of a nitrification inhibitor (DMPP) on chemical composition and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars in research greenhouse of Shahrekord University.

Materials and Methods: A factorial experiment using completely randomized design was carried out with two factors of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio (0:100, 15:85 with and without DMPP, 30:70 with and without DMPP) and lettuce cultivars (Teresa and California) with three replications under hydroponic conditions. Lettuce plants were grown in 1.7 L plastic pots (one plant per pot) and the substrate used was mixture of cocopeat + perlite with ratio of 2:1 (v/v). Different nutrient solutions were applied by hand two or three times per week to obtain a leaching fraction of 5 to 20%. After seven weeks plants were harvested, fresh weight of shoots and roots were determined and plants were dried in an oven at 60 °C. Then, dry weight of shoots and roots were measured and plants were ground for nutrient analysis including of P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu.

Results and Discussion: The results showed that application of nutrient solution with $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 30:70 in California cultivar and 15:85 in Teresa cultivar led to significant increase shoot P concentration compared with the 0:100 of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio (40 and 13%, respectively). This was due to synergistic effect of NH_4^+ on the uptake of P by roots. In both Teresa and California cultivars, replacing 30% NO_3^- in the nutrient solution with NH_4^+ resulted to significant decrease shoot K concentration (27.3 and 14.8% in Teresa and California cultivars, respectively) as well as shoot Ca concentration (42.0 and 31.1% in Teresa and California cultivars, respectively) compared with the 0:100 of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio. This decrease is related to antagonistic effects of NH_4^+ on the uptake of K and Mg by roots. In Teresa cultivar, increasing the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio to 15:85 led to the meaningful increase of shoot Fe (97%), Mn (68%) and Zn (54%) concentration in comparison with 0:100 of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio. But, in California cultivar shoot Mn concentration increased (65%) with 30% replacement of NO_3^- by NH_4^+ . This means that changing $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio in the nutrient solution is an excellent approach to control the relative uptake of cations and anions by the plant. The greatest quantity of shoot fresh weight in Teresa (334 g pot⁻¹) and California (435 g pot⁻¹) cultivars were obtained from 0:100 and 15:85 of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios, respectively. The current study indicates that the lettuce cultivars respond differently to the form of N supply. There is a genotypic variability in the ability of plants to supply carbon skeletons for NH_4^+ assimilation in the roots. Thus, California cultivar is a genotype sensitive to enhanced ammonium nutrition and Teresa cultivar is a genotype insensitive to enhanced ammonium nutrition. Increasing the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio to 30:70 led to the meaningful decrease (42%) of root fresh weight in comparison with nutrient solution without NH_4^+ . Application of nitrification inhibitor DMPP with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios of 15:85 and 30:70 had not significant effect on the shoot fresh and dry weight as well as the concentration of P, K and Cu in the shoot of both lettuce cultivars in comparison to these ratios without DMPP.

1, 2 and 3- Former M.Sc. Student, Associate Professor and Professor of Soil Science and Engineering, College of Agriculture, Shahrekord University, respectively.

(*- Corresponding Author Email: shkiani2002@yahoo.com)

Conclusion: The results suggest that the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios of 0:100 and 15:85 can be recommended for production of Teresa and California lettuce cultivars under the conditions of the present study, respectively.

Keywords: Ammonium to nitrate ratio, Lettuce cultivars, Nutrients



مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر کودهای زیستی و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیکی نشاء خربزه (*Cucumis melo* L.) در شرایط تنش شوری

حسین نستری نصرآبادی^{۱*} - سید فرهاد صابرعلی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۵

چکیده

شوری یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که بطور نامطلوبی باعث کاهش عملکرد و رشد گیاهان می‌گردد. در این راستا آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت جام بر روی خربزه رقم خاتونی اجرا گردید. تیمار سالیسیلیک اسید در دو سطح صفر (SA0) و یک میلی‌مولار (SA1)، کودهای زیستی شامل ازتوباکتر (B1)، آزوسپریلیوم (B2)، مخلوط ازتوباکتر و آزوسپریلیوم (B3) و بدون تلقیح (B0) و تیمار شوری در پنج مقدار صفر (S0)، ۵۰ (S1)، ۱۰۰ (S2)، ۱۵۰ (S3) و ۲۰۰ (S4) میلی‌مولار (mM) کلرید سدیم تهیه شدند. نتایج نشان داد که شوری بطور معنی‌داری باعث افزایش میزان تولید پرولین، قندهای محلول و کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای رطوبت نسبی برگ گیاه خربزه گردید. بیشترین میزان تولید قندهای محلول در ترکیب شوری ۲۰۰ میلی‌مولار با کاربرد توام باکتری‌ها (S4 B3) به دست آمد، همچنین بالاترین میزان پرولین در ترکیب شوری ۲۰۰ میلی‌مولار با کاربرد سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار و ترکیب ازتوباکتر و آزوسپریلیوم (S4 SA1 B3) به دست آمد. استفاده از کودهای زیستی بخصوص مخلوط باکتری‌ها در ترکیب با یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (SA1 B3) بطور معنی‌داری باعث بهبود صفات مورد مطالعه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان تلقیح بذور خربزه و محلولپاشی با سالیسیلیک اسید را جهت افزایش مقاومت و بهبود رشد و عملکرد خربزه در مناطق شور توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: آزوسپریلیوم، ازتوباکتر، پرولین، خربزه خاتونی

مقدمه

رشد و عملکرد محصولات کشاورزی توسط تنش‌های محیطی زنده و غیر زنده متعددی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در بین تنش‌های غیر زنده شور شدن آب و خاک می‌تواند یکی از مهمترین عوامل محیطی محدود کننده تولید محصول به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک باشد. شوری در گیاهان می‌تواند از طریق اثر اسمزی، سمیت یونی، اختلال در جذب عناصر غذایی و میزان آب بافت تأثیر گذار باشد. گیاهان تحت تنش شوری جهت حفظ فشار تورگور موادی با عنوان اسمولیت‌های گیاهی تولید می‌کنند که باعث منفی‌تر شدن پتانسیل آب درون سلول‌ها می‌شود که این عمل به گیاه در حفظ تورژسانس کمک می‌کند (۶ و ۵۲). سربابی و همکاران (۴۵) در بررسی ژنوتیپ‌های مختلف خربزه تحت تنش شوری گزارش کردند که تنش شوری موجب افزایش قندهای محلول و محتوای پرولین و کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌گردد. همچنین گزارش شده است تنش شوری بطور معنی‌داری باعث کاهش وزن خشک میوه و شاخص کلروفیل در شنبلیله می‌شود (۳۶). سیورتیپ و همکاران (۴۹) بیان

خربزه (*Cucumis melo* L.) از سبزیجات مهم خانواده کدوییان و یکی از مهمترین محصولات اقتصادی شهرستان تربت جام است. تربت جام بزرگترین تولید کننده خربزه در سطح کشور می‌باشد و این محصول جالبی مهم سهم بسزایی در اقتصاد و اشتغالزایی منطقه دارد. در خربزه خاتونی تعداد دفعات برداشت میوه در مزارع، همچنین تعداد میوه تولیدی در هر بوته بیش از سایر ارقام است. رنگ برگ‌های این رقم سبز روشن است. دمبرگ آن طویل و توپر بوده و بر روی سطح رویی آن شیار است که تا پهنک برگ ادامه دارد. شکل میوه بیضی یکنواخت و اندازه آن متوسط است. میوه‌ها در زمان رسیدن از بوته‌ها جدا نمی‌شوند. پوست میوه دارای شیارهایی طولی است که از قسمت دم میوه تا نوک آن امتداد دارد و به تعداد ۶ تا ۸ عدد مشاهده

۱ و ۲- استادیاران گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت جام

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

(mm) کلرید سدیم تهیه شدند. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شدند که هر میلی لیتر دارای 10^8 عدد باکتری زنده و فعال بود. ابتدا بذرها جهت ضدعفونی به مدت سه دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد قرار داده شدند، سپس دوبار با آب مقطر شستشو گردیدند. پس از ضدعفونی، بذرها به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند سپس در گلدان‌های حاوی پرلایت، ورمی کولایت و کوکوپیت (به نسبت مساوی) کشت شدند و ۲۰ گرم از مایه تلقیح به هر گلدان با کنار زدن سطحی محیط کشت قبل از کاشت اضافه شدند (۵۴). تیمار شوری بعد از تولید دو برگ حقیقی همراه با محلول غذایی هوگلد اعمال گردید و تا چهار هفته ادامه داشت. تیمار سالیسیلیک اسید به صورت اسپری شاخساره دو مرحله پس از یک هفته از اعمال تنش با فاصله ۱۰ روز انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل پرولین، محتوای قندهای محلول، رنگدانه های گیاهی و میزان رطوبت نسبی برگ بود. میزان پرولین به روش بیتس و همکاران (۹)، قندهای محلول بر اساس روش هج و هوفرتر (۲۵)، مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر مبنای روش رقابی و همکاران (۴۰) و محتوای رطوبت نسبی به روش کرامر (۳۰) اندازه گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح پنج درصد انجام گرفت و نمودارها توسط نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

محتوای پرولین

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشخص گردید که اثرات متقابل سه گانه تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بر روی میزان تولید پرولین اثرات معنی‌داری دارد. مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری، سالیسیلیک اسید و باکتری نشان داد (شکل ۱) با افزایش تنش شوری میزان پرولین روند افزایشی دارد، بطوریکه بیشترین میزان پرولین در ترکیب شوری ۲۰۰ میلی مولار با کاربرد سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار و ترکیب ازتوباکتر و آزوسپریلیوم (S4 SA1 B3) به دست آمد و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (S0 SA0 B0) ثبت شد. در تیمار بدون تنش شوری (S0) اختلاف معنی‌داری بین ترکیبات مختلف سالیسیلیک اسید و باکتری مشاهده نشد ولی بهر حال ترکیب یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و مخلوط ازتوباکتر و آزوسپریلیوم (B3) نسبت به سایر ترکیبات از محتوای پرولین بالاتری برخوردار بود. با شروع اعمال تنش شوری در هر سطح تنش بین ترکیبات مختلف سالیسیلیک و باکتری اختلاف معنی‌داری بوجود آمد بطوری که بیشترین میزان پرولین در سطوح مختلف سالیسیلیک اسید در ترکیب ازتوباکتر و آزوسپریلیوم مشاهده شد (B3). در شرایط

نمودند که پیش تیمار بذور خربزه تحت تنش شوری با نمک طعام باعث افزایش مقدار قندهای محلول و تجمع پرولین می‌شود. یکی از راهکارهای کاهش خسارت تنش شوری استفاده از کودهای زیستی است. باکتری‌های محرک رشد از طریق تثبیت نیتروژن اتمسفر، افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، دخالت در تولید هورمون‌های گیاهی مانند اکسین، سیتوکینین و جبرلین‌ها می‌توانند به گیاهان تحت شرایط تنش کمک کنند (۸). باکتری‌های جنس ازتوباکتر و آزوسپریلیوم از مهمترین باکتری‌های محرک رشد هستند که معمولاً در نزدیکی و حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند (۳۳). گزارش شده است که با کاربرد باکتری‌های محرک رشد، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و غلظت نیتروژن در یونجه تحت تنش شوری افزایش یافته است (۱۶). سلیمان و همکاران (۵۰) نیز گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش جذب عناصر خصوصاً نیتروژن در افاقا می‌شود. باسیلیو و همکاران (۷) در آزمایشی نشان دادند که باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش ارتفاع بوته و عملکرد گندم می‌شود. کاربرد سالیسیلیک اسید برای ایجاد واکنش‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی مطرح است (۴۶). طاهری و همکاران (۵۲) در بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید در بذورهای خیار و هندوانه تحت تنش شوری گزارش کردند که سالیسیلیک اسید بطور معنی داری باعث بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها می‌شود. بیان شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌داری کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها، محتوای پرولین و میزان رطوبت نسبی برگ در جو تحت تنش شوری می‌گردد (۱۴). رقابی و همکاران (۴۰) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید باعث بهبود شاخص‌های رویشی و رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه بادمجان تحت تنش شوری می‌شود. همچنین گزارش شده است، تیمار سالیسیلیک اسید باعث افزایش عنصر پتاسیم در گندم تحت تنش شوری می‌گردد (۴). هدف از انجام این آزمایش ارزیابی تاثیر سالیسیلیک اسید و باکتری‌های محرک رشد در استقرار بهتر نشا و بهبود رشد گیاه خربزه تحت تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر کودهای زیستی و سالیسیلیک اسید بر پارامترهای فیزیولوژی و رشد خربزه رقم خاتونی در شرایط تنش شوری آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت جام طرح ریزی و اجرا گردید. تیمار سالیسیلیک اسید در دو سطح صفر (SA0) و یک میلی‌مولار (SA1) انتخاب شد و تیمارهای کودهای زیستی شامل ازتوباکتر (B1)، آزوسپریلیوم (B2)، مخلوط ازتوباکتر و آزوسپریلیوم (B3) و بدون تلقیح (B0) و تیمار شوری در پنج مقدار صفر (S0)، ۵۰ (S1)، ۱۰۰ (S2)، ۱۵۰ (S3) و ۲۰۰ (S4) میلی‌مولار

شوری تجمع محلول‌های سازگار مانند پرولین، گلیسین، بتائین و محلول‌های آلی دیگری در گیاه اتفاق می‌افتد که نقش مهمی در محافظت از گیاه در برابر اثرات زیان‌آور القا شده توسط تنش را بوسیله تنظیم اسمزی، کاهش آب ازدست‌دهی و رقیق کردن غلظت یون‌های سمی دارند (۵). از طرفی افزایش پرولین توسط باکترهای محرک رشد ممکن است به خاطر افزایش جذب عناصر غذایی به خصوص نیتروژن باشد زیرا پرولین دارای ساختار نیتروژنی می‌باشد (۳۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیکی نشاء خربزه رقم خاتونی در شرایط تنش شوری
Table 1- ANOVA for the effect of bio-fertilizer and salicylic acid on some physiological traits of melon cv. Khatooni under salinity stress

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	پرولین Proline	قندهای محلول Soluble sugars	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کاروتنوئید Carotenoids	رطوبت نسبی RWC
شوری Salinity (S)	4	57.96 **	2329.09 **	2.015 **	2.011 **	1.234 **	4207.61 **
سالیسیلیک اسید SA	1	14.69 **	382.42 **	0.367 **	0.233 **	0.151 **	535.48 **
باکتری Bacteria (B)	3	23.28 **	260.82 **	0.440 **	0.361 **	0.265 **	536.17 **
S×SA	4	1.50 **	29.16 **	0.002 ns	0.011 *	0.005 ns	11.41 ns
S×B	12	2.08 **	23.27 **	0.003 ns	0.004 ns	0.004 ns	23.86 ns
SA×B	3	0.29 *	22.16 **	0.010 *	0.006 ns	0.001 ns	10.11 ns
S×SA×B	12	0.20 *	2.91 ns	0.003 ns	0.003 ns	0.003 ns	7.23 ns
خطا Error	80	0.11	2.56	0.003	0.004	0.013	14.72
C.V (%)		2.25	10.31	5.09	11.28	4.75	5.39

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

* and ** : significant at 5% and 1% of probability level, and ns : no significant.

شده است که سالیسیلیک اسید باعث افزایش تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش می‌شود. (۱۳ و ۲۲).

محتوای قند

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثرات متقابل دوگانه تیمارها بر روی این صفت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردیده‌اند. نتایج نشان داد که با افزایش تنش شوری میزان تولید قندهای محلول بطور معنی‌داری روند افزایشی دارد (شکل‌های ۲ و ۴). در بررسی اثرات متقابل شوری و سالیسیلیک اسید مشخص گردید که در شرایط بدون تنش علی‌رغم افزایش میزان قندهای محلول با کاربرد سالیسیلیک اسید، اختلاف معنی‌داری بین کاربرد و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید از لحاظ آماری وجود ندارد، ولی با اعمال تنش شوری اختلاف در تولید میزان قند محلول بطور معنی‌داری افزایش یافت که بیشترین میزان قند محلول در ترکیب شوری ۲۰۰ میلی مولار با کاربرد سالیسیلیک اسید (S4 SA1) به دست آمد و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (S0 SA0) ثبت گردید (شکل ۲).

در بررسی اثرات متقابل شوری و باکتری (شکل ۴) نیز همانند اثرات متقابل شوری و سالیسیلیک اسید (شکل ۲) روند افزایش میزان تولید قندهای محلول مشاهده شد. در تمامی ترکیبات سطوح مختلف شوری و کاربرد توام باکتری‌های ریزوبیوم و آزوسپریلیوم (B3) بجز

تیمار سالیسیلیک اسید ممکن است هیدرولیز قندها و پروتئین‌های غیر محلول را تحریک کند و باعث تولید مخزن یا منبعی از اسمولیت‌های سازگار شود که نقش مهمی در تنظیم اسمزی در حضور سدیم دارند. این فرضیه با تجمع اسیدهای آمینه آزاد با کاربرد سالیسیلیک اسید تقویت می‌شود (۱۴). پرولین علاوه بر نقشی که در تعادل اسمزی داد در پایداری غشا سلولی و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد نقش دارد، همچنین می‌تواند PH سیتوپلاسمی را کاهش دهد و حفظ‌کننده نسبت مناسب $NADP^+/NADPH$ در متابولیسم عمل کند. افزایش میزان پرولین توسط محرک‌های رشد توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۲۳، ۴۲). سرابی و همکاران (۴۵) نیز گزارش کردند که تنش شوری باعث افزایش میزان پرولین در توده‌های مختلف خربزه می‌شود همچنین ظفری و همکاران (۵۴) نیز بیان نمودند که باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش میزان پرولین در گیاهان تحت تنش می‌گردد، که با نتایج به دست آمده در این تحقیق یکسان است. خیری زاده آروق و همکاران (۲۸) نیز گزارش کردند که شوری باعث افزایش میزان تولید پرولین در تربیتکاله می‌گردد و میزان تولید پرولین با افزایش تنش شوری و کاربرد کودهای زیستی افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. رقامی و همکاران (۴۰) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید باعث افزایش میزان پرولین در بادمجان تحت تنش شوری گردید. همچنین گزارش

کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌تواند به دلیل افزایش تولید هورمون‌هایی نظیر سائتوکینین و جیبرلین در چنین گیاهانی باشد (۸ و ۴۱). افزایش در میزان هورمون‌های رشد بخصوص سائتوکینین می‌تواند با انتقال یون‌های موثر در باز شدن روزنه‌ها و تنظیم سطح کلروفیل، موجب بالا رفتن میزان فتوسنتز و تولید بیشتر قندها در چنین گیاهانی شود (۳۹).

در این مطالعه مشخص گردید که ترکیب باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم بطور معنی‌داری باعث افزایش میزان قندهای محلول می‌گردد. این اثر سینرژیستی می‌تواند به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی بخصوص نیتروژن ارتباط داشته باشد که نسبت به حالت انفرادی بیشتر می‌باشد، از طرفی ازتوباکتر علاوه بر تثبیت نیتروژن احتمالا با افزایش میزان حلالیت فسفر خاک می‌تواند اثرات سینرژیستی را تشدید کند (۳۱).

رنگدانه‌های گیاهی

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد علاوه بر اثرات ساده تیمارها، اثرات متقابل دو گانه سالیسیلیک اسید و باکتری ($S \times SA$) و شوری و سالیسیلیک اسید ($S \times SA$) به ترتیب بر صفات کلروفیل a و کلروفیل b در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید، همچنین مشخص گردید که فقط اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱٪ بر میزان تولید کاروتنوئیدها معنی‌دار شدند.

سطح بدون تنش (S_0) و سطح ۵۰ میلی‌مولار شوری (S_1)، بطور معنی‌داری نسبت به سایر ترکیبات باعث افزایش معنی‌دار میزان تولید قندهای محلول شد، بهر حال در تمامی ترکیبات، کاربرد باکتری باعث افزایش میزان تولید قندهای محلول گردید. بیشترین میزان تولید قندهای محلول در ترکیب شوری ۲۰۰ میلی‌مولار با کاربرد توام باکتری‌ها ($S_4 B_3$) به دست آمد (شکل ۴).

در بررسی اثرات متقابل سالیسیلیک اسید و باکتری (شکل ۳) مشخص گردید کاربرد باکتری بطور معنی‌داری در حضور و عدم حضور سالیسیلیک اسید بطور معنی‌داری نسبت به عدم کاربرد باکتری باعث افزایش معنی‌دار تولید قندهای محلول می‌شود. در این آزمایش مشخص گردید بین آزوسپریلیوم و ریزوبیوم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی کاربرد توام آنها بطور معنی‌داری نسبت به کاربرد جداگانه باعث افزایش تولید قندهای محلول می‌شود.

گیاهان تلاش می‌کنند با تولید ترکیبات آلی مانند قندهای محلول که از لحاظ اسمزی فعال هستند بر تنش شوری غلبه کنند (۴۰). گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید در بادمجان (۴۰) و جو (۳) تحت تنش شوری باعث افزایش میزان تولید قندهای محلول شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در شرایط تنش شوری، افزایش قندهای محلول به گیاهان در جلوگیری از پلاسمولیز و برقرای تورژسانس کمک می‌کند (۳۴). افزایش قندهای محلول در چنین شرایطی با توقف رشد یا تولید از مسیرهای فتوسنتزی و تجزیه قندهای نامحلول انجام می‌گردد (۲۷). افزایش قندهای محلول با

جدول ۲- اثرات ساده کودهای زیستی و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیکی نشاء خربزه رقم خاتونی در شرایط تنش شوری
Table 2- Simple effects of bio-fertilizer and salicylic acid on some physiological traits of melon cv. Khatooni under salinity stress

تیمار Treatment	سطح level	کلروفیل a Chl a (mg/g fw)	کلروفیل b Chl b (mg/g fw)	کاروتنوئید Carotenoids (mg/g fw)	رطوبت نسبی RWC (%)
شوری Salinity	S0	1.44 a	0.96 a	0.72 a	84.17 a
	S1	1.24 b	0.75 b	0.62 b	82.27 a
	S2	1.04 c	0.55 c	0.46 c	72.77 b
	S3	0.90 d	0.38 d	0.32 d	64.51 c
	S4	0.69 e	0.23 e	0.16 e	52.14 d
سالیسیلیک اسید Salicylic acid	SA0	1.01 b	0.53 b	0.42 b	69.06 b
	SA1	1.12 a	0.62 a	0.49 a	73.29 a
باکتری Bacteria	B0	0.94 d	0.48 c	0.37 c	66.38 c
	B1	1.05 b	0.56 b	0.44 b	71.31 b
	B2	1.02 c	0.54 b	0.43 b	70.36 b
	B3	1.23 a	0.73 a	0.59 a	76.65 a

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

Means with the same letters have no significant difference based on Duncan's multiple range test ($\alpha = 0.05$).

Salinity (S0: 0 mM, S1: 50 mM, S2: 100 mM, S3: 150 mM and S4: 200 mM NaCl). Salicylic acid (SA0: 0 mM and SA1: 1 mM).

Bacteria (B0: without bacteria, B1: Azotobacter, B2: Azospirillum and B3: Azotobacter + Azospirillum)

شوری ۲۰۰ mM و بیشترین میزان آن در شرایط بدون تنش تولید شدند. بالاترین میزان تنش شوری (S_4) باعث کاهش ۵۲/۰۸٪ و ۷۶/۰۴٪ و ۷۷/۷۷٪ نسبت به شاهد به ترتیب در تولید کلروفیل a،

مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها (جدول ۲) نشان داد که شوری بطور معنی‌داری باعث کاهش میزان رنگدانه‌های گیاهی در خربزه می‌گردد، بطوریکه کمترین میزان تولید رنگدانه‌های گیاهی در

اسمپروتکتنت‌هایی نظیر پرولین و بسته شدن روزنه‌ها تحت تنش می‌باشد. افزایش رنگی‌های فتوسنتزی با تیمار سالیسیلیک اسید را می‌توان به اثر حفاظتی این مولکول سیگنال و تحریک مسیر سنتزی این رنگدانه‌ها ارتباط داد (۱۴ و ۱۸). دلیل دیگر کاهش میزان کلروفیل تحت تنش شوری کاربرد گلوتامات جهت بیوسنتز پرولین می‌باشد (۳۸). سلطانا و همکاران (۵۱) گزارش کردند کاهش کاروتنوئیدها در شرایط تنش شوری به خاطر تخریب بتا کاروتن و تولید زاگزانتین است. جیری و همکاران (۲۰) گزارش کردند که تلقیح آکاسیا با مایکوریزا باعث افزایش محتوای کلروفیل تحت تنش شوری می‌گردد. همچنین سانازورا و همکاران (۴۴) و خیری‌زاده آروق و همکاران (۲۸) دریافتند که ترکیب مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تنش شوری در تربتیکاله می‌شود. گزارش شده است که باکتری‌های محرک رشد دارای فعالیت ACC-دآمیناز هستند که بطور معنی‌داری بر میزان محتوای رنگدانه‌های گیاهی تحت تنش شوری مؤثر هستند (۴۷). از طرفی بیان شد که کاهش محتوای کلروفیل می‌تواند بعلت کاهش جذب نیتروژن باشد، احتمالاً کاربرد باکتری‌های محرک رشد با افزایش قابلیت جذب عناصر خصوصاً نیتروژن در افزایش محتوای کلروفیل نقش مؤثری دارند.

درصد رطوبت نسبی

اثرات ساده تیمارها در سطح ۱٪ بر میزان رطوبت نسبی برگ اثرات معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱). در بررسی اثرات ساده شوری (جدول ۲) مشخص گردید که علی‌رغم کاهش میزان رطوبت نسبی برگ بین تیمار شاهد و سطح ۵۰ mM شوری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و با افزایش میزان تنش اختلاف معنی‌دار شد، بطوری‌که کمترین مقدار رطوبت نسبی در تیمار شوری ۲۰۰ mM (S4) به دست آمد که نسبت به شاهد (S0) ۳۸/۰۵٪ کاهش یافت. عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمار شاهد و سطح پایین تنش شوری ممکن است بعلت توانایی گیاه در جذب آب بیشتر برای حل کردن یون‌های تجمع یافته در واکوئل و کاهش میزان سمیت یونی نسبت به سایر سطوح تنش باشد که منجر به افزایش وزن تر گیاهان می‌گردد (۳۵). مقایسه میانگین نتایج (جدول ۲) نشان داد که کاربرد سالیسیلیک اسید بطور معنی‌داری باعث افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ می‌گردد که نسبت به عدم کاربرد ۶/۱۲٪ افزایش یافت. کاربرد باکتری بطور معنی‌داری باعث افزایش میزان رطوبت نسبی برگ گردید (جدول ۲). بین کودهای زیستی مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی ترکیب کودهای زیستی نسبت به عدم ترکیب آنها باعث افزایش معنی‌دار رطوبت نسبی برگ گردید که نسبت به شاهد ۱۵/۴۷٪ افزایش پیدا کرد.

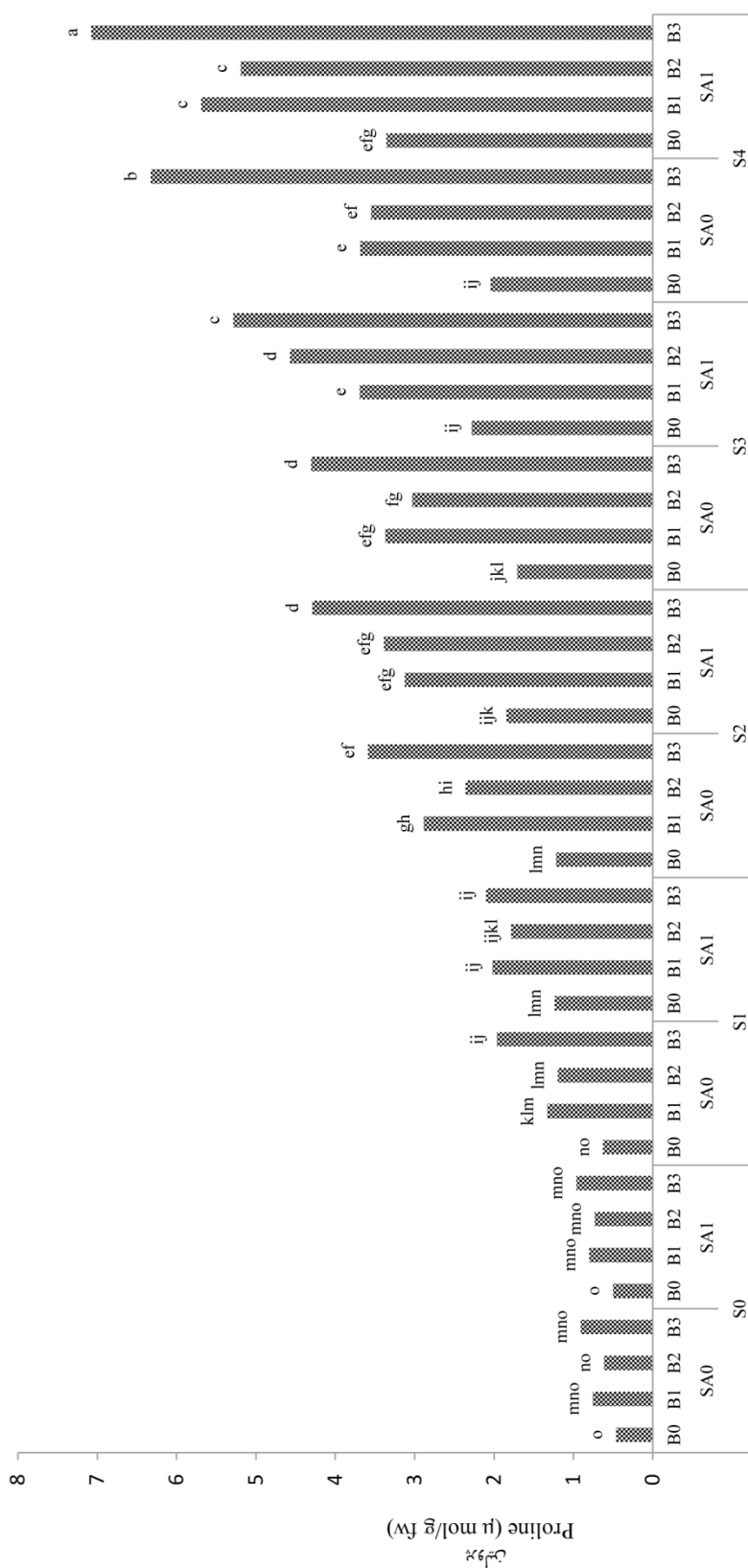
کلروفیل b و کاروتنوئیدها گردید. نتایج نشان داد (جدول ۲) کاربرد سالیسیلیک اسید نسبت به عدم کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار تولید رنگدانه‌های گیاهی می‌گردد.

در بررسی اثرات ساده باکتری (جدول ۲) مشخص گردید که کاربرد باکتری باعث افزایش معنی‌دار تولید رنگدانه‌های گیاهی می‌شود و کاربرد توام باکتری‌ها (B3) باعث افزایش معنی‌داری نسبت به کاربرد جداگانه شد. همچنین مشخص گردید اختلاف معنی‌داری بین کاربرد جداگانه باکتری‌ها بر میزان تولید کلروفیل b و کاروتنوئیدها وجود ندارد.

در بررسی اثرات متقابل سالیسیلیک اسید و باکتری (SA×B) بر میزان کلروفیل a (شکل ۵) مشخص شد که بیشترین میزان کلروفیل a در ترکیب سالیسیلیک اسید ۱ mM با کاربرد توام باکتری‌ها (SA1 B3) به دست آمد که نسبت به شاهد (SA0 B0) به میزان ۲۸/۴۰٪ افزایش نشان داد. همچنین نتایج نشان داد (شکل ۶) که کمترین میزان کلروفیل b در ترکیب شوری ۲۰۰ mM با عدم کاربرد سالیسیلیک اسید (S4 SA0) به دست آمد که نسبت به شاهد (S0 SA0) ۷۰/۷۸٪ کاهش یافت.

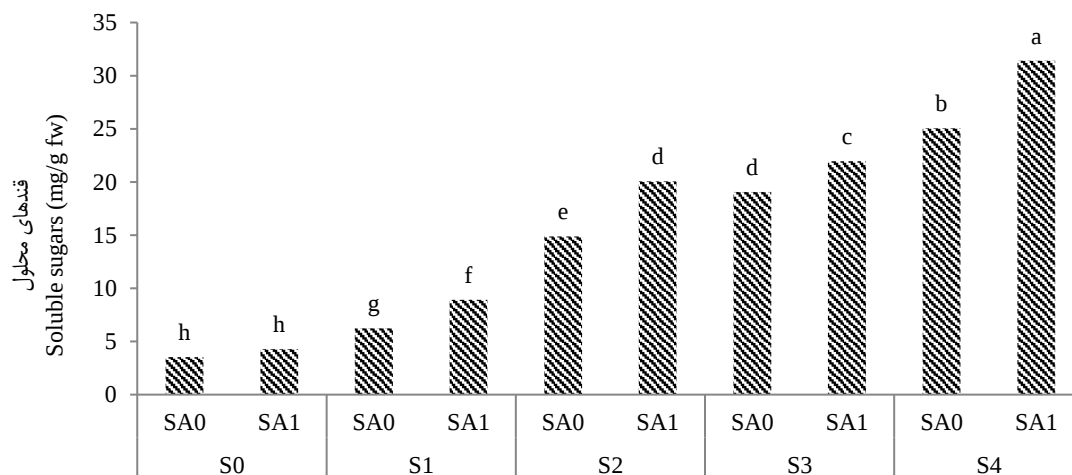
رنگی‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها) بعنوان ترکیبات اصلی سیستم فتوسنتزی در تولید ماده خشک شرکت دارند. الطیب (۱۴) بیان نمود که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت شرایط تنش و شاهد می‌گردد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین گزارش شده است، محلولپاشی سالیسیلیک اسید در گیاه ذرت تحت تنش شوری باعث افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی گردیده است (۲۹). ناصری و همکاران (۳۶) و سربای و همکاران (۴۵) نیز گزارش کردند که تنش شوری باعث کاهش محتوای کلروفیل به ترتیب در شنبلیل و خربزه می‌گردد. محققین ذکر کرده‌اند کاهش پروتئین‌های سلولی تحت تنش، افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیل‌از و پراکسیداز، کاهش فعالیت آنزیم کربوکسیلاز و بسته شدن روزنه‌ها بعنوان فاکتورهای مؤثر کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش هستند (۳، ۶، ۱۱ و ۲۶). کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش‌های طولانی ممکن است تا حدی به خاطر کاهش جریان نیتروژن به سمت گیاه و همچنین تغییر در فعالیت آنزیم‌هایی مانند نیترات ردوکتاز باشد (۲ و ۱۲).

فاروق و همکاران (۱۵) در بررسی اثرات و مکانیسم تنش خشکی بیان کردند که سالیسیلیک اسید به عنوان یک مولکول سیگنال عمل می‌کند. سپس مسیر آبشاری سیگنال را احتمالاً بوسیله ABA، هیدروژن پراکسید (H₂O₂) و کلسیم (Ca²⁺) فعال می‌کند، که منجر به فعال شدن سنتز پروتئین‌های کینازهای مخصوصی شده که باعث فعال شدن پاسخ‌های بیشتر پایین دست می‌شود. مانند تغییر در بیان ژن. پاسخ به این سیگنال‌ها باعث تغییر در متابولیسم گیاه می‌شود که شامل فعال شدن و سنتز آنتی اکسیدان‌ها، سنتز و تجمع



سطوح مختلف شوری، سالیسیلیک اسید و باکتری
 Different levels of salinity, salicylic acid and bacteria. S0: 0mM, S1: 50 mM, S2: 100 mM, S3: 150 mM and S4: 200 mM NaCl. SA0: 0 mM and SA1: 1 mM
 . B0: without bacteria, B1: Azotobacter, B2: Azospirill and B3: B1+B2

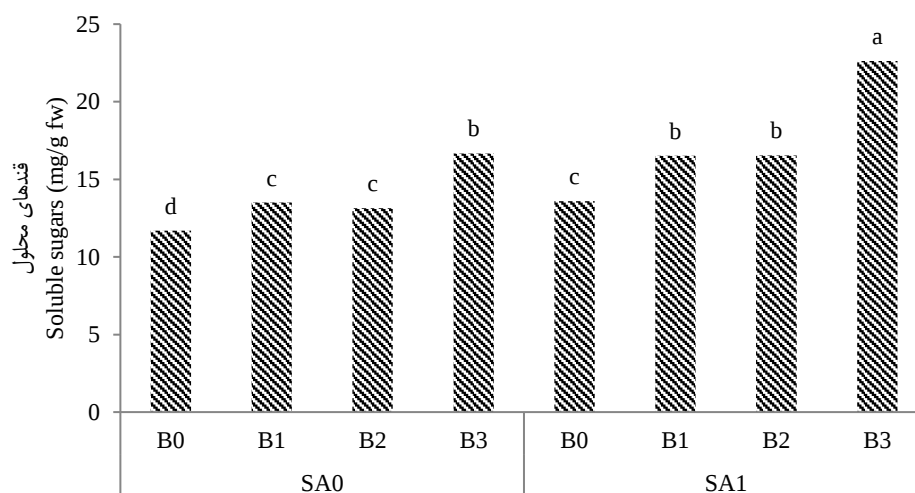
شکل ۱- بررسی اثرات متقابل شوری × سالیسیلیک اسید × باکتری بر میزان پرولین خربزه رقم خاتونی.
 Figure 1- Interaction effects of salinity×salicylic acid×bacteria on proline content of Khatooni melon cultivar. (Duncan, $p \leq 0.05$)



ترکیبات مختلف شوری و سالیسیلیک اسید

Different combination of salinity and salicylic acid. (S0: without salinity, S1: 50mM, S2: 100mM, S3: 150mM and S4: 200mM NaCl - SA0: 0mM and SA1:1mM)

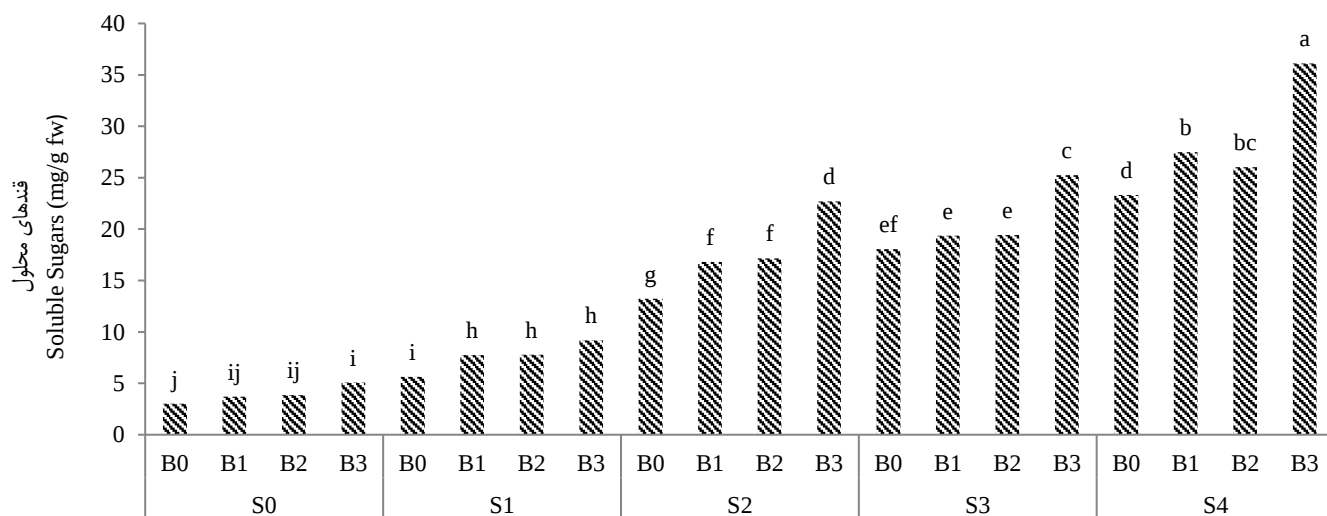
شکل ۲- اثرات متقابل شوری × سالیسیلیک اسید بر میزان قندهای محلول خربزه رقم خاتونی
Figure 2- Interaction effects of salinity×salicylic acid on soluble sugars of Khatooni melon cultivar (Duncan, $p \leq 0.05$)



ترکیبات مختلف سالیسیلیک اسید و باکتری

Different combination of Salicylic acid and bacteria. (SA0: without SA and SA1: 1mM SA- B0: without bacteria, B1: Azotobacter, B2: Azospirillum and B3: Azotobacter+Azospirillum).

شکل ۳- اثرات متقابل سالیسیلیک اسید × باکتری بر میزان قندهای محلول خربزه رقم خاتونی
Figure 3- Interaction effects of salicylic acid×Bacteria on soluble sugars of Khatooni melon cultivar (Duncan, $p \leq 0.05$)

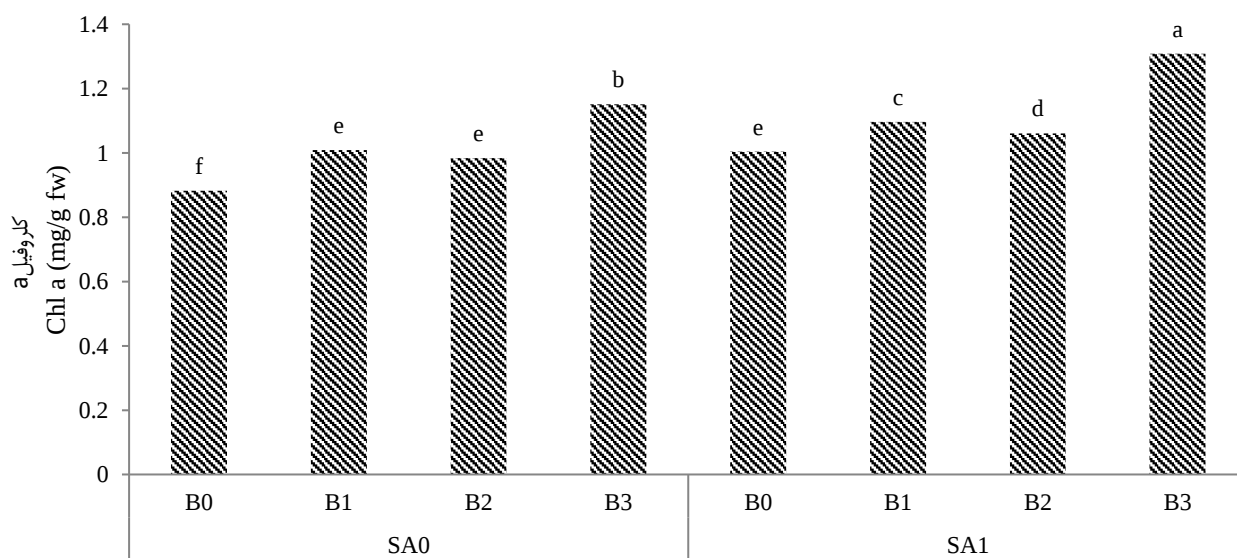


ترکیبات مختلف شوری و باکتری

Different combination of salinity and bacteria (S0: without salinity, S1: 50mM, S2: 100mM, S3: 150mM and S4: 200mM NaCl- B0: without bacteria, B1: Azotobacter, B2: Azospirillum and B3: Azotobacter+Azospirillum)

شکل ۴ - اثرات متقابل شوری × باکتری بر میزان قندهای محلول خربزه رقم خاتونی

Figure 4- Interaction effect of salinity×bacteria on soluble sugars of Khatooni melon cultivar. (Duncan, $p \leq 0.05$)

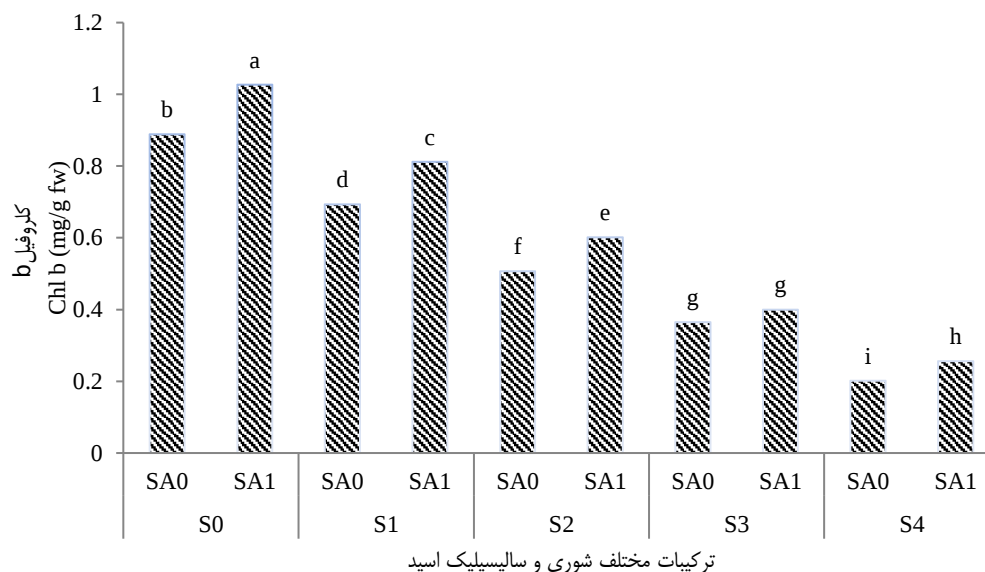


ترکیبات مختلف سالیسیلیک اسید و باکتری

Different combination of salicylic acid and bacteria (SA0: 0 mM and SA1: 1mM- B0: without bacteria, B1: Azotobacter, B2: Azospirillum and B3: Azotobacter+Azospirillum)

شکل ۵ - اثرات متقابل سالیسیلیک اسید × باکتری بر میزان کلروفیل a خربزه رقم خاتونی

Figure 5- Interaction effects of salicylic acid× bacteria on chlorophyll a of Khatooni melon cultivar (Duncan, $p \leq 0.05$)



Different combination of salinity and salicylic acid. Salinity (S0: 0 mM, S1: 50 mM, S2: 100 mM, S3: 150 mM and S4: 200 mM NaCl). Salicylic acid (SA0

شکل ۶- اثرات متقابل شوری × باکتری بر میزان کلروفیل b خربزه رقم خاتونی

Figure 6- Interaction effects of salinity×bacteria on chlorophyll b of Khatooni melon cultivar (Dancan, $p \leq 0.05$)

مقادیر شدید منجر به توقف انتقال الکترون (۲۱)، ممانعت نوری و تخریب غشا می‌شود (۱۰).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان از مخلوط کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم و همچنین محلولپاشی بوته‌ها با یک میلی مولار سالیسیلیک اسید (SA1 B3)، جهت حفظ و توسعه کشت خربزه و بهره‌برداری از مناطقی که دارای زمین و یا آب شور هستند، استفاده گردد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده از محل اعتبارات پژوهشی مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت جام می‌باشد که بدینوسیله از معاونت پژوهشی مجتمع تقدیر و تشکر می‌گردد.

ظفری و همکاران (۵۴) در بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر یونجه همدانی تحت تنش خشکی گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش میزان آب نسبی سلول و تلقیح با کاهش اثرات تنش موجب افزایش محتوای آب نسبی بافت می‌گردد. همچنین رقامی و همکاران (۴۰) بیان نمود که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی دار میزان رطوبت نسبی در بادمجان تحت تنش شوری می‌شود، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. اهمیت آب در گیاه برای نگهداری فشار تورگور جهت انجام رشد کاملاً ثابت شده است (۱۷) و یکی از مهمترین عوامل حفظ بقاء در شرایط تنش، قدرت بالای گیاه در حفظ آب سلولی می‌باشد (۱ و ۴۳).

قادری و همکاران بیان کردند (۱۹) که با کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش و غیر تنش موجب افزایش محتوای رطوبت نسبی در توت فرنگی شده است. همچنین گزارش شده است با کاربرد سالیسیلیک اسید محتوای رطوبت نسبی در گوجه فرنگی تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد (۲۴). بطور خلاصه محتوای رطوبت نسبی آب برگ همبستگی بالایی با پتانسیل آب برگ دارد و کاهش محتوای آب نسبی برگ منجر به بسته شدن روزنه‌ها (۱۵)، کاهش فتوسنتز و در

منابع

- 1- Abdalla M.M., and El-Khoshiban N.H. 2007. The influence of water stress on growth, relative watercontent,

- photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. Journal of Applied Sciences Research 3(12): 2062-2074.
- 2- Ahmadi U., and Baker D.A. 2000. Stomatal and nonstomatal factors limiting of photosynthesis in wheat under drought stress. Journal of Agriculture 31: 813-825.
- 3- Akhkha A., Boutra T., and Alhejely A. 2011. The rates of photosynthesis, chlorophyll content, dark respiration, proline and abscisic acid (ABA) in wheat (*Triticum durum*) under water deficit conditions. International Journal of Agriculture and Biology 13(2): 215-221.
- 4- Al-Hakimi A.M.A., and Hamada A.M. 2001. Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. Biologia Plantarum 44(2): 253-261.
- 5- Ashraf M.Y., Rafique N., Ashraf M., Azhar N., and Marchand M. 2013. Effect of supplemental potassium (K⁺) on growth, physiological and biochemical attributes of wheat grown under saline conditions, Journal of Plant Nutrition 36: 443-458.
- 6- 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.
- 7- Bacilio M., Rodriguez H., Moreno M., Hernandez J. P., and Bashan Y. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. Biology and Fertility of Soils 40: 188-193.
- 8- Bashan Y., Holguin G., and De-Bashan L. 2004. *Azospirillum*-plant relationship: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances. Canadian Journal of Microbiology 50(8): 521-577.
- 9- Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1993. Rapid determination of free proline for water stress study. Plant and Soil 39(1): 205-207.
- 10- Cornic G., and Massacci A. 1996. Leaf photosynthesis under drought stress, in: Baker N.R., (Ed.), Photosynthesis and the Environment, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- 11- Delshadi S., Ebrahimi M., Shirmohammadi E. 2017. Plant growth promoting bacteria effects on growth, photosynthetic pigments and root nutrients uptake of *Avena sativa* L. under drought stress. Desert 22(1): 107-116.
- 12- Ebrahimi M., Ricki Maryshany A., and Shirmohammadi E. 2016. Effect of extract of fast growing species *Trifolium alexandrinum* L. on germination, photosynthetic pigments and nutrient uptake of *Prosopis cineraria* (L.) Druce. Ecopersia 4: 1493-1503.
- 13- El-Tayeb M.A., and Ahmed N.L. 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. American-Eurasian Journal of Agronomy 3(1): 1-07
- 14- El-Tayeb M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-224.
- 15- Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., and Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy, 29: 185-212.
- 16- Fazaeli A., and Basharati H. 2012. Effect of salinity on some growth index and total protein of alfalfa Inoculated with *Sinorhizobium meliloti* under greenhouse. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 3(9): 25-36. (in Persian)
- 17- Garcia M.G., Busso C.A., Polci P., Garcia L.N., and Echenique V. 2002. Water relations and leaf growth rate three *Agropyron* genotypes under water stress. BioCell. 26(3): 309-317.
- 18- Garcia-Sanchez F., Jifon J.L., Carvajal M., and Syversten J.P. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation in 'sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. Journal of Plant Sciences 35: 314-320.
- 19- Ghaderi N., Normohammadi S., and Javadi T. 2015. Morpho-physiological Responses of Strawberry (*Fragaria×ananassa*) to Exogenous Salicylic Acid Application under Drought Stress. Journal of Agricultural Science and Technology, 17: 167-178.
- 20- Giri B., Kapoor R., Mukerji K.G. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. Biology and Fertility of Soils 38: 170-175.
- 21- Golding A.J., and Johnson G.N. 2003. Down-regulation of linear and activation of cyclic electron transport during drought. Planta 218: 107-114.
- 22- Grattan S.R., and Grieve C.M. 1992. Mineral element acquisition and growth response of plant grown in saline environment. Agriculture, Ecosystems and Environment 38: 275-300.
- 23- Gusain, Y.S., Singh U.S., and Sharma A.K. 2015. Bacterial mediated amelioration of drought stress in drought tolerant and susceptible cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). African Journal of Biotechnology 14: 764-773.
- 24- Hayat S., Hasan S.A., Fariduddin Q., and Ahmad A. 2008. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. Journal of Plant Interaction 3(4): 297-304.
- 25- Hedge J.E., and Hofreiter B.T. 1962. In: R. L. Whistler & B. Miller (Ed.), Carbohydrate Chemistry. pp.17-22. Academic Press, New York.

- 26- Karimi G., Ghorbanli M., Heidari H., Khavari Nejad R.A., and Assareh M.H. 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biologia Plantarum* 49 (2): 301-304.
- 27- Kheirizadeh Arough Y., and Seyed Sharifi R. 2018. Effects of endo-mycorrhiza, plant growth promoting rhizobacteria and foliar application with nano zinc oxide on effective traits at grain filling of Triticale under soil salinity condition. *Journal of Plant Process and Function* 7(23): 69-84. (In Persian with English abstract)
- 28- Kheirizadeh Arough Y., and Seyed Sharifi R., and Sedghi M. 2016. Effect of Zinc and Bio Fertilizers on Antioxidant Enzymes Activity, Chlorophyll Content, Soluble Sugars and Proline in Triticale under Salinity Condition. *Notulae Botanicae horti Agrobotanici* 44(1): 116-124.
- 29- Khodary S.E.A., 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6: 5-8.
- 30- Kramer P.J. 1983. *Plant water relations*. Academic Press, New York.
- 31- Kumar V., Behl R.K., and Narula N. 2001. Establishment of phosphate-solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in the rhizosphere and their effect on wheat cultivars under greenhouse conditions. *Microbiological Research* 156: 87-93.
- 32- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd edition, Academic Press. Ltd., London, 862 p.
- 33- Motamednejad M., Eslami S.V., Sayari M.H., and Mahmodi S. 2016. Effect of enrichment with bio fertilizers and three micronutrients of iron, zinc and manganese on germination characteristics of ajowan plant (*Carum copticum* L.). *Journal of Horticultural Science* 29(4): 564-571. (In Persian)
- 34- Munne S., and Alegre L. 1999. Role of dew on the recovery of water stressed *Melissa officinalis* L. *Journal Plant Physiology*, 154: 759-766.
- 35- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25: 239-250.
- 36- Naseri M., Arooei H., Kafi M., and Nemati H. 2016. Effect of Saline Water on Physiological Traits of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in Hydroponic Culture. *Journal of Water Research in Agriculture* 30 (1): 65-71. . (In Persian)
- 37- Nastari Nasrabadi H., Nemati S.H., Sobhani A., and Sharifi M. 2012. Study on morphologic variation of different Iranian melon cultivars (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Agricultural Research* 7(18): 2764-2769.
- 38- Navari Izzo F., Quartacci M.F., Izzo R. 1990. Water stress induced changes in protein and free amino acids in field grown maize and sunflower. *Plant Physiology and Biochemistry* 28:531-537.
- 39- Nemat-Alla M.M., Badawi A.M., Hassan N.M., El-Bastawisy Z.M., and Badran E.G. 2008. Effect of metribuzin, butachlor and chlorimuron-ethyl on amino acid and protein formation in wheat and maize seedlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 90: 8-18.
- 40- Raghani M., Estaji A., Bagheri V., and Ariakia E. 2016. Effect of salinity and salicylic acid on some morphological traits of *Solanum melongena* under hydroponic system. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 27: 77-87. (In Persian)
- 41- Remus R., Ruppel S., Jacob H.J., Hecht-Buchholz C., and Merbach W. 2000. Colonization behavior of two enterobacterial strains on cereals. *Biology and Fertility of Soils*, 30: 550-557.
- 42- Ruiz-Lozano J.M., Azcon R., and Gomez M. 1995. Effects of arbuscular mycorrhizal *Glomus* species on drought tolerance: physiological and nutritional plant responses. *Applied and Environmental Microbiology*, 61:456-460.
- 43- Sanchez-Rodr-guez E., Rubio-wilhelmi M., Cervilla L.M., Blasco B., Rios J.J., Rosales M.A., Romero L., and Ruiz J.M. 2010. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science* 178: 30-40.
- 44- Sannazzaro A.I., Alberto E., Ruiz O.A., Menendez B. 2005. Influence of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on the saline stress physiology of *Lotus glaber*. *Lotus Newsletter* 35:29-30.
- 45- Sarabi B., Bolandnazar S., Ghaderi N., and Ghashghaie J. 2017. Genotype difference in physiological and biochemical responses to salinity stress in melon (*Cucumis melo* L.) plants: prospects for selection of salt tolerant landraces. *Plant Physiology and Biochemistry* 119: 294-311.
- 46- Senaranta T., Touchell D., Bumm E., and Dixon K. 2000. Acetyl salicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 157-161.
- 47- Shaharouna B., Arshad M., and Zahir Z.A. 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiata* L.). *Letters in Applied Microbiology* 42:155-159.
- 48- Sing B., and Usha K. 2003. Salicylic acid induce physiological and biochemical changes in wheat seedling under water stress. *Plant Growth Regulation* 39: 137-141.
- 49- Sivritepe N., Sivritepe H.O., and Eris A. 2003. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under salin conditions. *Scientia Horticulturae* 97: 229-237.
- 50- Soliman, A. S., Shanan, N. T., Massoud, O. N. and Swelim, D. M. (2011) Improving salinity tolerance of *Acacia*

- saligna* (Labill.) Plant by Arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium inoculation. African Journal of Biotechnology 11: 1259-1266.
- 51- Sultana N., Ikeda T., and Itot R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany 42: 211-220.
- 52- Taheri S., Barzegar T., and Zaeemzadeh A. 2016. Effect of salicylic acid pre-treatment on cucumber and watermelon seeds germination under salt stress. Iranian Journal of Seed Science and Research 3(4): 15-27. (In Persian)
- 53- Vinocur B., and Altman A. 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. Current Opinion in Biotechnology, 16: 123-132.
- 54- Zafari M., Ebadi A., Parmoon G., and Jahanbakhsh S. 2016. Effect of growth promoting bacteria on compatibility metabolites production and some characteristics of Hamadan alfalfa during drought stress. Journal of Plant Process and Function 4(14): 61-75. (In Persian)



Effect of Bio-fertilizer and Salicylic Acid on Some Physiological Traits of Melon under Salinity Stress

H. Nastari Nasrabadi^{1*} - S.F. Saberli²

Received: 22-07-2019

Accepted: 16-11-2019

Introduction: Melon (*Cucumis melo* L.) is one of the most important vegetables in Cucurbitaceae family and one of the most important economic crops in the Torbat-e Jam. Growth and yield of agricultural crops are affected by biotic and abiotic environmental stresses. Salinity stress can be one of the most important environmental factors limiting the yield of plants, especially in arid and semi-arid regions. It has been reported that by application of bio-fertilizers, root and shoot dry weight and nitrogen concentration in alfalfa increased under salt stress. Sarabi *et al* (44) in a study of different genotypes of melons under salinity stress reported that salinity stress increases soluble sugars and proline content and decreases photosynthetic pigments. Growth-promoting bacteria can help plants under stress conditions by stabilizing atmospheric nitrogen, increasing the accessibility of nutrients, and interfering by the production of plant hormones such as auxin, cytokinin, and gibberellins. Soliman *et al*. (49) also reported that growth-promoting bacteria increase the absorption of elements, especially nitrogen, in *Acacia saligana*. Basilio *et al*. (7) showed that growth-promoting bacteria increase plant height and yield of wheat. The use of salicylic acid to create plant reactions to environmental stresses has been suggested. Raghmi *et al* (39) reported that salicylic acid improves vegetative indexes and photosynthetic pigments in eggplant under salt stress. It has been reported that salicylic acid treatment increased K in wheat under salt stress. Due to the expansion of saline soils as well as the reduction of fresh water resources, the purpose of this experiment is to better establish melon seedlings under adverse environmental conditions and to maintain and develop this valuable crop.

Materials and Methods: In order to study the effect of biological fertilizers and salicylic acid on physiological parameters and growth of Khatooni melon under salinity stress conditions, a factorial experiment was conducted based on completely randomized design with three replications in Torbat-e-Jam University. Salicylic acid treatment was selected at two levels, without (SA0) and one mM (SA1) salicylic acid. Bacteria treatments were including Azotobacter (B1), Azospirillum (B2), Azotobacter and Azospirillum (B3) and without inoculation (B0) and salinity treatments were prepared in five concentrations: control (S0), 50 (S1), 100 (S2), 150 (S3) and 200 (S4) mM of sodium chloride.

Results and Discussion: Interaction effects of salinity, salicylic acid and bacteria showed, proline content was increased by salinity stress. The highest of proline content was obtained by combination of 200 mM salinity, one mM of salicylic acid and Azetobacter + Azospirillum (S4 SA1 B3) and the minimum of it was recorded in control (S0 SA0 B0). Under salinity conditions, the accumulation of compatible solutions such as proline, glycine, betaine and other organic solutions in the plant occurs, which play an important role in protecting the plant against the harmful effects of stress. On the other hand, the increase in proline content by growth-promoting bacteria may be due to an increase in the absorption of nutrients, especially nitrogen, because proline has a nitrogenous structure.

Without salinity stress no significant difference observed between salicylic acid treatments on soluble sugars, but soluble sugars content were significantly increased by increasing salinity stress. The maximum and minimum of soluble sugars content were recorded in combination 200 mM salinity and one mM of salicylic acid (S4 SA1) and control (S0 SA0) respectively. Plants try to overcome salinity stress by producing organic compounds that are osmotically active such as soluble sugars.

It has been reported that the use of salicylic acid in eggplant and barley under salinity stress has increased the production of soluble sugars, which is consistent with the results of this study. In general, accumulation of proline and soluble sugars content might be due to increased synthesis and decreased degradation under stress conditions. According to the results, photosynthetic pigments and relative water content percentage (RWC %) were decreased under salinity stress. Simple effects of salicylic acid (SA1) and bacteria treatments especially combination of bacteria (B3) significantly improved Chlorophyll a, b, carotenoids and RWC. Sarabi *et al*. (43) reported that chlorophyll content, carotenoids and RWC were decreased in melon under salinity stress.

1 and 2- Assistant Professors, Department of Horticulture Science and Engineering, High Educational Complex of Torbat-e Jam

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

Kheirizadeh Arough et al (29) reported that application of bio-fertilizers and nano zinc oxid increased content of chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids in Triticale under salinity conditions.

Conclusion: Based on the obtained results in this study, we can use Azotobacter and Azospirillum together for seed inoculation and spraying with salicylic acid for obtaining better growth and yield under salt stress.

Keywords: Azospirillum, Azotobacter, Khatooni melon, Proline



مقاله علمی-پژوهشی

بهینه‌سازی ریزازدیادی مامیران (*Chelidonium sp.*) و بررسی میزان فنول تام در اندام‌های مختلف آن در شرایط درون‌شیشه‌ای

مسعود قاسمی^۱ - حسین آرویی^{۲*} - پژمان آزادی^۳ - آتوسا علی احمدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۴

چکیده

مامیران (*Chelidonium sp.*) دارای رویشگاه‌های محدودی در ایران است. این گیاه حاوی مقدار زیادی متابولیت‌های ثانویه نظیر آلکالوئیدهای ایزوکینولین و ترکیبات فنولی می‌باشد. هدف از این تحقیق، بهینه‌سازی ریزازدیادی و مقایسه فنول تام موجود در برگ، ساقه و ریشه گیاهچه‌های آن است. آزمایش به صورت طرح پایه کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. در این تحقیق ابتدا اثر سایتوکینین‌های BAP در غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ میلی‌گرم در لیتر و TDZ در غلظت‌های صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر بررسی شد. سپس بهترین تیمار سایتوکینین از نظر درصد باززایی به صورت ترکیب با یکی از اکسین‌های IBA و NAA در غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر ارزیابی شد. شاخه‌های باززایی شده به منظور ریشه‌زایی بر روی محیط کشت‌های MS حاوی ۳ گرم در لیتر زغال فعال با تیمارهای IBA، NAA و IAA در غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر کشت شدند. سپس گیاهچه‌های ریشه‌دار شده سازگار شدند. برای اندازه‌گیری میزان فنول تام از روش فولین استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین پرآوری در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر TDZ با میانگین ۸/۱۲ عدد شاخه بدست آمد. در این مطالعه محیط کشت MS حاوی ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA، مناسب‌ترین تیمار به منظور ایجاد ریشه تشخیص داده شد. همچنین نتایج نشان داد، میزان فنول تام برگ بیشتر از ساقه و ریشه است.

واژه‌های کلیدی: پرآوری، ریزازدیادی، فنول تام، مامیران

مقدمه

ترکیبات فنولی می‌باشد (۱۵). کشت بافت گیاهی استفاده گسترده‌ای دارد که از جمله کاربردهای آن می‌توان به ریزازدیاری گونه‌های گیاهی که تکثیر طبیعی آنها مشکل است، ایجاد تنوع سوماکلونال و بهره‌گیری از خصوصیات مفید بدست آمده در برنامه‌های اصلاحی و بهره‌گیری از این تکنیک در فرآیند مهندسی ژنتیک و حفاظت از ذخایر ژنتیکی اشاره نمود (۱۰). پیرامون باززایی مستقیم گیاه مامیران و اندازه‌گیری فنول تام اندام‌های گیاهچه مامیران گزارش‌های اندکی وجود دارد. مطالعاتی در مورد باززایی و اندازه‌گیری میزان فنول تام اندام‌های گیاهچه‌های مامیران و برخی گیاهان دارویی انجام شده است که به طور نمونه می‌توان به آنها اشاره نمود: اسفندیار و همکاران (۸)، بیشترین باززایی و تولید برگ را در گیاه مامیران از کالوس‌های کشت شده در محیط MS حاوی ۲ میلی‌گرم در لیتر BAP و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر 2,4-D بدست آوردند. شائیک و

مامیران با نام علمی *Chelidonium majus* L. و با نام لاتین Greater celandine از تیره خشخاش (Papaveraceae)، در گستره وسیعی از آسیا و اروپا رویش دارد. نمونه‌هایی از این گیاه در استانهای مازندران، گلستان، گیلان و آذربایجان مشاهده شده است (۱۴). گیاه مامیران خاصیت ضد میکروبی، ضد سرطانی و ضد التهابی دارد (۶). این گیاه دارای مقدار زیادی متابولیت‌های ثانویه آلکالوئیدهای ایزوکینولینی^۵ از جمله کلیدونین^۶، سنگوئینارین^۷، کپتسین^۸، بربرین^۹ و

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

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

۳- استادیار، گروه مهندسی ژنتیک، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج

۴- استادیار، گروه بیولوژی، پژوهشگاه گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید

بهشتی

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.81895

5- Isoquinonoline Alkaloids

- 6- Chelidonine
- 7- Sanguinarine
- 8- Captesine
- 9- Berberine

هورمونی BAP در غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ میلی‌گرم در لیتر و TDZ در غلظت‌های صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر کشت شدند. پس از بررسی درصد باززایی، بالاترین تیمار هورمونی از نظر درصد باززایی به صورت ترکیب با یکی از اکسین‌های IBA و NAA در غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر کشت شدند. شاخه‌های باززایی شده به منظور ریشه‌زایی بر روی محیط‌های MS حاوی ساکارز ۳۰ گرم در لیتر و ۳ گرم در لیتر زغال‌فعال با تیمارهای IBA، NAA و IAA در غلظت‌های (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ و ۲ میلی‌گرم در لیتر) واگشت شدند. یک ماه پس از کشت، صفات تعداد شاخه، طول شاخه و شاخص ظرفیت تشکیل شاخه، تعداد ریشه و طول ریشه گیاهچه‌های مامیران محاسبه شد. شاخص ظرفیت تشکیل شاخه طبق فرمول ذیل بدست آورده شد:

$$100 / (\text{میانگین تعداد شاخه در هر ریز نمونه}) \times (\text{درصد تشکیل شاخه}) = \text{شاخص ظرفیت تشکیل شاخه}$$

مرحله سازگاری

گیاهان ریشه‌دار با آب ولرم شستشو داده شده و در گلدان با قطر دهانه ۷ سانتی‌متر که ترکیبی از کوکوپیت، پرلیت، پیت ماس با نسبت‌های مختلف پر شده بودند، قرار داده شدند (جدول ۱). گلدان‌ها با مقدار کمی آب مقطر مه‌پاشی و به منظور حفظ رطوبت، روی گلدان‌ها با سرپوش پلاستیکی پوشانده شده و به اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. برای انجام سازگاری تدریجی روزی یکبار سرپوش را برداشته و اندکی مه‌پاشی انجام شد. پس از دو هفته به منظور سازگار شدن گیاهان با محیط بیرون منافذی در سرپوش ایجاد شد تا اینکه سرپوش‌ها به طور کامل برداشته و بعد از دو هفته گیاهان به گلخانه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد انتقال یافتند و درصد سازگاری بعد از یک ماه محاسبه شد.

جدول ۱- بسترهای کشت مورد استفاده به منظور سازگاری

گیاهچه‌های مامیران

Table 1- Media used for acclimatization of *Chelidonium majus* L. plantlets

نسبت اجزای بسترهای کشت Media component ratio			
پیت ماس	پرلایت	کوکوپیت	بستر
Peat moss	Perlite	Cocopeat	Medium
-	1	2	A
1	1	1	B
1	2	1	C
-	1	1	D
1	1	-	E

همکاران (۲۱)، بیشترین تعداد شاخه باززایی شده را از میانگروه خیبر چنبر تلخ (*Momordia charanti*) در محیط کشت پایه MS حاوی ۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ و بیشترین ریشه‌زایی را در غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر IBA گزارش نمودند. باقل و بانسال (۲)، بیشترین تعداد شاخه را از جوانه انتهایی گیاه دان سیاه (*Guizotia absinica*) را در محیط حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر TDZ بدست آوردند. صدیقی و همکاران (۲۰) نشان دادند که تولید ترکیبات فنولی در گل آذین‌های انگور در غلظت ۲ و ۴ میکرومولار هورمون بنزیل آمینوپورین در ترکیب با ۴/۹ میکرومولار ایندول بوتیریک اسید کاهش یافت و در محیط عاری از هورمون، تولید ترکیبات فنولی در گل آذین انگور افزایش یافت. مامیران دارای رویشگاه‌های محدودی در ایران است. به همین دلیل ریزازدیادی می‌تواند روش مؤثری برای تکثیر سریع و انبوه و حفاظت از آن محسوب شود که منجر به تولید گیاهان با یکنواختی بالا می‌شود. در پژوهش حاضر تأثیر تنظیم کننده‌های رشد بر باززایی مستقیم گیاه مامیران بررسی شده است تا ضمن بهینه‌سازی کشت درون شیشه‌ای آن بستر مناسب برای انجام سایر پژوهش‌ها نظیر انتقال ژن و نیز افزایش کمیت و کیفیت مواد مؤثره از طریق دست‌ورزی ژنتیکی فراهم شود. همچنین مقدار فنول تام اندام‌های گیاهچه‌های مامیران مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی مواد گیاهی و شرایط کشت

به منظور بررسی اثر برخی تنظیم کننده‌های رشد بر باززایی گیاه دارویی مامیران، بذور این گیاه از ارتفاعات شیطان کوه لاهیجان جمع‌آوری شدند (شکل ۸-۱). سپس با هدف از بین بردن آلودگی در ابتدا بذور با آب مقطر دارای چند قطره توتین شسته شده، سپس با الکل ۷۰ درصد به مدت یک دقیقه و با آب مقطر دوبار شستشو داده شدند. سپس با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت پنج دقیقه، ضدعفونی شده و مجدداً با آب مقطر در سه مرحله زمانی ۵، ۱۵ و ۱۸۰ دقیقه زیر هود لامینار شستشو داده شدند و بعد از مراحل آلودگی‌زدایی، در محیط MS دارای ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز و ۳ گرم در لیتر زغال‌فعال و ۸ گرم در لیتر آگار که pH محیط آن بر روی ۵/۸ تنظیم شده بود کشت شدند (۸). سپس تمامی کشت‌ها در اتاقک رشد در شرایط دمایی ۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد و طول روز ۱۶ ساعت و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

پراوری و ریشه‌زایی

برای مطالعه پراوری از گیاهچه‌های درون شیشه‌ای (شکل ۸-۲)، میانگروه‌هایی به طول ۲/۵ سانتی‌متر، در محیط‌های MS حاوی ساکارز ۳۰ گرم در لیتر و ۳ گرم در لیتر زغال‌فعال و با تیمارهای

استخراج عصاره

ابتدا نمونه‌های برگ، ریشه و ساقه خشک شده با آسیاب به صورت پودر در آمدند. برای استخراج، ۵ گرم نمونه گیاهی توزین نموده و سپس، پنج میلی‌لیتر متانول به آن اضافه نموده و مخلوط حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در حمام التراسونیک قرار گرفت. سپس عصاره‌ها توسط کاغذ صافی صاف شده و سپس توسط دستگاه روتاری تغلیظ شدند، و در نهایت بر روی عصاره‌های خشک شده متانول ریخته تا در نهایت عصاره‌های ۱۰۰ ppm از آن‌ها تهیه شد (۵).

تعیین مقدار فنول تام در گیاهچه‌های درون شیشه‌ای

برای اندازه‌گیری مقدار فنول تام برگ، ساقه و ریشه گیاهچه‌های درون شیشه‌ای مامیران از روش فولین^۱ استفاده شد. به همین منظور، یک میلی‌لیتر از عصاره یا محلول استاندارد گالیک اسید (۱۰۰، ۸۰، ۴۰، ۲۰ میلی‌گرم در لیتر) به چاهک‌های دارای نه میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر شده و یک میلی‌لیتر فولین افزوده شدند. بعد از پنج دقیقه، ده میلی‌لیتر محلول سدیم کربنات ۷ درصد به چاهک‌ها افزوده گردید. در نهایت پلیت الیزای حاوی محلول به مدت نود دقیقه در دمای اتاق روی شیکر تکان داده شد. سپس جذب آن روی طول موج ۷۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. این آزمایش در ۳ تکرار انجام گردید (۵).

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌های مربوط به پرآوری و ریشه‌زایی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۴ تکرار برای هر تیمار که هر تکرار حاوی ۴ ریزنمونه بود انجام شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام و نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL رسم شدند.

نتایج و بحث

تعداد شاخه گیاهچه مامیران

نتایج حاصل از بررسی اثرات هورمون‌ها، شاخه‌زایی گیاهچه مامیران در کشت درون شیشه‌ای نشان داد که هورمون TDZ در مقایسه با سایر هورمون‌ها از کارآمدی و اثرگذاری بیشتری بر شاخه‌زایی برخوردار بود. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر غلظت‌های مختلف

هورمون TDZ بر صفت شاخه‌زایی مامیران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین برای صفت شاخه‌زایی، تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر TDZ با میانگین ۸/۱۲ شاخه در گیاهچه، بالاترین شاخه‌زایی را از خود نشان داد (شکل ۸-D) که با غلظت ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر TDZ اختلاف معنی‌داری نداشت که دلیل این امر این است که TDZ در غلظت‌های پایین تعداد شاخه زیادی تولید می‌کند (۱۷). کمترین شاخه‌زایی نیز مربوط به محیط شاهد بود. با افزایش میزان هورمون TDZ، شاخه‌زایی کاهش یافت. به طوری‌که در غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر TDZ، میانگین شاخه‌زایی به ازای هر نمونه ۴ عدد شاخه در ریزنمونه بود. همچنین بهترین تیمار TDZ توانایی ۱۰۰ درصد شاخه‌زایی را نسبت به شاهد داشت. مطالعات انجام شده توسط فیصل و همکاران (۹) نشان داد که هورمون TDZ با غلظت ۱/۱ میلی‌گرم در لیتر بر روی ریزنمونه‌های گره، بهترین نتیجه را برای شاخه‌زایی روولفیا^۲ در بین غلظت‌های ۲/۲ تا ۰/۱۱ میلی‌گرم در لیتر بوده که صحت نتایج این تحقیق را تایید می‌نماید. در مطالعه احمد و همکاران (۱) بر روی پرآوری ریزنمونه‌های گره فلفل دلمه^۳، بیشترین تعداد شاخه در محیط کشت حاوی ۰/۲۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ بدست آمد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. در تحقیقی حسین و همکاران (۱۱) با استفاده از غلظت ۰/۰۸۸ میلی‌گرم در لیتر، بیشترین درصد باززایی در گیاه کینو^۴ در گره‌های کوتیلدونی را از بین غلظت‌های ۲/۲ تا ۰/۰۲۲ میلی‌گرم در لیتر TDZ بدست آوردند. که صحت نتایج این تحقیق را اثبات می‌کند. اثر هورمون BAP بر شاخه‌زایی گیاهچه مامیران نیز نشان داد، بیشترین شاخه‌زایی در تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر این هورمون با میانگین ۵/۱۸ ایجاد شد که با غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌دار داشت. همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر غلظت‌های مختلف هورمون BAP بر صفت شاخه‌زایی مامیران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین ترکیب ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر TDZ با اکسین‌های IBA و NAA تأثیر کمتری بر شاخه‌زایی مامیران داشت (شکل ۱). به طوری‌که در ترکیب ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر TDZ به همراه ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA میانگین شاخه‌زایی ۰/۵ بود.

طول شاخه گیاهچه مامیران

مقایسه نتایج حاصل از اثر غلظت‌های مختلف هورمون‌های مورد بررسی در این تحقیق بر روی افزایش رشد طولی شاخه گیاهچه مامیران نشان داد که هورمون BAP، مناسب‌ترین هورمون به منظور

2- *Rauwolfia tetraphylla*

3- *Capsicum annum*

4- *Kino*

در بین تیمارهای مورد آزمون، تیمارهای ۲ و ۱/۵ میلی گرم در لیتر BAP با میانگین ۴ و ۳/۷ سانتی متر، بیشترین میانگین طول را نشان داده و در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۲)، همچنین با کاهش غلظت این هورمون، طول شاخه به حدود ۳/۳ سانتی متر، به میزان ۱۷ درصد کاهش داشت.

افزایش طول شاخه در مقایسه با هورمون‌های دیگر می باشد. اثر غلظت‌های مختلف هورمون BAP، بر روی رشد طولی شاخه نشان داد که بلندترین شاخه‌ها در تیمار ۲ میلی گرم در لیتر این هورمون ایجاد شد و مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی داری بین تیمارهای ۲ و ۱/۵ میلی گرم در لیتر BAP در سطح احتمال پنج درصد نشان نداد و

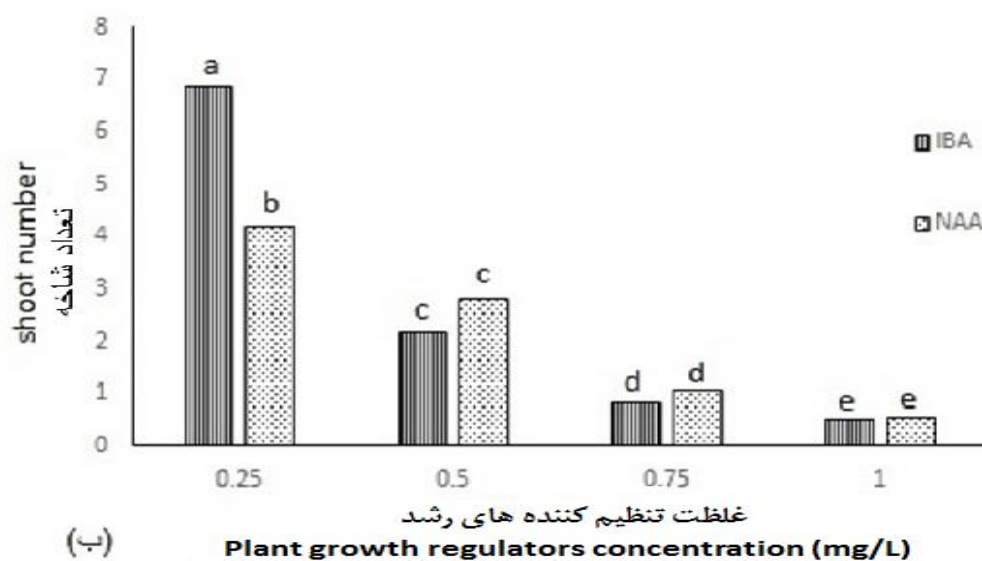
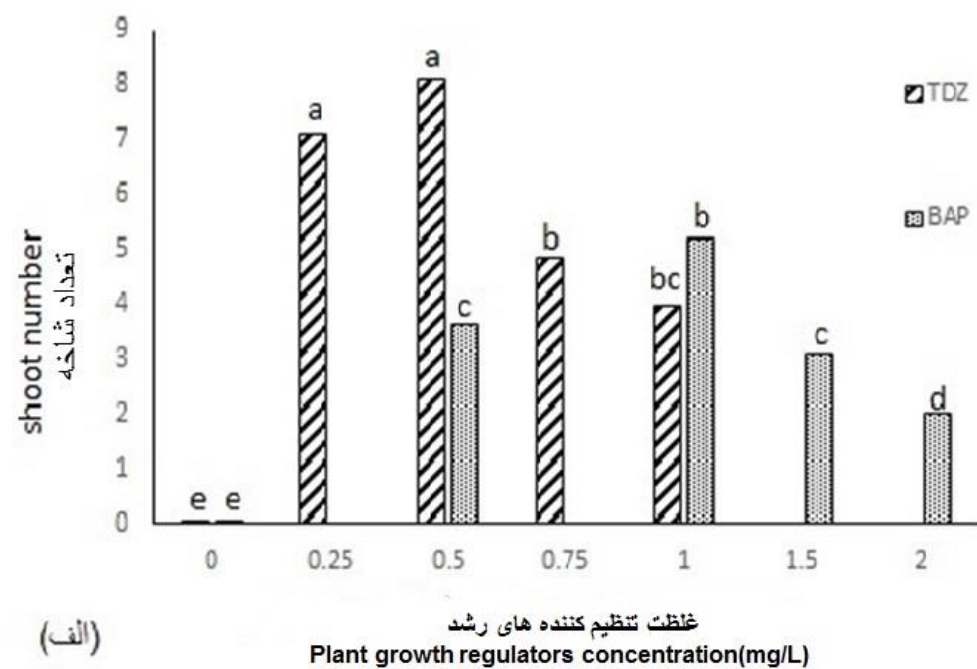
جدول ۲- تجزیه واریانس شاخه‌زایی گیاه مامیران در غلظت‌های متفاوت تنظیم کننده‌های رشد

Table 2- ANOVA for *Chelidonium majus* L. shoot proliferation at different concentrations of PGRs

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean of squares
تیمار TDZ TDZ treatment	4	40.14**
خطای آزمایش Error	15	0.57
کل Total	19	
تیمار BAP BAP treatment	4	14.96**
خطای آزمایش Error	15	1.08
کل Total	19	
تیمار 0.5 TDZ+IBA 0.5 TDZ+IBA treatment	3	34.73**
خطای آزمایش Error	12	0.79
کل Total	15	
تیمار 0.5 TDZ+NAA 0.5 TDZ+NAA treatment	3	11.05**
خطای آزمایش Error	12	0.24
کل Total	15	

بدست آمد که با نتایج مالیک و همکاران (۱۶) که بر روی ریزازدیادی گیاه گارسینی^۲ مطالعه کردند و نشان دادند که هورمون BAP بیشترین نقش را در افزایش رشد طولی شاخه دارد همخوانی دارد و هر دو نتایج این تحقیق را تایید می کنند. بیشترین رشد طولی در مامیران در میان تیمارهای TDZ، تیمار ۱ میلی گرم در لیتر TDZ با میانگین ۲/۹ سانتی متر و در تیمارهای TDZ ترکیب با اکسین‌ها، تیمار ۰/۵ میلی گرم در لیتر TDZ به همراه ۱ میلی گرم در لیتر IBA، با میانگین ۳/۶ بیشترین رشد طولی را به خود اختصاص دادند. همچنین تیمارهای TDZ ترکیب با NAA تأثیر کمتری بر افزایش رشد طولی شاخه داشتند.

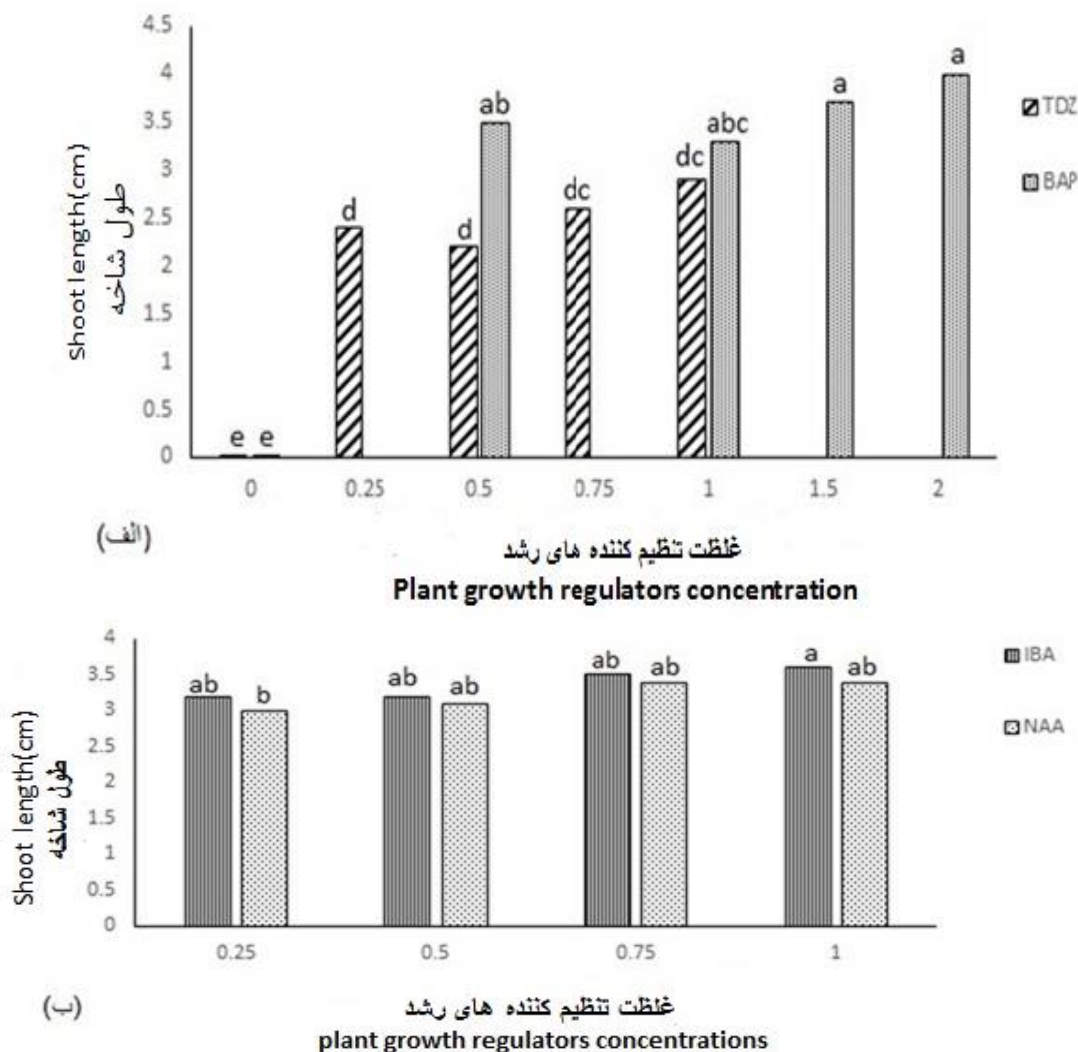
هورمون TDZ تأثیر کمتری بر رشد طولی شاخه نشان داد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که اثر غلظت‌های مختلف هورمون TDZ و همچنین ترکیب آنها با اکسین‌ها بر صفت طول شاخه مامیران در سطح احتمال یک درصد معنی دار است. در تحقیق حسین و همکاران (۱۱) در گره‌های کوتیلدونی کینو با افزایش غلظت TDZ از رشد طولی شاخه کاسته شد و بیشترین رشد طولی شاخه در غلظت ۱/۱۲ میلی گرم بر لیتر BAP حاصل شد که صحت نتایج این تحقیق را اثبات می کند. در مطالعه‌ای راجسواری و پالیوال (۱۹) بر روی گره کوتیلدونی گل^۱ بریشم با استفاده از غلظت‌های مختلف بنزیل آمینوپورین و آدنین و کینتین، بیشترین رشد طولی شاخه در غلظت ۲/۲۵ میلی گرم در لیتر BAP و ۱/۳۵ میلی گرم در لیتر آدنین



شکل ۱- مقایسه میانگین شاخه‌زایی مامیران در غلظت‌های متفاوت تنظیم کننده‌های رشد سایتوکینین و اکسین

(الف)- اثر سایتوکینین TDZ و BA. (ب)- محیط حاوی ۰/۵ میلی گرم در لیتر TDZ به همراه غلظت‌های مختلف IBA و NAA

Figure 1- Means comparison of *Chelidonium majus* L. shoot proliferation at different concentrations of cytokinin and auxin
 A) Effect of media containing TDZ and BA B) The medium contains 0.5 mg L⁻¹ TDZ with various concentrations of IBA and NAA.
 (LSD, $p \leq 0.05$)



شکل ۲- مقایسه میانگین رشد طولی شاخه مامیران در غلظت‌های متفاوت تنظیم کننده‌های رشد اکسین و سایتوکینین

(الف)- اثر غلظت‌های مختلف سیتوکینین TDZ و BA. (ب)- محیط حاوی ۰/۵ میلی گرم در لیتر TDZ به همراه غلظت‌های مختلف IBA و NAA

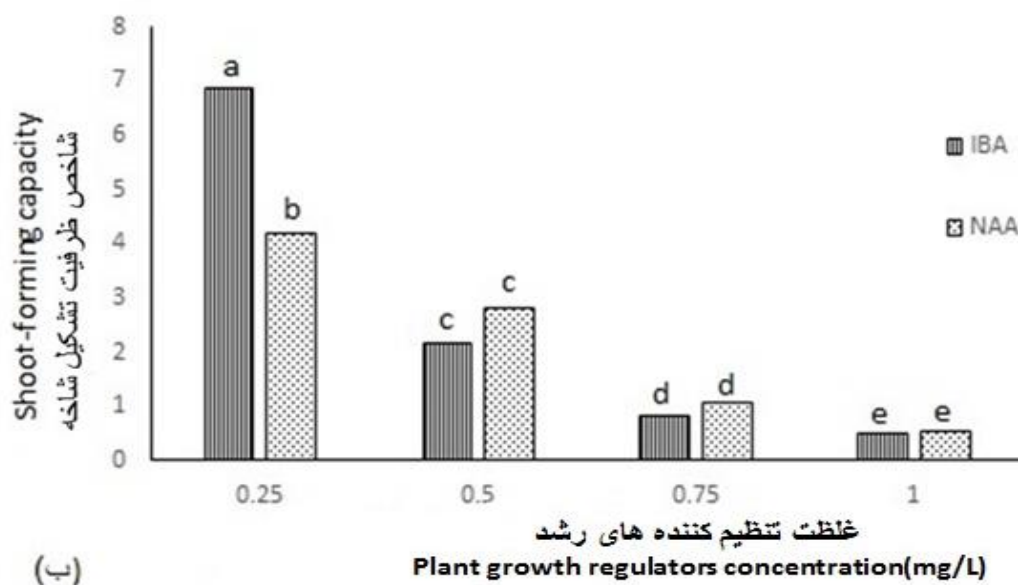
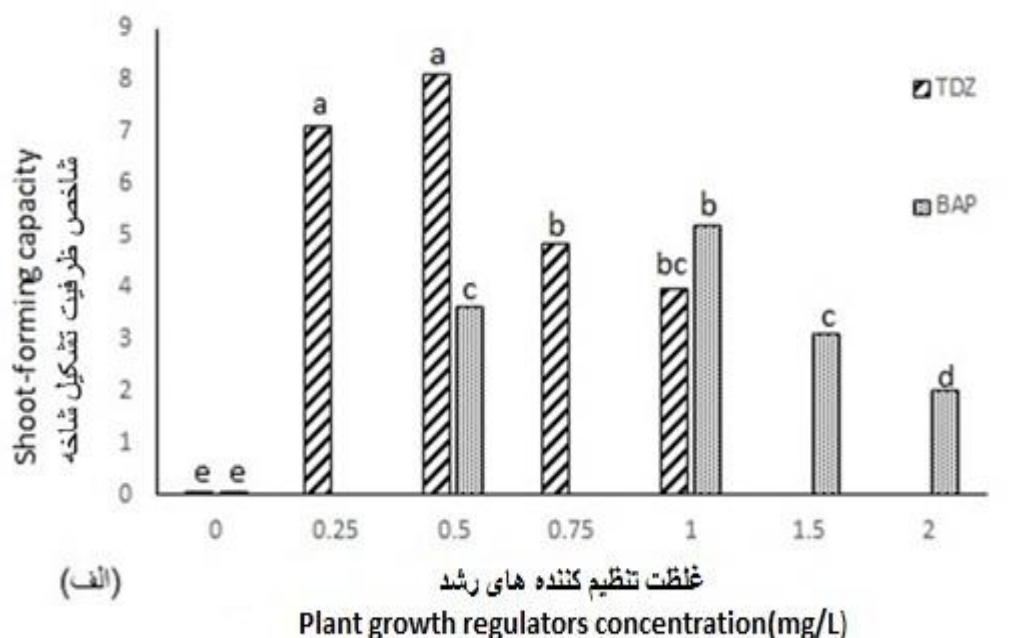
Figure 2- Means comparison of shoot elongation of *Chelidonium majus* L. at different concentrations of cytokinin and auxin
A) Effect of media containing TDZ and BA. B) The medium contains 0.5 mg L⁻¹ TDZ with various concentrations of IBA and NAA.
(LSD, $p \leq 0.05$)

غلظت ۲/۲ میلی گرم در لیتر TDZ، بالاترین شاخص ظرفیت تشکیل شاخه را در میان هورمون‌ها دارد. همچنین در بررسی‌های بختیار و همکاران (۳) با استفاده از غلظت‌های ۲/۹۷-۰/۴۸۴ میلی گرم در لیتر TDZ موفق به شاخه‌زایی از میانگره‌های گیاه آویشن ایرانی^۲ شدند و غلظت ۰/۹۹ میلی گرم در لیتر TDZ، بالاترین شاخص ظرفیت تشکیل شاخه را نشان دادند که نتایج این تحقیق را اثبات می‌کند. غلظت ۲ میلی گرم در لیتر BAP بعد از تیمارهای شاهد در مامیران کمترین شاخص ظرفیت تشکیل شاخه را با میانگین ۰/۶۲ شاخه دارد. از طرف دیگر تیمارهای ترکیبی TDZ با اکسین‌ها، تیمار ۰/۵

شاخص ظرفیت تشکیل شاخه گیاهچه مامیران

نتایج حاصل از تیمارهای شاخه‌زایی گیاهچه مامیران نشان داد که تیمار ۰/۵ میلی گرم در لیتر TDZ در میان هورمون‌ها، بیشترین شاخص ظرفیت تشکیل شاخه را با میانگین ۸/۱۲ داد که با تیمارها ۰/۲۵ میلی گرم در لیتر TDZ، اختلاف معنی‌داری ندارد (شکل ۳). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر غلظت‌های مختلف هورمون TDZ بر صفت شاخص ظرفیت تشکیل شاخه مامیران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. بررسی‌های کاروپاسامی و کالیموتو (۱۳)، بر روی گره‌های گیاه آندروگرافیس^۱ نیز نشان داد که

میلی گرم TDZ با ۰/۲۵ میلی گرم IBA بالاترین شاخص ظرفیت شاخه‌ها را با ۶/۸۷ شاخه نشان داد که این تیمار در مقایسه با ۰/۵ میلی گرم TDZ، ۱۵ درصد شاخص ظرفیت تشکیل شاخه‌هاش کاهش یافت.



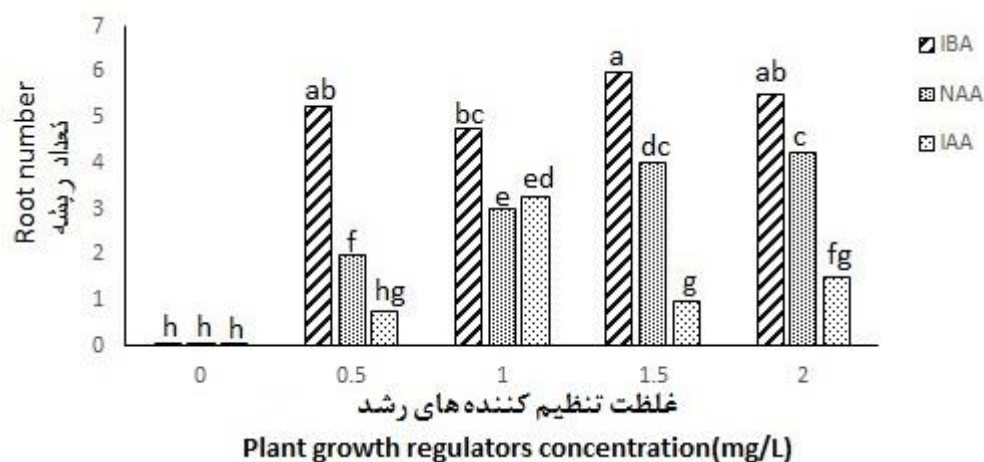
شکل ۳- مقایسه میانگین شاخص ظرفیت تشکیل شاخه مامیران در غلظت‌های تنظیم کننده‌های رشد مختلف (الف)- اثر غلظت‌های مختلف سیتوکینین TDZ و BA. (ب)- محیط حاوی ۰/۵ میلی گرم در لیتر TDZ به همراه غلظت‌های مختلف IBA و NAA
Figure 3- Means comparison of shoot-forming capacity index of *Chelidonium majus* L. at different PGRs concentration
 A) Effect of media containing TDZ and BA. B)-The medium contains 0.5 mg L⁻¹ TDZ with various concentrations of IBA and NAA. (LSD, $p \leq 0.05$)

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که اثر غلظت‌های مختلف هورمون IBA بر صفت تعداد ریشه مامیران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

تعداد ریشه گیاهچه مامیران
 نتایج حاصل از تیمارهای ریشه‌زایی گیاهچه مامیران با استفاده از اکسین‌های IBA، NAA و IAA نشان داد که هورمون IBA بهترین تاثیر را در افزایش تعداد ریشه تولیدی در بردارد. نتایج جدول

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تعداد ریشه گیاه مامیران در غلظت‌های متفاوت تنظیم کننده رشد اکسین
Table 3- ANOVA for root number of *Chelidonium majus* L. at different concentrations of auxin PGRs

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean of squares
تیمار IBA IBA treatment	4	21.82**
خطای آزمایش Error	15	0.35
تیمار NAA NAA treatment	4	11.95**
خطای آزمایش Error	15	0.4
تیمار IAA IAA treatment	4	5.92**
خطای آزمایش Error	15	0.3



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد ریشه مامیران در غلظت‌های متفاوت تنظیم کننده‌های رشد اکسین
Figure 4- Means comparison of *Chelidonium majus* L. root number at different plant growth regulators concentrations of auxin (LSD, $p \leq 0.05$)

موثرترین غلظت برای افزایش تعداد ریشه این گیاه اعلام شد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. همچنین اثرات مثبت IBA به منظور ریشه‌زایی برخی گیاهان خانواده چتریان نظیر واناسوشاوا توسط کاروپاسامی و همکاران (۱۲)، شویید^۲ توسط شارما و همکاران (۲۲) گزارش شده که با نتایج این تحقیق نیز مشابهت دارد. بررسی اثر هورمون NAA بر تعداد ریشه گیاهچه مامیران (شکل ۴) نشان داد که بیشترین تعداد ریشه در تیمار ۲ میلی گرم در لیتر این هورمون با ۴/۲۵ عدد ریشه بوجود آمد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان

همچنین برای صفت تعداد ریشه تیمار ۱/۵ میلی گرم در لیتر IBA با ۶ عدد ریشه در گیاهچه، بالاترین ریشه‌زایی را از خود نشان داد (شکل ۸- E) که با تیمار ۲ میلی گرم در لیتر IBA، اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد ریشه مربوط به تیمار شاهد بود. بهترین غلظت IBA برای ریشه‌زایی گیاهچه مامیران توانایی ۱۰۰ درصد ریشه‌زایی را نسبت به تیمار شاهد داشت. در بررسی انای (۱۸) در باززایی مستقیم گیاه پسته^۱ از گره‌هایش، از بین غلظت‌های ۰ تا ۳/۹۷ میلی گرم در لیتر IBA، غلظت ۱/۹۸ میلی گرم در لیتر بهترین و

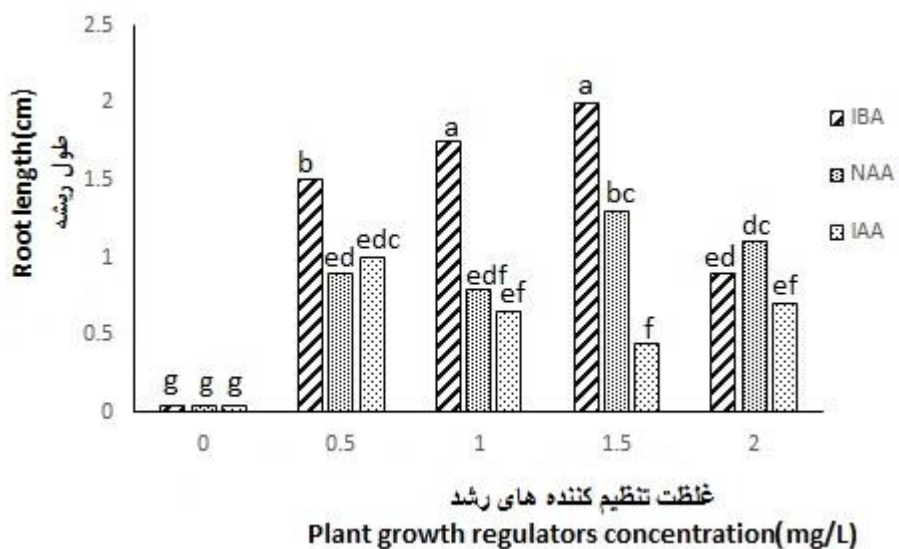
۳/۲۵ ریشه بدست آمد. همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر غلظت‌های مختلف هورمون IAA بر صفت تعداد ریشه مامیران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

می‌دهد که اثر غلظت‌های مختلف هورمون NAA بر صفت تعداد ریشه مامیران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین بررسی اثر هورمون IAA بر تعداد ریشه گیاهچه مامیران، نشان داد که بیشترین تعداد ریشه در تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر IAA با میانگین

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس طول ریشه گیاه مامیران در غلظت‌های متفاوت تنظیم‌کننده‌های رشد اکسین

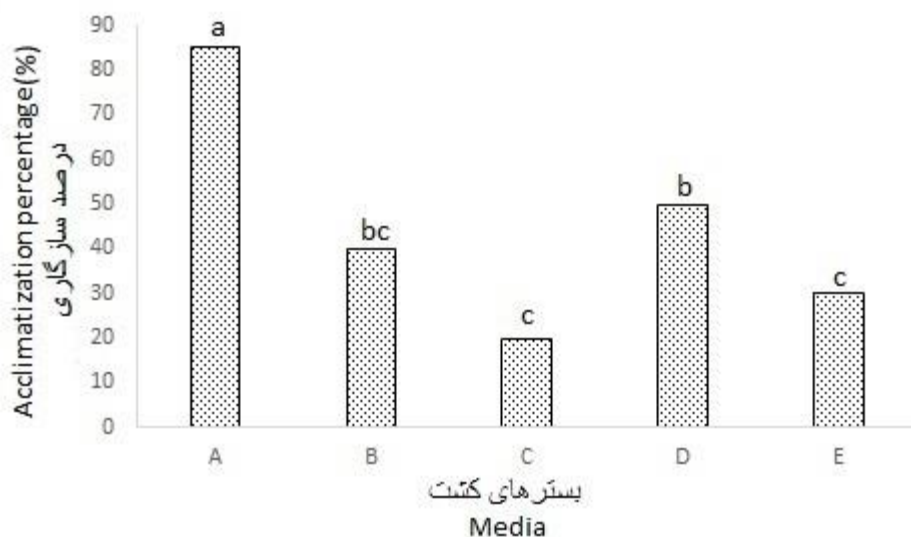
Table 4- ANOVA for root length of *Chelidonium majus* L. at different concentrations of auxins

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean of squares
تیمار IBA IBA treatment	4	2.55**
خطای آزمایش Error	15	0.26
تیمار NAA NAA treatment	4	0.95**
خطای آزمایش Error	15	0.04
تیمار IAA IAA treatment	4	0.53**
خطای آزمایش Error	15	0.04

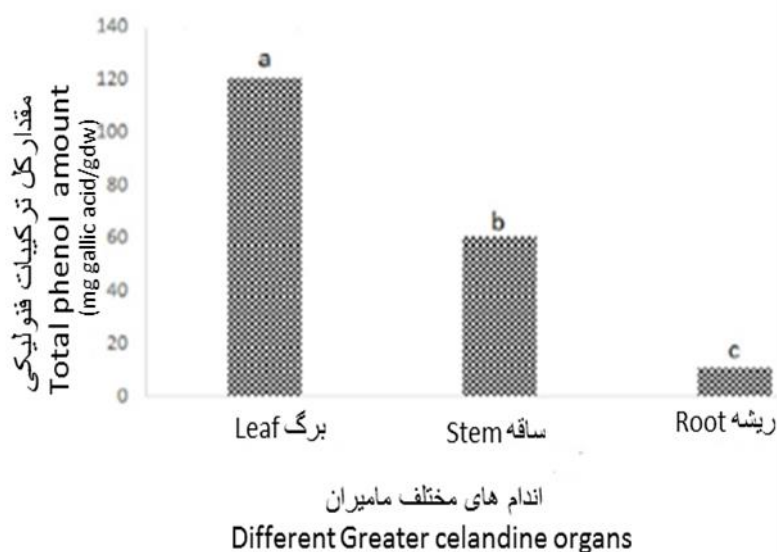


شکل ۵- مقایسه میانگین طول ریشه مامیران در غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد

Figure 5- Means comparison of *Chelidonium majus* L. length root at different concentrations of PGRs (LSD, $p \leq 0.05$)



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف بسترهای کشت بر سازگاری گیاهچه‌های مامیران
Figure 6- Mean comparison of the effect of different combinations of media on plantlets *Chelidonium majus* L. acclimatization (LSD, $p \leq 0.05$)

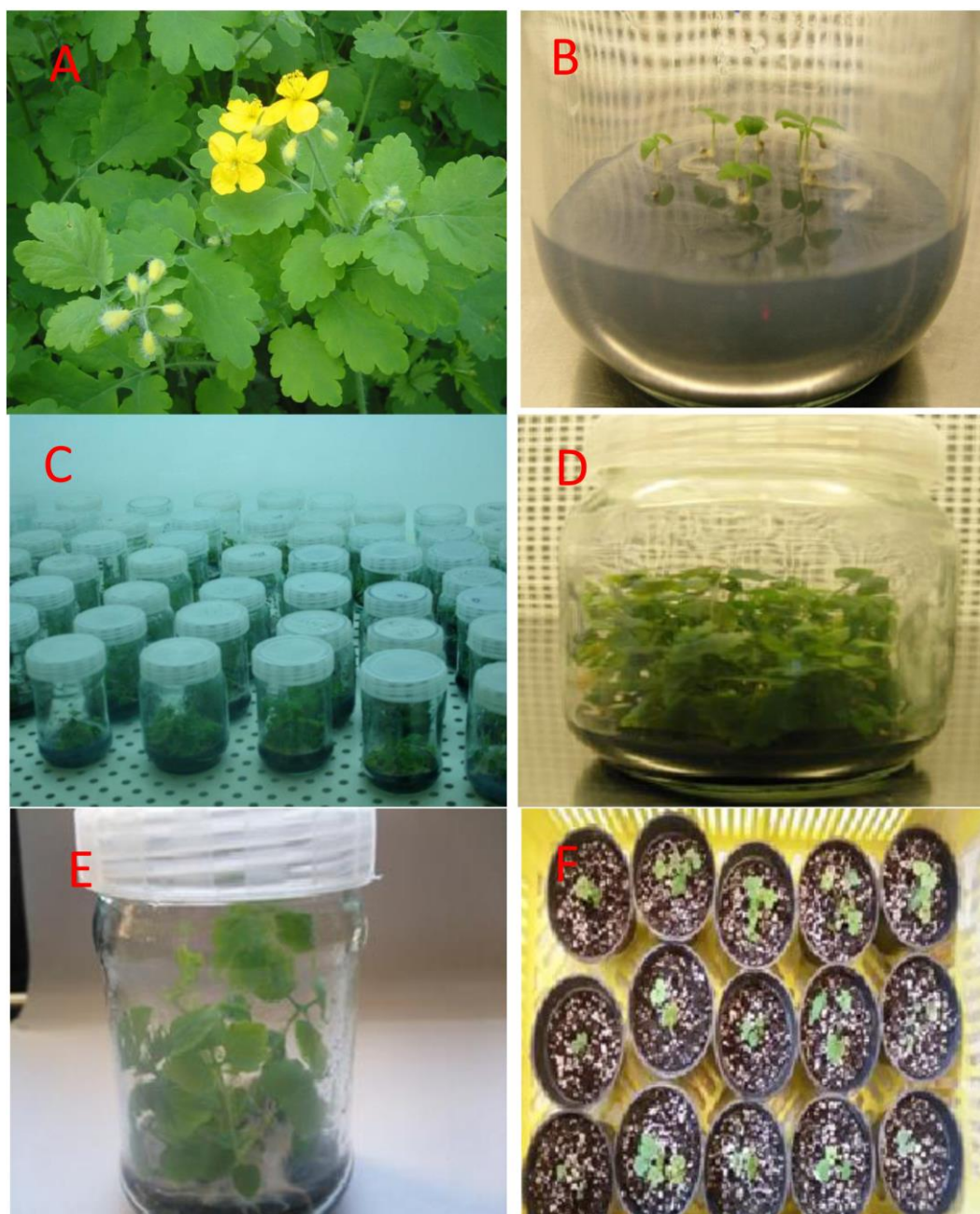


شکل ۷- مقایسه میانگین فنول تام اندام‌های مختلف مامیران
Figure 7- Mean comparison of total phenol content of various *Chelidonium majus* L. organs. (LSD, $p \leq 0.05$)

میلی گرم در لیتر IBA، اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۵). نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان می‌دهد که اثر غلظت‌های مختلف هورمون IBA بر صفت طول ریشه مامیران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین مشاهدات نشان می‌دهد که در بین غلظت‌های NAA بررسی شده، بیشترین رشد طولی ریشه در تیمار ۱/۵ میلی گرم در لیتر NAA با میانگین ۱/۳ سانتی‌متر بدست آمد.

طول ریشه گیاهچه مامیران

نتایج حاصل از بررسی اثرات غلظت‌های مختلف هورمون‌ها بر افزایش رشد طولی ریشه گیاهچه مامیران نشان داد که هورمون IBA، بیشترین افزایش رشد طولی ریشه را در مقایسه با هورمون‌های دیگر دارد. اثر غلظت‌های هورمون IBA بر رشد طولی ریشه نشان داد که بیشترین رشد طولی ریشه در تیمار ۱/۵ میلی گرم در لیتر این هورمون با میانگین رشد طولی ۲ سانتی‌متر حاصل شده که با غلظت ۱



شکل ۸- تکثیر درون شیشه‌ای مامیران

(A) گیاهان انتخاب شده به منظور جمع‌آوری بذر از ارتفاعات شیطان کوه لاهیجان (B) تولید گیاهچه‌های درون شیشه‌ای از بذور در محیط کشت MS دارای ۳ گرم در لیتر زغال فعال (C) تولید گیاهچه‌های درون شیشه‌ای بعد از ۳ ماه. (D) پرآوری شاخه در محیط کشت MS دارای ۳ گرم در لیتر زغال فعال و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر TDZ بعد از یک ماه (E) ریشه‌زایی در محیط کشت MS دارای ۳ گرم در لیتر زغال فعال و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA بعد از یک ماه (F) سازگاری ۸۵ درصد گیاهچه‌های درون شیشه‌ای در بستر کشت ۲: ۱: ۰ پیت ماس، پرلیت و کوکوپیت

Figure 8- *In vitro* propagation of *Chelidonium majus* L.

A) Selected plants for seeds collection from the Shaytan kooch in Lahijan elevations. B) Production of *in vitro* plantlets from seeds in MS medium containing 3 g L⁻¹ activated charcoal. C) Production of *in vitro* plantlets after 3 months. D) Shoot proliferation in MS medium containing 3 g L⁻¹ activated charcoal and 0.5 mg L⁻¹ TDZ after 1 month. E) Rooting in MS medium containing 3 g L⁻¹ activated charcoal and 1.5 mg L⁻¹ IBA after 1 month. F) Acclimatization of 85% *in vitro* plantlets in 0: 1:2 peat moss perlite and cocopeat medium

میزان فنول تام در برگ یافت شد. همچنین در مطالعه دیگر چاوان و همکاران (۵) بر روی گیاه سروپچیا^۳ یافتند که بالاترین مقدار فنول تام در برگ‌ها وجود دارد که با این تحقیق مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش دستورالعمل ریزازدیادی گیاه دارویی مامیران با بیشترین تعداد شاخه در محیط کشت MS دارای ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر TDZ بدست آمد. و با افزایش میزان هورمون TDZ، شاخه‌زایی کاهش یافت. به طوری که در غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر TDZ، میانگین شاخه‌زایی به ازای هر نمونه ۴ عدد شاخه در ریزنمونه بود. و همچنین بیشترین تعداد ریشه در محیط کشت MS حاوی ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA بدست آمد. و بررسی میزان فنول تام بخش‌های گیاهچه‌های مامیران نشان داد که برگ مامیران در مقایسه با ساقه و ریشه دارای میزان بالاتر (۱۲۰/۹۶ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک) و ریشه دارای کمترین مقدار فنول تام (۱۰/۹۹ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک) در مقایسه با دو بافت دیگر بود با توجه به این نتایج، این روش می‌تواند به عنوان روشی کارآمد برای تولید تجاری این گونه با ارزش در شرایط درون شیشه‌ای معرفی گردد.

علاوه بر این نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر غلظت‌های مختلف هورمون NAA بر صفت طول ریشه مامیران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. علاوه بر این غلظت‌های IAA بررسی شده، بیشترین رشد طولی ریشه در غلظت‌های ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۱ سانتی‌متر بدست آمد و نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثر غلظت‌های مختلف هورمون IAA بر صفت طول ریشه مامیران در سطح احتمال یک درصد است. همچنین کمترین رشد طولی در تیمارهای شاهد مشاهده شد. در بررسی تأثیر غلظت‌های IBA در محیط‌های MS ۱/۲ و MS توسط تیواری و همکاران (۲۳) بر روی آب بشقابی^۱ مشخص شد که بالاترین تعداد و طول ریشه در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA ایجاد شد. و در مطالعه دیگر توسط بانرجی و همکاران (۴) در گیاه آب بشقابی، بیشترین تأثیر در ریشه‌زایی را هورمون IBA داشت و در عین حال کمترین تأثیر را هورمون IAA نشان داد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

مرحله سازگاری

به منظور سازگاری از نسبت‌های مختلف کوکوپیت، پرلیت و پیت ماس استفاده شد و نتایج مقایسه میانگین درصد سازگاری (شکل ۶) نشان داد که نسبت ۲ : ۱ : ۰ پیت ماس، پرلیت و کوکوپیت اثر معنی‌داری بر درصد سازگاری در مقایسه با سایر بسترهای کشت داشت و ۸۵ درصد گیاهان سازگار شدند. درحالی که با کاربرد نسبت ۱ : ۲ : ۱ پیت ماس، پرلیت و کوکوپیت کمترین درصد سازگاری (۲۰٪) بدست آمد (شکل ۸-F). همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های حاصل از درصد سازگاری در مرحله سازگاری نشان داد که نوع بسترهای کشت مورد استفاده در مرحله سازگاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

مقدار فنول تام در گیاهچه‌های درون شیشه‌ای

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر انواع بافت‌های گیاهی بر صفت مقدار فنول تام معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین مقدار فنول تام این سه بافت نیز نشان داد که برگ مامیران در مقایسه با ساقه و ریشه دارای میزان بالاتر (۱۲۰/۹۶ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک) و ریشه دارای کمترین مقدار فنول تام (۱۰/۹۹ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک) در مقایسه با دو بافت دیگر بود (شکل ۷). در مطالعه‌ای که توسط دویر و همکاران (۷) بر روی فنول تام اندام‌های گیاهچه‌های ویتانیا^۲ انجام گرفت. بالاترین

1- *Centella asiatica*

2- *Withania somnifera*

منابع

- 1- Ahmad N., Siddique I., and Anis M. 2006. Improved plant regeneration in *Capsicum annum* L. from nodal segments. *Biologia Plantarum* 50 : 701-704.
- 2- Baghel S., and Bansal Y.K. 2014. Thidiazuron promotes *in vitro* plant regeneration and phytochemical screening of *Guizota Abssinica* – A MultiPurpose oil crop. *A World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science* 4786: 1193–1217.
- 3- Bakhtiar Z., Mirjalili M.H., Sonboli A., and Farimani M. 2014. *In vitro* propagation, genetic and phytochemical assessment of *Thymus persicus*– A medicinally Important Source of pentacyclic triterpenoids. *Biologia* 69: 594–603.
- 4- Banerjee S., and Kumar S. 1999. *In vitro* multiplication of *Centella asiatica*. *Current Science* 76: 147-148.
- 5- Chavan J.J., Gaikwad N.B., Umdale S.D., Kshirsagar P.R., Bhat K.V., Yadav S.R. 2013. Efficiency of direct and indirect shoot organogenesis, molecular profiling, secondary metabolite production and antioxidant activity of micropropagated *Cerpegia Santapau*. *Plant Growth Regulation* 72: 1-15.
- 6- Colombo M.L., and Bosisio E. 1996. Pharmacological activities of *Chelidonium majus* L. *Pharmaceutical Research* 33: 127-134.
- 7- Dewir Y.H., Chakrabary D., and Paek Y. 2010. Indirect regenerative of *Withania somnifera* and Comparative analysis of Withanolides in *in vitro* and greenhouse grown plants. *Biologia Plantarum* 54: 357–360.
- 8- Esfandiari A., Kazemitabar S.K., and Kiani G.H. 2016. Investigation of callus induction and indirect shoot regeneration in *Chelidonium majus* L. affected by plant growth regulators. 30(3):656-671. (In Persian with English abstract)
- 9- Faisal M., Ahmad N., and Anis M. 2005. Shoot multiplication in *Rauwolfia tetraphylla* using thidiazuron. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 80: 187 – 190.
- 10- Hartman H.T.T., and Kester D.E. 1990. *Plant propagation principles and practices*. Prentice Hal, Inc, Engle Wood Cliffs.
- 11- Husain M., Anis M., and Shahzad A. 2007. *In vitro* propagation of Kino using thidiazuron. *In Vitro Cellular and Developmental Biology–Plant* 43: 59–64.
- 12- Karuppusamy S.C., Aruna V., and Pullaiah T. 2006. Micropropagation of *Vanasushava pedata*- An endangered medicinal plant of south India. *Plant Tissue Culture and Biotechnology* 16: 85–94.
- 13- Karuppusamy S., and Kalimuthu K. 2010. Rapid *in vitro* multiplication and plant regeneration from nodal explants of *Andrographis neesiana*: A valuable endemic medicinal plant. *Advances in Biological Research* 4: 211-216.
- 14- Kiani K. 2009. *Atlas of medicinal plants*. Zarghalam.
- 15- Kupeli E., Kosar M., Yesilada E., Itusnu K., and Baser C. 2002. A comparative study on the anti- inflammatory, antinociceptive and anti-Pyretic effects of isoquinoline alkaloids from the roots of Turkish *Berberis* Species. *Life Sciences* 72: 645–657.
- 16- Malik S.K., Chaudhury R., Kalia R.K. 2005. Rapid *in vitro* multiplication and conservation of *Garcinia indica*: A tropical medicinal tree Species. *Scientia Horticulturae* 106: 539–553.
- 17- Nayak N.R., Rath S.H., and Patnaik S. 1997. *In vitro* propagation of three epiphytic orchid, *Cymbidium aloifolium*, *Dendrobium aphyllum*, and *Dendrobium moschatum* through thidiazuron induced high frequency shoot proliferation. *Scientia Horticulturae* 71: 243-250.
- 18- Onay A. 2000. Micropropagation of pistachio from mature trees. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 60: 159–163.
- 19- Rajesewary V., and Paliwal K. 2006. *In vitro* propagation of *Albizia Odoratissima* from cotyledonary node and leaf nodal explants. *In Vitro Cellular and Developmental Biology– Plant* 42: 399–404.
- 20- Sedighi A., Sedighi Dehkordi F., Gholami M., and Rafieian Kopaei. 2014. Study of the effect of plant growth regulators, size and cultivar of grape inflorescence explant on production of phenolic compounds in an *in vitro* condition. *Journal of Herbal Medicine Pharmacology* 3: 35-40.
- 21- Shaik P., Samraju R., Chithakari R., and Mohammad M. 2016. TDZ induced *in vitro* plant regeneration of *Momordica balsamina* and *Momordica Charanta*, Important Medicinal Cucurbits. *International Journal of Current Research* 8: 31067–31070.
- 22- Sharma R.K., Wakhlu A.K., and Boleria M. 2004. Micropropagation of *Anethum graveolens* L. through axillary shoot proliferation. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology* 13: 157–159.
- 23- Tiwari K.N., Sharma N.C., Tiwari V., and Singh B.D. 2000. Micropropagation of *Centella asiatica*. A valuable medicinal herb. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 63: 179–185.



Optimization of Micropropagation of *Chelidonium majus* L. and Study on Total Phenol Content in Different Organs *in Vitro* Conditions

M. Ghasemi¹- H. Arooiee^{2*}- P. Azadi³- A. Ali Ahmadi⁴

Received: 31-07-2019

Accepted: 25-11-2019

Introduction: Greater celandine (*Chelidonium* sp) is one of the plants that its propagation through seed occurs slowly. In addition, *Chelidonium majus* L. has limited habitats in Iran. For this reason, micropropagation can be considered as an effective method for its rapid and massive propagation and conservation, which can lead to the production of highly uniform plants. *Chelidonium majus* L. also contains a large amount of secondary metabolites of Isoquinoline alkaloids, including Chelidonine, Sanguinarine, Captasin, Berberine and Chloritrine, and phenolic compounds. Therefore, the aim of this study was to investigate micropropagation of *Chelidonium majus* L. and compare the total phenol content in leaf, stem and root in obtained plantlets.

Materials and Methods: To begin the experiment, seeds of *Chelidonium majus* L. were first washed with distilled water containing a few drops of tween20. Then they were washed with 70% alcohol for 1 min and were finally washed with double-distilled water. Next, they were disinfected with 1% sodium hypochlorite for 5 min, and again were rinsed with distilled water for 3 times of 5, 15, and 180 min under laminar air flow hood. The effects of TDZ at concentrations 0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 mg/L, BAP at concentrations 0, 0.5, 1, 1.5, 2 mg/L considered. Then, the effect of best treatment in combination with NAA and IBA at 0.25, 0.5, 0.75 and 1 mg/L on growth parameters (number of shoot, shoot length and shoot formation capacity index), were studied. The effect of IBA, NAA and IAA at 0, 0.5, 1, 1.5 and 2 mg/L on rooting parameters (number of root and root length) in MS medium supplemented with 3 g/L activated charcoal in *in vitro* conditions were evaluated. Then different ratios of cocopeat, perlite and peat moss were used for acclimatization of the obtaining plants. Folien method was used to measure total phenol content. The experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with four replications.

Results: The results of analysis of variance for proliferation and rooting traits showed that there were significant differences among the treatments at 1% probability level. The results of means comparison showed that the highest numbers of shoots and shoot formation capacity index were obtained from the treatment of 0.5 mg/L TDZ with the average of 8.12, which did not show a significant difference from the concentration of 0.25 mg/L TDZ, and the lowest shoot number was related to the control treatment. Increasing the amount of TDZ hormone led to the reduction in shoot number, so that at concentration of 1 mg/L TDZ, the average shoot number per explant was four. Combination of 0.5 mg/L TDZ with IBA and NAA had lower effect on *Chelidonium majus* L. proliferation. Moreover, the greatest shoot length was observed in the treatment of 2 mg/L BAP. Comparison of means values showed no significant difference between the treatments of 2 and 1.5 mg/L BAP at 1% probability level. In this study, MS medium containing 1.5 mg/L IBA was the most appropriate treatment for root formation. The effect of NAA hormone on root number of *Chelidonium majus* L. showed that the highest number of root was obtained from the treatment of 2 mg/L NAA. Besides, the effect of IAA on root number of *Chelidonium majus* L. showed that the highest number of root was observed in the treatment of 1 mg/L IAA, and the lowest number of root was related to the control treatment. The results of means comparison for the percentage of acclimatized plants showed that the ratio of 0:2:1 had a significant difference from the rest of the culture media and 85% of the plants were acclimatized, while the ratio of 1:2:1 showed the lowest percentage of acclimatization (20%). Furthermore, the results showed that the culture media had significant effect on acclimatization stage at 1% probability level. The results of the analysis of variance for total phenol content in leaf, stem and root tissues showed that there were significant differences among these three tissues. The results showed that the amount of total phenol in leaf was higher than in the stem, and the amount of phenol in root was

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

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

3- Assistant Professor, Department of Genetic Engineering, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj

4- Assistant Professor, Department of Biology, Medicinal Plant and Drug Institute, Shahid Beheshti University, Tehran

insignificant.

Conclusion: Based on the results of this study, micropropagation can be used as a method for commercial production of this species under *in vitro* conditions.

Keywords: *Chelidonium sp.*, Micropropagation, Proliferation, Total phenol



مقاله علمی-پژوهشی

واکنش جمعیت‌های خربزه ایرانی به شرایط کم آبیاری

محمد رضا نارویی راد^{۱*} - بهنام بخشی^۲ - جهانگیر عباسی کوهپالکانی^۳ - احمد قاسمی^۴ - منصور فاضلی رستم پور^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳

چکیده

به منظور تعیین توده‌های برتر خربزه بانک ژن گیاهی ملی ایران از نظر عملکرد و سایر خصوصیات زراعی در دو شرایط نرمال (آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی ظرفیت زراعی مزرعه) و تنش رطوبتی (آبیاری پس از ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی ظرفیت زراعی مزرعه) تعداد ۳۴ توده خربزه به همراه دو شاهد سوسکی و سفیدک محلی در اسفند ماه ۱۳۹۴ در یک آزمایش در قالب طرح لاتیس ساده در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک کشت و مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که در توده‌های مورد بررسی از نظر صفات تعداد میوه، وزن میوه، طول میوه، عرض میوه، قطر حفره، ضخامت گوشت، میزان مواد جامد محلول، طول بوته، میزان کلروفیل، دمای کانوی، میزان آب نسبی برگ، تعداد روز تا رسیدن و طول ریشه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین به روش LSD نشان داد در شرایط نرمال و تنش رطوبتی توده شماره ۲۳ با میانگین ۶۲۷۵ گرم و ۵۷۷۲ گرم بیشترین میانگین وزن میوه در پلات را تولید نمود و نتایج آنالیز فاکتور نشان داد ۴ مولفه حدود ۷۰ درصد تغییرات بین جمعیت‌های مورد بررسی را با توجه به صفات مورد بررسی نشان می‌دهند. بر اساس دو مولفه اول نمودار اسکری پلات نشان داد که وزن میوه با ضخامت گوشت، طول و عرض میوه ارتباط بسیار نزدیک و مثبت دارد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، جمعیت، خربزه، عملکرد

مقدمه

جهان را دست خوش تنش‌های فزاینده‌ای نموده است. در اکثر نقاط ایران و به ویژه در منطقه سیستان با توجه به خشکسالی‌های اخیر منابع آب و خاک دستخوش تغییرات شده و در این خصوص شناسایی منابع و ارقام با پتانسیل تولید مطلوب می‌تواند حائز اهمیت باشد. برای رسیدن به تولید قابل قبول، چاره‌ای جز ارزیابی ارقام و توده‌های مطلوب گیاهی که بتوانند در شرایط سخت منطقه دوام زراعی داشته باشند وجود نخواهد داشت. در یک بررسی انواع خربزه بر اساس صفات مورفولوژیک به ۶ گروه تقسیم شدند (۱۰) که دو گروه آن خربزه و طالبی‌های امروز را در ایران شامل می‌شوند، انواع زیاد خربزه در ایران با توجه به مهاجرت و پراکنش روستاییان و همچنین دگرگشت بودن این گیاه و مبادله بذور به وجود آمده است و امروزه با توجه به وجود ارقام اصلاح شده جدید خطر فرسایش ژنتیکی برای جمعیت‌های بومی افزایش پیدا نموده است (۹). در یک بررسی و مقایسه عملکرد ارقام تجاری و بومی ترکیه گزارش شده است که رقم تجاری ماکدیمون با عملکرد کل ۳۰ تن در هکتار بیشترین عملکرد را در بین ارقام و جمعیت‌های بومی منطقه داشت که کشاورزان را بیشتر تشویق به کشت ارقام اصلاح شده با عملکرد بالا می‌نماید که از طرفی ورود ارقام جدید میزان فرسایش ژنتیکی را زیاد می‌نماید (۴). در بررسی دیگری (۱۱) با ارزیابی ۴۹ توده خربزه بانک ژن

تنوع و انتخاب از ارکان مهم برنامه‌های اصلاحی می‌باشد و انتخاب توسط اصلاحگر نیازمند تنوع مطلوب در جامعه مورد بررسی می‌باشد، محل پیدایش خربزه مورد شک و تردید است به‌طوری‌که برخی هندوستان را به دلیل زیست وحشی آن (۱۳) و برخی آفریقا را منشأ زیر جنس‌های خربزه می‌دانند (۷) به طوری که به احتمال قوی خاستگاه گیاه خربزه آفریقا و احتمالاً ناحیه سودان بوده است (۹). در ایران نیز بزرگ‌ترین تولید کننده خربزه استان خراسان رضوی با دارا بودن سهم ۴۸/۷ درصد از سطح برداشت خربزه در کشور مقام نخست و استان سیستان و بلوچستان با سهم ۵/۶۲ درصد در مقام پنجم قرار دارد (۱) لذا در این خصوص نیاز است بررسی جمعیت‌ها و ارقام مطلوب از نظر تولید و عملکرد مورد توجه قرار گیرند. کیفیت نامناسب خاک و محدودیت منابع آب به خصوص در دهه اخیر، کشاورزی

۱، ۲، ۴ و ۵- بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران
(*) نویسنده مسئول: Email: mr.narouirad@areeo.ac.ir

۳- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

گزارش شده است که دامنه تغییرات عملکرد کل بین ۶ تا ۲۵ تن در هکتار می‌باشد که نشان دهنده عملکرد پایین‌تر جمعیت‌های بومی می‌باشد. با توجه به دوره رشد در بهار و تابستان و دمای بالا در مناطق کاشت خربزه و تنش رطوبتی شدید باعث کاهش محسوس رشد و عملکرد آن می‌شود (۷). تنش کم آبی معمولی‌ترین تنش محیطی است که به طور قابل توجهی رشد گیاه و عملکرد میوه را در خربزه تحت تاثیر قرار می‌دهد. علاوه بر آن تنش کم آبی رسیدن قبل از بلوغ را تسریع کرده و اندازه میوه را کاهش می‌دهد (۶). آثار سوء ناشی از تنش آبی بر رشد و نمو و عملکرد، بستگی به زمان وقوع تنش، شدت تنش، مرحله نمو و ژنوتیپ گیاه دارد (۳). خربزه در شرایط نرمال از نظر آبیاری عملکرد مناسبی خواهند داشت ولی محدودیت آب به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک یک فاکتور بسیار مهم در کاهش رشد محصول می‌باشد، شرایط کم آبیاری مقدار آب کمتر از نیاز گیاه را فراهم می‌سازد (۵).

همچنین ممکن است این کم آبیاری باعث افزایش کیفیت محصول گردد (۱۵). در ایران جمعیت‌های متنوعی با توجه به خاصیت دگر گشن بودن خربزه وجود دارد که اکثراً در حاشیه کویرکشت می‌شوند، لذا شناسایی جمعیت‌های متحمل و بررسی واکنش آنها به شرایط کم آبیاری و سلکسیون آنها حائز اهمیت می‌باشد لذا تحقیق حاضر با هدف ارزیابی جمعیت‌های خربزه و واکنش آنها به شرایط کم آبیاری انجام گردید.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر طی سالهای زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک، در ۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان زابل و شمال شهرستان زهک با عرض جغرافیایی ۶۱/۴۱ و طول جغرافیایی ۳۰/۵۴ و با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا، با اقلیم بسیار خشک و تابستان بسیار گرم اجرا گردید. خاک مزرعه از نوع بافت لومی و با هدایت الکتریکی ۳/۳ دسی‌زیمنس بر متر و آب آبیاری هدایت الکتریکی آن ۲ تا ۳ دسی‌زیمنس و pH خاک برابر با ۸ اندازه‌گیری شد. مدت زمان اجرای این تحقیق یک سال بود که در طی آن تحمل به تنش خشکی توده‌های خربزه بانک ژن مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پروژه توده‌های بانک ژن (۳۴ توده) که اکثراً از توده‌های مناطق مرکزی و شرق کشور بودند و از عملکرد بالایی در ارزیابی‌های اولیه بانک ژن برخوردار بودند به همراه ۲ توده محلی سفیدک و سوسکی که به ترتیب نسبتاً متحمل و حساس می‌باشند (در مجموع ۳۶ توده) در قالب طرح لاتیس ساده مربع با ۲ تکرار جهت مقایسه در دو شرایط نرمال و تنش خشکی کشت شدند.

صفات تعداد میوه در بوته، میانگین وزن میوه، طول و عرض میوه، طول بوته، مواد جامد محلول توسط دستگاه رفاکتومتر، با

استفاده از عصاره هرمیوه و قرار دادن آن در رفاکتومتر، طول ریشه، میزان کلروفیل با استفاده از دستگاه SPAD در برگ چهارم ۳ بوته در هر پلات و استفاده از میانگین، تعداد روز تا رسیدن، ضخامت گوشت، قطر حفره، عملکرد و میزان آب نسبی برگ در این تحقیق اندازه‌گیری شدند. سه بوته بطور تصادفی انتخاب و از سه نقطه آخرین برگ توسعه یافته اندازه-گیری به عمل آمد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC) نمونه برداری از برگ‌ها انجام و برگ‌های جدا شده از هر بوته به طور جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق برای محاسبه وزن اشباع غوطه‌ور شدند و پس از این مدت نمونه‌ها با دستمال کاغذی خشک و وزن اشباع آنها اندازه‌گیری شد. نهایتاً برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شد.

به منظور محاسبه میزان آب نسبی برگ از رابطه $RWC(\%) = \frac{(FW-DW)}{(TW-DW)} \times 100$ استفاده شد، که در آن FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن اشباع برگ می‌باشد.

دمای کانوپی در دو شرایط تنش خشکی و نرمال مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. این اندازه‌گیری توسط دماسنج (ترمومتر) از سه قسمت مختلف بالا، وسط و پایین کانوپی اندازه‌گیری شد، سپس از میانگین دمای این سه قسمت که در ساعت‌های ۱۱ الی ۱۴ اندازه‌گیری شده بودند دمای کانوپی تعیین گردید. آماده‌سازی زمین زراعی در دو آزمایش به یک شیوه انجام شد، و شخم در دو آزمایش در پاییز انجام گرفت. پس از شخم بهاره در حدود ۴۰ تن در هکتار کود دامی کاملاً پوسیده به زمین اضافه شد و کشت به صورت جوی‌پشته‌ای انجام گرفت که فاصله بین توده‌ها بر روی پشته ۷۰ سانتی متر و عرض پشته ۲/۵ متر در نظر گرفته شد. در هر چاله ۳ تا ۴ بذر کشت گردید.

در شرایط تنش رطوبتی، آبیاری در مرحله تخلیه رطوبتی ۷۵ درصد و برای شرایط نرمال آبیاری با تخلیه رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی انجام گرفت. پایش رطوبتی خاک با استفاده از دستگاه TDR انجام شد. بررسی مقدار مزیت نسبی طرح بلوک‌های ناقص نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی نیز برآورد گردید (۲). توده‌های مورد بررسی در محیط بدون تنش و تنش خشکی جداگانه ارزیابی شده و سپس با تجزیه مرکب دو آزمایش تغییرات صفات در دو محیط تنش و بدون تنش ارزیابی شدند. اطلاعات کد شناسایی توده‌های مورد بررسی در این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

نتایج و بحث

پس از بررسی اولیه نتایج مشخص شد مزیت نسبی طرح لاتیس نسبت به بلوک‌های کامل کمتر است و تجزیه واریانس در هر محیط به

تا رسیدن معنی‌دار بود و همچنین اثر متقابل توده‌ها با محیط فقط برای صفات طول بوته، دمای کانوپی و طول ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۲) که نشان‌دهنده عکس‌العمل متفاوت توده‌ها در رابطه با این صفات در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی بود.

صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و سپس تجزیه مرکب انجام گردید (۸). براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها مشخص گردید بین توده‌ها از نظر کلیه صفات به غیر از تعداد میوه در بوته اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اثر محیط فقط برای صفات مواد جامد محلول، عملکرد تک بوته، دمای کانوپی و تعداد روز

جدول ۱- کد شناسایی جمعیت‌های خربزه

Table 1- Identity codes of melon populations

شماره	کد	شماره	کد	شماره	کد	شماره	کد
Number	Code	Number	Code	Number	Code	Number	Code
1	TN-345	10	KC-257236	19	KC- 357020	28	TN-278
2	KC-35700	11	TN-629	20	TN621	29	TN-272
3	TN-271	12	TN-92-334	21	TN-92-306	30	KC-357104
4	KC-357250	13	TN-628	22	TN92-302	31	KC-357079
5	KC-357238	14	TN-92-319	23	KC- 357044	32	357063
6	TN-441	15	TN-623	24	KC-357154	33	KC-357047
7	TN-92401	16	TN92317	25	KC-357009	34	KC357062
8	TN-377	17	TN92312	26	KC-357067	35	Sefidak
9	TN-277	18	TN622	27	KC-357100	36	Suski

معنی‌دار داشت. از نظر قطر حفره در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی به ترتیب توده‌های ۲۳ و ۲۲ با میانگین قطر حفره ۱۰/۵۵ و ۸/۷۵ سانتی‌متر بیشترین قطر حفره را به خود اختصاص دادند. از نظر ضخامت گوشت در شرایط نرمال و در شرایط تنش رطوبتی توده شماره ۶ بیشترین میانگین ضخامت گوشت را به خود اختصاص داد. از نظر طول بوته در شرایط نرمال توده شماره ۱۱ با ۲۷۰ سانتی‌متر و در شرایط تنش رطوبتی توده شماره ۱۴ با ۲۲۰ سانتی‌متر بیشترین طول بوته را داشتند. از نظر غلظت کلروفیل توده‌های شماره ۶ و ۲۱ بیشترین میزان کلروفیل را به ترتیب در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی به خود اختصاص داد به‌طوری‌که این میزان در شرایط تنش رطوبتی بیشتر بود. از نظر دمای کانوپی در شرایط نرمال و تنش رطوبتی به ترتیب توده‌های شماره ۱۷ و ۸ به ترتیب با دمای ۳۲ و ۳۴/۵ سانتی‌گراد بیشترین دما را در دو شرایط به خود اختصاص دادند. برای رطوبت نسبی برگ در شرایط نرمال و تنش بیشترین درصد رطوبت نسبی برگ برای توده‌های شماره ۲۵ و ۱۹ و ۳۰ به‌ترتیب ۸۸٪ و ۶۵٪ ثبت گردید.

از نظر طول دوره کاشت تا رسیدن میوه در شرایط نرمال توده‌های شماره ۳ و ۲۱ با ۹۶ روز و در شرایط تنش شماره ۱۱ با ۸۸ روز بیشترین تعداد روز را به خود اختصاص دادند. از نظر طول ریشه در هر دو شرایط توده سفیدک محلی با شماره ۳۵ بیشترین طول ریشه را با ۵۱ و ۵۴ سانتی‌متر به‌ترتیب در دو شرایط نرمال و تنش داشت.

نتایج حاصل از مقایسات میانگین صفات نشان داد در شرایط نرمال بیشترین تعداد میوه مربوط به شماره‌های ۱، ۲، ۶، ۷ و ۸ بود که با توده شاهد سفیدک (شماره ۳۶) اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳) ولی در شرایط تنش رطوبتی همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد میانگین اکثر توده‌ها از ۲ عدد در بوته نسبت به شرایط نرمال کمتر بودند. بیشترین میانگین تعداد میوه متعلق بود به شماره‌های ۴، ۹، ۸، ۳۲، ۳۰، ۱۸، ۲۹، ۲۶، ۲۵، ۲۰، ۳۵ و ۳۴. از نظر میانگین وزن میوه در شرایط نرمال بیشترین میانگین به شماره‌های ۲۳، ۸ و ۱ به ترتیب با میانگین‌های ۴۱۷۵، ۳۰۵۰ و ۲۹۰۰ گرم بود که با شاهد شماره ۳۵ اختلاف معنی‌داری نداشت ولی با شاهد شماره ۳۶ اختلاف معنی‌دار بود. در شرایط تنش رطوبتی توده‌های شماره ۲۳ و ۱ به ترتیب با ۳۷۲۷ و ۲۶۲۲ گرم بیشترین میانگین وزن میوه را داشتند. از نظر طول میوه در شرایط نرمال شماره‌های ۳۲ و ۲۳ به ترتیب با میانگین ۳۲ سانتی‌متر و در شرایط تنش خشکی توده شماره ۲۳ با میانگین ۳۳ سانتی‌متر بیشترین میزان طول میوه را به خود اختصاص دادند. در شرایط نرمال شماره‌های ۱۵، ۲۳ و ۲۸ و تنش رطوبتی از نظر عرض میوه توده شماره ۱، ۱۷ و ۲۳ به‌ترتیب با ۱۵/۷۵، ۱۵/۵ و ۱۵/۵ سانتی‌متر بیشترین عرض میوه را به خود اختصاص داد که با توده‌های شاهد نیز اختلاف معنی‌دار نشان داد. از نظر میزان مواد جامد محلول در شرایط نرمال و تنش توده شماره ۲۰ از بالاترین میزان مواد جامد محلول برخوردار بود و جزو توده‌های شیرین محسوب شد. از نظر میانگین عملکرد تک بوته توده شماره ۲۳ در هر دو شرایط تنش خشکی و نرمال از عملکرد بالایی برخوردار بود به‌طوری‌که میانگین عملکرد آن در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی به‌ترتیب ۶۲۷۵ و ۵۷۷۲ گرم بود که با شاهد‌های مورد بررسی اختلاف

جدول ۲- تجزیه مرکب صفات مورد ارزیابی در ۳۶ توده خربزه در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی
Table 2- Combined ANOVA for 36 accessions of melon in two conditions of normal and water deficit irrigation.

منابع تغییرات S.O.V	درجه ازادی DF	تعداد میوه Numb er of fruit	وزن میوه Fruit weight	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	مواد جامد محلول TSS	عملکرد بوته Plant yield	قطر حفره Cavity diameter	قطر گوشت Flesh diameter	طول بوته Plant length	میزان کلروفیل SPAD	دمای کانوپی Canopy temperature	نسبی برگ RWC	تعداد روز تا رسیدگی Number days to maturity	طول ریشه Root length
Environment (محیط)	1	2.50	6280.3	88.67	9	6.46**	37540129*	1.38	1.01	59	13.44	47.84*	0.47	920.11**	35.01
Error 1 (اشتباه ۱)	2	0.28	299109	20.59	5.87	0.007	2640718	2.55	0.6	5657	65.36	1.59	0.23	5.47	15.59
Genotype (ژنوتیپ)	35	0.36	2135925**	110.41**	11.42**	14.99**	4921216**	2.75*	0.93**	3696**	106.2**	7.54**	0.025**	34.46**	114.7**
Genotype×envi ronment (ژنوتیپ×محیط)	35	0.39	147621	4.43	3.66	0.23	1417294	1.33	0.26	2554**	65.22**	5.31**	0.008	13.71	89.66**
Error 2 (اشتباه ۲)	70	0.27	406398	10.03	3.23	0.40	1857367	1.48	0.23	1269	14.99	1.24	0.0068	8.78	38.26

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

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات جمعیت‌های مورد بررسی خربزه در شرایط آبیاری نرمال
Table 3- Comparison means traits of studied populations of melon in normal irrigation

شماره No.	تعداد میوه Number of fruit	وزن میوه Fruit weight	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	مواد جامد محلول TSS	عملکرد بوته Plant yield	قطر حفره Cavity diameter	قطر گوشت Flesh diameter	طول بوته Plant length	میزان کلروفیل SPAD	دمای کانوپی Canopy temperature	آب نسبی برگ RWC	تعداد روز تا رسیدگی Number days to maturity	طول ریشه Root length
1	2	2900	24	15	4	5800	7.8	4	180	49	28	0.67	84	38.5
2	2	2600	27	14	7	5200	7	3.8	220	44	26	0.68	81	45
3	1	2550	32	13	2.5	2558	6.5	3.5	240	38	28	0.68	96	33.5
4	1.5	1500	18	12.5	4.25	2264	7	4	160	45.5	28	0.5	95	39
5	1.5	1590	29	14	4.75	2065	6.25	3.6	175	45.5	31.5	0.68	91	46
6	2	2600	19	13	5.5	5200	8.7	4.6	197.5	60.5	29	0.64	91	33
7	2	1560	18	12	3	3120	7.4	2.9	160	51	31	0.68	87	38
8	2	3050	29	14	4	6100	7.5	3.8	265	41.5	27	0.45	90	43
9	1.5	2805	22.5	14	3	3585	8.1	3.65	195	49.5	30.5	0.68	87	39
10	2	1500	20	13	3	3000	7.9	3.7	210	53	29	0.69	91	31.5
11	1.5	2665	28	14	7.25	3500	7.1	3.05	270	49.5	27	0.57	95	27.5
12	2	2233	29.5	10.25	5	4466	5.5	3.8	167.5	58	26.5	0.54	88	39.5
13	2	2703	30	14.5	7.25	5405	8.4	3.85	235	52.5	29	0.85	84	45
14	1.5	2335	19.5	13.5	7.75	3687	7.7	4.4	155	46	29.5	0.62	87	26.5
15	2	2425	18.5	16.5	7.25	3550	8.9	4	177.5	42.5	28.5	0.74	84	27.5
16	1.5	2070	24	13	4	3365	7.05	3.4	170	45	28	0.54	84	44.5
17	1	2247	25	13	3.25	2247	8.1	3.1	140	51.5	32	0.32	87	28
18	1.5	1965	23	13.5	6.75	2865	6.7	3.65	210	51.5	27.5	0.71	84	42
19	2.5	795	13.5	11.75	3.25	2015	6.3	3.9	110	44	27.5	0.77	87	25.5
20	2	1365	20.5	10.75	8	3430	5.85	3.35	106	54	27.5	0.64	84	37.5
21	1	1107	19.5	10.25	3	1120	5.25	2.45	200	61.5	30	0.55	96	36.5
22	2	2143	26	14.5	4.5	4288	6.85	3.45	225	36.5	26.5	0.60	91	33
23	1.5	4175	32	16	3.25	6275	10.5	3.6	160	42	30.5	0.73	91	38
24	2	1050	18	11	7.5	4200	6.6	2	180	42	28	0.62	84	37.5
25	2	1812	16.5	14	7	3590	8.6	3.65	135	52.5	27	0.88	87	37
26	2	1150	14.5	13	3.75	2300	9.2	2.9	112.5	44	26.5	0.64	81	27.5
27	1.5	1210	18.5	12	2.25	1845	7.9	3.45	120	42.5	28.5	0.77	91	34.5
28	2	2250	18	16	7.5	4500	9	3.6	250	42	28	0.74	84	38
29	2	1250	21.5	12	4	2500	7.4	2.8	192.5	51.5	30	0.66	91	38.5
30	1.5	2640	28.5	14	6.25	3835	7.4	4.1	202.5	44.5	25.5	0.76	87	22.5
31	2.5	790	15	10.25	7	2630	6.05	2.1	127.5	41.5	28.5	0.66	84	35.5
32	2.5	545	11	8.5	7.75	1410	5.6	2.35	150	45.5	28.5	0.75	87	25
33	2.5	1472	16	14	2	3942	7.25	3.5	130	49.5	30	0.54	91	33.5
34	2.5	1000	18	11	2.5	3300	5.85	2.95	195	48.5	26.5	0.63	81	35
35	1.5	2820	15	10.25	7.25	1115	5.8	3.1	112.5	44.5	28	0.79	81	51
36	2	950	17	10.25	4.25	1900	5.1	3.55	82.5	5.5	27.5	0.66	91	34.5
LSD	±0.95	±1591	6.35 ±	±3.2	1.28 ±	±2877	±2.1	±0.90	±80.8	5.29 ±	±1.64	0.12 ±	±0.48	±2.63

ناحیه اول می‌توان توده‌هایی که ترکیب مناسبی با حداکثر پارامترهای مورد اندازه‌گیری بر روی میوه با وزن بالا و خصوصیات حداکثری در ساختار و اندازه میوه دارند و بیشتر بر انتخاب توده‌های با عملکرد بالا دارند که شامل توده‌های با شماره‌های ۱۱، ۴، ۱۰، ۸، ۱۷، ۱۶ و ۱۲ می‌باشد. در ناحیه دوم که شامل توده‌های ۱۵، ۹، ۳۰، ۳، ۱۸ می‌باشد، ۱۵، ۲۹، ۲۳ و ۲ می‌باشد که عملکرد مناسبی داشتند. در ناحیه سوم توده‌های با شماره‌های ۳۵، ۳۱، ۳۲، ۲۰ و ۳۴ قرار گرفتند که عملکرد پایینی داشتند ولی شرایط فیزیولوژیک بهتری را بروز دادند با دمای کانوپی پایین و کلروفیل مناسب و نهایتاً در ناحیه چهارم توده‌های با عملکرد پایین، متوسط و دیپرس قرار گرفتند که این توده‌ها شامل

نتایج حاصل از آنالیز فاکتور در شرایط تنش رطوبتی نشان داد که ۴ فاکتور اول نزدیک به ۷۰ درصد تغییرات موجود را توجیه می‌نماید (شکل ۱). بر این اساس فاکتور اول را می‌توان مؤلفه خصوصیات میوه نامید که قادر است توده‌های با بیشترین میزان خصوصیات میوه از نظر ساختاری و وزنی را انتخاب نماید بنابر این مقادیر مثبت فاکتور اول می‌تواند جهت گزینش توده‌هایی با میانگین عملکرد و وزن میوه بالا موثر باشد. ولی فاکتور دوم با مقادیر منفی دمای کانوپی و مقادیر مثبت میزان آب نسبی برگ در گزینش توده‌هایی با تحمل بالا به شرایط تنش رطوبتی موثر می‌باشد. در محیط بای پلات توده‌ها (شکل ۲) در چهار ناحیه با خصوصیات متفاوت قرار گرفته‌اند بنابراین در

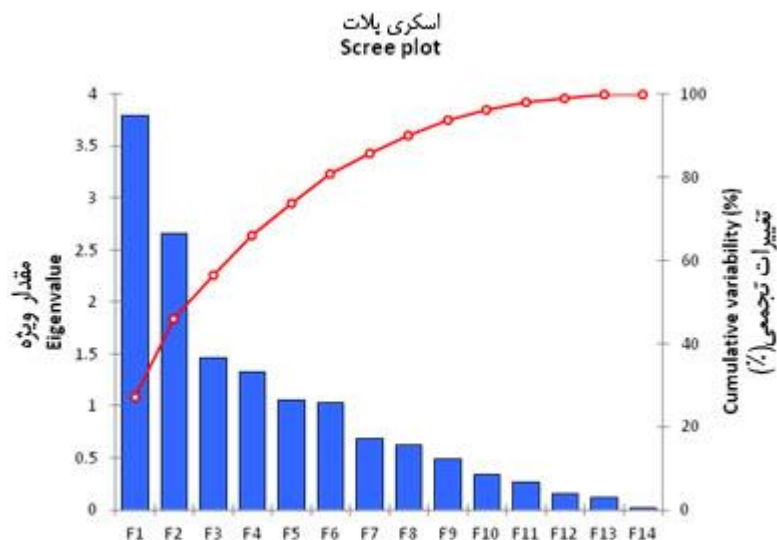
شماره‌های ۲۴، ۲۶، ۷، ۲، و ۲۱ بودند.

در یک بررسی (۹) در گزارشی تجزیه به عامل‌های اول، ۳ عامل را تعریف نمودند، که حدود ۶۲ درصد تغییرات میان صفات را توجیه می‌نمود. به‌طوری‌که عامل اول وزن میوه، قطر گوشت و قطر حفره را تحت تأثیر قرار داده بود، و بیشترین بار مثبت را برای این صفات تعریف نمود، و در گزارش وی ذکر شده بود، که عامل اول به عنوان اندازه میوه، عامل دوم را به عنوان تعداد میوه، و عامل سوم را به عنوان درصد قند نام‌گذاری نمود.

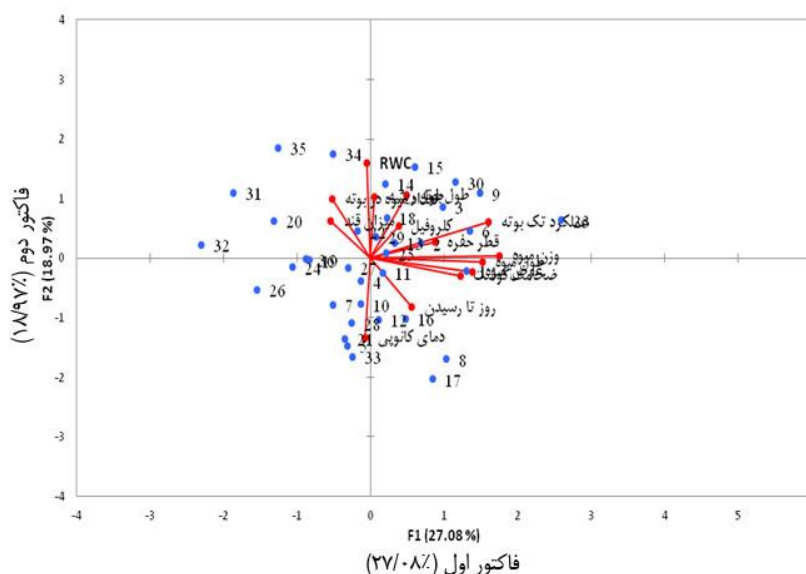
در یک تحقیق با آنالیز فاکتور صفات مورد بررسی در خربزه میزان تبیین واریانس را توسط ۴ فاکتور حدود ۷۰ درصد گزارش نمودند و اولین فاکتور بیشترین بار مثبت را برای وزن میوه، قطر گوشت و عرض میوه بدست آوردند (۱۱). در بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد ارقام تجاری خربزه و جمعیت‌های پیشرفته حاصل از گزینش در مناطق مختلف کشور با انجام تجزیه به مولفه‌های اصلی بیشترین بار مثبت را در مؤلفه اول برای صفات طول میوه و وزن میوه بدست آوردند (۱۳).

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف جمعیت‌های مورد بررسی خربزه در شرایط تنش رطوبتی
Table 4- Comparison means traits of studied populations of melon in water deficit irrigation

شماره	تعداد میوه	وزن میوه	طول میوه	عرض میوه	مواد جامد محلول	عملکرد پسته	قطر حفره	قطر گوشت	طول پسته	میزان کلروفیل	دمای کانوپی	آب نسبی برگ	تعداد روز تا رسیدگی	طول ریشه
No	Number of fruit	Fruit weight	Fruit length	Fruit width	TSS	Plant yield	Cavity diameter	Flesh diameter	Plant length	SPAD	Canopy temperature	RWC	Number days to maturity	Root length
1	1.5	2622	22	15.7	4	3925	7.1	3.2	175	51	29.5	0.51	84.5	35.5
2	1.5	1905	24	12.7	7	2865	7.4	3.7	185	48.5	31	0.57	82.5	39.5
3	1.5	2295	29	12.5	3	3540	6.4	3.3	200	43	28	0.63	82.5	44
4	2	1425	18	14	4.25	2850	6.9	2.5	175	41	29.5	0.47	84	32
5	1	1350	24	11.2	5	1350	6.4	3.1	145	41.5	32	0.48	83	32
6	1.5	2325	19	14.5	6	3160	8.4	4.6	137.5	63.6	28	0.57	80.5	34.5
7	1	1275	17	11.5	4	1275	7.2	2.6	165	47.5	28.5	0.49	83	29
8	1	2360	26	13.5	4.2	2360	6.9	3.9	135	51	34.5	0.47	83.5	37.5
9	1	2285	24.5	14.5	3.7	4570	8	3.6	225	46	29.5	0.59	81	38.5
10	1	1330	16.5	11	4	1330	7.2	3.3	170	49	28	0.48	87.5	38.5
11	1.5	1610	24	11.5	8.25	2310	6.3	3.2	195	48.5	29.5	0.47	88	41.5
12	1.5	1590	26	11.5	5.75	2335	6.6	3.5	105	59.5	31.5	0.46	80.5	29.5
13	1.5	1998	25	13	7	3488	5.7	2.8	195	48.5	30.5	0.54	83	39.5
14	1.5	1606	18.5	13.5	7.75	2332	7.3	3.3	220	57	29	0.58	80.5	44
15	1.5	2015	17.5	14.5	7.5	3190	7.9	3.5	185	54	27	0.63	79	40.5
16	1.5	1865	24	13	6	3030	7	3.4	155	41	31.5	0.47	83.5	30
17	1.5	1642	23	15.5	3.5	2345	7.2	4	170	37.5	32	0.35	84	28
18	2	1660	22.5	13.5	6.2	3320	6.9	3	135	54.5	27.5	0.56	82	37
19	1.5	640	13	11	4	1000	6.9	3.5	180	44.5	28.5	0.65	84	26.5
20	2	810	17.5	9.5	8.7	1620	6.1	2.5	170	58.5	29.5	0.61	83.5	29
21	1.5	1021	19	12.5	3	1493	7.2	2.9	185	31.5	33	0.50	85.5	33
22	1.5	1620	17.5	6.5	5.7	2545	8.7	3	200	46	28.5	0.56	86.5	37
23	1.5	3727	33	15.5	3.7	5772	7.3	3.3	205	43.5	28	0.58	84	37
24	1	830	17	11	8	830	6.8	2.7	170	50	28	0.54	81	27
25	2	1220	18.5	14.5	7	2440	7.9	3.6	185	44	29	0.54	83	26.5
26	2	690	13.5	11	4.5	1645	6.9	2.4	95	43	30	0.50	81	28
27	1.5	1105	15	13.2	2.2	1660	7.2	2.9	165	38.5	28	0.55	82	36
28	1	1995	14	13	7.7	1995	6.9	3	162	45	29.5	0.40	81.5	27.5
29	2	1150	22	13.5	3.7	2300	6.8	3.1	215	44	29.5	0.61	84	30.5
30	2	2165	27	13	6.7	4330	7.5	3.35	200	53	26.5	0.65	84.5	27.5
31	2	580	14	10	7.5	1160	6.5	2.45	130	36.5	26	0.62	79	39.5
32	2	495	11	9	8.2	1185	5	2.5	165	50	33	0.53	80	37.5
33	1	1160	15	12	2.2	1160	7.2	3.8	125	43	31.5	0.48	83.5	35.5
34	2	969	17.5	9.5	2.7	2219	6.9	3.3	215	55.5	27.5	0.62	79	47.5
35	2	653	14	10.7	7.5	1305	7.4	2.8	220	35.5	27.5	0.59	79	54
36	1.5	798	16.5	11.5	5	1176	6.4	3.3	182	43.5	31.5	0.58	79.5	37.5
LS D	±1.14	±904.8	6.48 ±	±4.04	1.13 ±	±2651	±2.78	±1.03	±62.6	9.73 ±	±2.72	0.20 ±	±8.49	±17.56



شکل ۱- نمودار ویژه (اسکری پلات) حاصل از آنالیز فاکتور در شرایط تنش رطوبتی در جمعیت‌های خربزه
Figure 1- Scree plot resulted principal component analysis in water deficit irrigation of melon populations



شکل ۲- بای پلات حاصل از تجزیه آنالیز فاکتور در شرایط تنش رطوبتی در جمعیت‌های خربزه
Figure 2- Biplot resulted from principal component analysis in water deficit irrigation of melon populations

میوه و قطر گوشت نیز از جمله صفاتی بود که با عملکرد ارتباط مستقیم و مثبتی داشت.

نتیجه‌گیری

در شرایط نرمال و تنش در مجموع توده شماره ۳۳ عملکرد قابل قبولی داشت. صفات وزن میوه، قطر حفره، قطر گوشت و طول و

ناروئی راد و همکاران در بررسی صفات مرتبط با میوه در خربزه بهترین صفت را که در رابطه با عملکرد می‌توانست نقش مهمی داشته باشد را ضخامت گوشت معرفی نمودند (۱۲). ناروئی راد و همکاران (۱۱) رابطه بین اجزای عملکرد را بر روی عملکرد ۴۹ ژنوتیپ بومی خربزه ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد و طول میوه دارای بیشترین میزان ضریب تغییرات بودند و صفت تعداد میوه در بوته از جمله صفاتی بود که دامنه تغییرات بسیار پایینی داشت. وزن

می‌شوند از مواد جامد محلول بیشتری برخوردار هستند. دمای کانوپی یکی از پارامترهای بسیار خوب جهت شناسایی جمعیت‌های مناسب با تحمل به شرایط تنش خشکی می‌ترباشد که بایستی مورد استفاده اصلاحگران قرار گیرد که جمعیت شماره ۲۳ در بین توده‌های مورد بررسی تقریباً شرایط ایده آل را داشت.

عرض میوه از جمله صفاتی می‌باشند که بایستی مد نظر اصلاحگران با توجه به روابط آنها با عملکرد قرار گیرد. در مجموع توده‌هایی با طول ریشه بلندتر از تحمل بیشتری در شرایط محدودیت آبی نسبت به توده‌های با طول ریشه کمتر برخوردار بودند و در مجموع در شرایط تنش میزان مواد جامد محلول بیشتری در توده‌ها مشاهده گردید که نشان می‌دهد جمعیت‌هایی که در مناطق گرم و خشک کشور کشت

منابع

- 1- Agriculture Statistics. 2017. Agriculture ministry, statistics and information technology office. First cover. Arable and garden production in year of 2017. (In Persian)
- 2- Abd El-Mohsen A., and Abo-Hegazy S. 2013. Comparing the relative efficiency of two experimental designs in wheat field trials. Scientific Research and Review Journal 1(3): 101-109.
- 3- Denmead O., and Shaw R.H. 1960. The Effects of Soil Moisture Stress at Different Stages of Growth on the Development and Yield of Corn 1. Agronomy Journal 52(5): 272-274.
- 4- Erdinc C., Turkmen O., and Sensoy S. 2008. Comparison of some local melon genotypes selected from Lake Van Basin with some commercial melon cultivars for some yield and quality related traits observed in field and high tunnel conditions. African Journal of Biotechnology 7(22): 4105-4110.
- 5- Fereres E., and Soriano M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of experimental botany 58(2):147-159.
- 6- Foyer C.H., Valadier M.H., Migge A., and Becker T.W. 1998. Drought-induced effects on nitrate reductase activity and mRNA and on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. Plant Physiology 117(1): 283-292.
- 7- Karchi Z. 2000. Development of melon culture and breeding. In VII Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding 510.
- 8- Kashif M., Inayat Khan M., Arif M., Anwer M., and Ijaz M. 2011a. Efficiency of Alpha Lattice Design in Rice Field Trials in Pakistan. Journal Science Research 3(1): 91-95.
- 9- Kuhpayegani J., Vezvai A., Mozaffari J., and Aghaei M. 2002. Study of genetic diversity based on fruit traits in Iranian melon populations. Iranian Journal of Horticultural Science 4: 71-82. (In Persian)
- 10- Paris H., Prohens J., and Nuez F. 2008. Handbook of plant breeding. Vegetables I. Springer, New York.
- 11- Rad M.N., Allahdoo M., and Fanaei H. 2010. Study of some yield traits relationship in melon (*Cucumis melo* L.) germplasm gene bank of Iran by correlation and factor analysis. Trakia Journal of Science 8(1): 27-32.
- 12- Rad M.R.N., Fanaei H.R., and Rad M.R.P. 2015. Application of Artificial Neural Networks to predict the final fruit weight and random forest to select important variables in native population of melon (*Cucumis melo* L.). Scientia Horticulturae 181: 108-112.
- 13- Rafezi R., S.A., Jaafari P., Mosharraf GH. 2013. Evaluation of adaptability and comparison of commercial melon cultivars and advanced population that resulted from selection in different part of country. Final report. Seed and Plant Improvement Institute 1-10.
- 14- Rechinger K.H. 1977. Flora of the Iranian Highlands and the Umrahmenden Mountains. Cucurbitace. Autor J. S. Andersen, Copenhagen. 123.
- 15- Sharma S.P., Leskovar D.I., Crosby K.M., Volder A., and Ibrahim A. 2014. Root growth, yield, and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. Agricultural water management 136: 75-85.



Response of Iranian Melon Populations to Deficit Irrigation Condition

M.R. Naroui Rad^{1*}- B. Bakhshi²- J. Kohpalekani Abbasi³- A. Ghasemi⁴- M. Fazeli Rostampour⁵

Received: 31-07-2019

Accepted: 03-03-2020

Introduction: In Iran, there are various melon populations due to properties of cross pollination, which are mostly cultivated in the desert, so it is important to identify populations and study their response to low irrigation conditions and their selection. Sistan is one of the most important melon production areas in the country. Every year, in the optimal water conditions of the region, cultivation area reaches nearly to 6,000 hectares, but the area under cultivation is affected by fluctuations in the Hirmand River. Its famous melons in the region include Sefidak, Firoozi and Helmendi, which are very popular among farmers in terms of taste. The amount of rainfall in this region is very small and the agriculture of the region is affected by the fluctuations of Hirmand River and these fluctuations cause damage to agricultural producers, but recognizing the best and most suitable genotypes can help a lot to melon production. Variation and selection are the important elements of the breeding program and the selection by the breeder requires a good variation in the population. In Iran, the largest producer of melons is province of Khorasan Razavi, with 48.7 percent of the production in country, and province of Sistan and Baluchistan with the 5.62 percent is in the fifth rank. Therefore, in this regard, it is necessary to consider the desirable populations and cultivars in terms of production and yield. The quality of soil and the limitation of water resources, especially in recent decades, have intensified the world's agriculture. In the most parts of Iran, especially in Sistan, due to recent drought, identification of resources and cultivars with the potential of optimal production is important. Therefore, the present study was conducted to evaluate the populations of melons and their response to different irrigation regimes.

Materials and Methods: In this study, the populations of the gene bank (34 population), mostly from the central and eastern regions of the Iran, along with two local sefidak and suski, which were relatively tolerant and sensitive, respectively to drought stress were cultivated in a simple square lattice design with 2 replications for comparison under normal and drought stress conditions. Under water deficit conditions, irrigation was carried out at water depletion of 75% and for normal irrigation with 50% water depletion from the field capacity. Soil moisture monitoring was carried out using a TDR device. Some morphological and physiological traits such as yield, number of fruits per plant, average fruit weight, fruit length and width, plant length, hole diameter, chlorophyll content, canopy temperature, relative water content were measured

Results and Discussion: Based on the results of combined analysis of variance, there was a significant difference between the populations for all traits except for the number of fruits per plant. The effect of the environment was significant only for the traits of soluble solids, single plant yield, canopy temperature and days to maturity also the interaction of the population with the environment was significant only for plant length, canopy temperature and root length, which indicated a different population reaction in relation to these traits under two conditions of normal and moisture stress. The results of the mean comparison of the traits showed that in normal conditions, the highest number of fruits belonged to numbers 1, 2, 6, 7 and 8, which had no significant difference with the check number 36. The results of analysis of factor in moisture stress condition showed that the first four factors justify nearly 70% of the variation among the traits. Therefore, the positive values of the first factor can be effective for selection of genotypes with a high yield and high fruit weight. However, the second factor with negative values of canopy temperature and positive values of leaf relative water content is effective in determining the high tolerance genotypes to moisture stress conditions.

Conclusion: Under normal and stress conditions, population number 23 had acceptable yields. The traits of fruit weight and size, flesh diameter and fruit length and width are among the traits that should be considered by the breeders according to their relationship with the yield. Genotypes with high root length had high tolerance to water deficit condition. In general, under stress conditions, more soluble solids were observed in the populations.

Keywords: Drought stress, Population, Melon, Yield

1, 2, 4 and 5- Horticulture Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran

(*- Corresponding Author Email: mr.narouirad@areeo.ac.ir)

3- Assistant Professors Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran



مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی اثر پیش تیمارهای خشکی و سرما بر رشد، نمو و میزان عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در شرایط مزرعه

فردین قنبری^{۱*} - محمد سیاری^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۰

چکیده

دمای پایین منجر به آسیب‌های فیزیولوژیکی به سلول در گیاهان حساس به سرمازدگی و خسارت محصولات گرمسیری و نیمه گرمسیری مانند گوجه‌فرنگی می‌شود. به منظور ارزیابی اثر پیش تیمار خشکی بر تحمل به سرما نشاهای گوجه‌فرنگی و رشد و عملکرد بعدی آن در شرایط مزرعه، تحقیقی در دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال ۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تنش خشکی در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد PEG) و تنش سرمایی در دو سطح (تنش و بدون تنش) بود. پس از اعمال پیش تیمار تنش خشکی، نشاها به مدت شش ساعت در شش روز متوالی در دمای سه درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از آن در مزرعه کاشته شدند. نتایج نشان داد که پیش تیمار خشکی تأثیر معنی‌داری در افزایش رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه دارد. گیاهانی که پیش تیمار نشده بودند پس از تیمار سرمایی رشد کمی در شرایط مزرعه داشتند و همچنین عملکرد آن‌ها پایین‌تر بود. پیش تیمار خشکی سبب افزایش اندازه میوه، افزایش عمر ماندگاری آن و کاهش تعداد میوه‌های دارای پوسیدگی گلگاه شد. بالاترین رشد و عملکرد کل میوه در کاربرد ۱۰ درصد PEG به دست آمد. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که پیش تیمار خشکی می‌تواند به طور موثری برای حفاظت نشاهای گوجه‌فرنگی از آسیب ایجاد شده به وسیله تنش دمای پایین در مراحل اولیه رشد استفاده شود و سبب رشد و عملکرد بهتر گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پوسیدگی گلگاه، تنش، سرمازدگی، مقاوم‌سازی، مقاومت تقاطعی

مقدمه

پایین قرار می‌گیرد. دماهای بین صفر تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد (دماهای سرمازدگی) سبب آسیب به بسیاری از گیاهان با منشأ گرمسیری از جمله گوجه‌فرنگی می‌شوند. اغلب گونه‌های تجاری گوجه‌فرنگی به تنش سرما حساس هستند و در مراحل مختلف رشد خود از سرما آسیب می‌بینند (۲۲). در اغلب مناطق کشت تجاری گوجه‌فرنگی در اوایل فصل رشد دما مناسب و آسمان صاف است که منجر به کاهش دمای شب و عصر می‌شود (۱۲). در مناطق معتدله نیز نوسانات دمایی در اوایل فصل رشد اتفاق می‌افتد. در این شرایط، گیاهچه‌های جوان در معرض ترکیبی از نور زیاد و دمای کم و یا نوسانات دمایی قرار می‌گیرند. که منجر به ایجاد تنش، تولید رادیکال‌های آزاد و کاهش فتوسنتز می‌گردد (۲).

تغییر شرایط محیطی و تکنیک‌های کاشت در خزانه می‌تواند درجاتی از مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاه را به وجود آورد. برای مثال کمبود آب بر جنبه‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی وابسته به مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی تأثیر می‌گذارد. تنظیم اسمزی، تغییر در میزان هورمون‌ها و هدایت روزنه‌ای، کاهش رشد قسمت هوایی، افزایش رشد ریشه‌ها از جمله این اثرها می‌باشند (۵)

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* Mill. گیاهی علفی و چندساله است که غالباً به صورت یک‌ساله کشت می‌شود. بر اساس آمار موجود، ایران با تولید ۶/۱ میلیون تن گوجه‌فرنگی در سال ۲۰۱۳، پس از کشورهای چین، هند، آمریکا، ترکیه و مصر، ششمین کشور عمده تولیدکننده این محصول می‌باشد و حدود ۴ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (۱۰). گوجه‌فرنگی از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آمریکای جنوبی و مرکزی منشأ گرفته است، با این وجود این محصول به صورت تجاری در بسیاری از مناطق معتدل کشت می‌شود و در این مناطق حداقل در بخشی از فصل رشد در معرض دماهای

۱- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
(*) نویسنده مسئول: Email: F.ghanbari@ilam.ac.ir

۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

شده است تا بتوان واکنش‌های گیاه به این تیمارها را در سطح مزرعه ارزیابی کرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش از تاریخ ۲۰ فروردین ۱۳۹۵ تا تاریخ ۱۲ مهر ۱۳۹۵ در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام گرفت.

در این آزمایش از بذر گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات (شرکت فلات ایران استفاده شد. این رقم در بین کشاورزان منطقه محبوبیت خاصی دارد. رقمی زودرس، پر محصول، پاکوتاه و مقاوم به بیماری‌های فوزاریوم و ورتیسیلیوم می‌باشد. ابتدا بذرهای گیاه گوجه‌فرنگی در سینی‌های کاشت دارای ۴۸ چاهک با اندازه قطر دهانه، ارتفاع و قطر ته چاهک به ترتیب ۶، ۶/۲، ۴ سانتی‌متر کشت شدند. محیط کشت مورد استفاده با نسبت ۲:۱ پرلایت و ورمیکولایت بود که پس از اختلاط کامل و شستشوی اولیه به‌اندازه ۴۰ گرم برای هر چاهک استفاده شد. سینی‌های کاشت در گلخانه با نور طبیعی و دمای روزانه حدود ۲۵ و شبانه حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای جلوگیری از کمبود عناصر غذایی آبیاری نشاها به‌صورت یک روز در میان با استفاده از غلظت یک در هزار کود کامل فوسامکو بیو^۳ (حاوی مواد غذایی: ازت ۱۰۰، فسفر ۴۰، پتاسیم ۷۰، منیزیم ۱/۸، منگنز ۱/۳، مس ۱، روی ۰/۷، بر ۰/۲، آهن ۰/۰۷ و مولیبدن ۰/۰۳) گرم بر لیتر و همچنین حاوی عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم^۴ انجام گرفت. پس از سبز شدن نشاها در چند مرحله عمل تنک کردن و حذف نشای غیر یکسان انجام و درنهایت درون هر چاهک یک نشا باقی ماند.

آزمایشی به‌صورت فاکتوریل ۳×۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در هر تکرار شامل ۱۶ گیاه (در مجموع ۲۸۸ گیاه) انجام گرفت. در مرحله چهار برگ کاملاً توسعه‌یافته گیاهچه‌های حاصله به مدت یک هفته، تحت پیش تیمار تنش خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول با وزن مولکولی ۶۰۰۰ در سه سطح شاهد (آب مقطر)، تنش متوسط (۱۰ درصد PEG، معادل پتانسیل اسمزی ۰/۱۸۳- مگاپاسکال) و تنش شدید (۲۰ درصد PEG، معادل پتانسیل اسمزی ۰/۵۷۷- مگاپاسکال) قرار گرفتند. برای اجتناب از شوک ناگهانی به نشاها، پیش تیمار تنش خشکی به‌صورت ملایم در طی سه روز و هر روز افزایش یک‌سوم غلظت موردنظر اعمال شد. مقادیر موردنیاز PEG برای ایجاد پتانسیل‌های اسمزی موردنظر بر اساس اضافه کردن PEG به محلول آبیاری انجام شد. پس از اعمال خشکی

که ممکن است سبب مقاومت گیاهان به تنش‌های بعدی شود. این پدیده مقاومت تقاطعی یا سازگاری تقاطعی^۱ نامیده می‌شود؛ به این معنی که اعمال شرایط تنش بر روی گیاهان ممکن است سبب مقاومت آن‌ها به تنش‌های بعدی شود (۷). خشکی و دیگر تنش‌های محیطی در سراسر زندگی گیاهان اتفاق می‌افتند. گیاهان برای زنده‌مانی در شرایط تنش‌های محیطی که مدام در حال تکرار هستند به تنش پاسخ می‌دهند که ممکن است این واکنش متفاوت از پاسخ به تنش اولیه باشد. پاسخ‌های متفاوت به تنش‌های مشابه تحت عنوان حافظه تنش شناخته می‌شود (۴). در طول این فرآیند واکنش هماهنگ در سطوح سلولی، ژنومی و سازمانی گیاه سبب تحمل شرایط تنش توسط گیاه می‌گردد. به‌منظور ارزیابی تأثیر حافظه تنش طولانی بر عملکرد غده و مقاومت به تنش در گیاه سیب‌زمینی، غده‌های سیب‌زمینی در گیاهانی تولید شد که تحت شرایط خشکی و آبیاری کامل بودند. این غده‌ها سپس تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد غده هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط تنش کم‌آبی در کشت غده‌های قرار گرفته در معرض تنش خشکی مشاهده شد. به‌علاوه در این آزمایش مشاهده شد که حافظه تنش طولانی مدت در گیاه سیب‌زمینی به‌شدت وابسته به نوع رقم است (۲۱). در نوعی گراس عکس‌العمل گیاه به خشکی دوم (پس از دریافت پیش تیمار خشکی) مورد مطالعه قرار گرفت (۲۷). نتایج نشان داد که درصد زیست‌توده در گیاهانی که پیش تیمار خشکی شده بودند از گیاهانی شاهد (بدون پیش تیمار) بیشتر بود. بسیاری از مطالعات وجود حافظه تنش طولانی و کوتاه‌مدت را در گیاهان ثابت کردند (۲۷ و ۲۸). به‌علاوه گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله رویشی سبب بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فتوسنتز گیاهان تحت تنش سرمایی در مراحل بعدی رشد می‌شود (۱۶). با وجود این شواهد، مکانیسم اساسی حافظه تقاطعی تنش به‌خوبی شناخته نشده است. این احتمال وجود دارد که مقاومت تقاطعی بین تنش‌های شوری، خشکی، فلزات سنگین، گرما و سرما به دلیل نتایج مشترک این تنش‌ها بر گیاهان باشد (۶). این پدیده به این خاطر است که، هنگامی که فراوانی تنش‌ها افزایش می‌یابد، گیاهان در فاصله بین دو تنش به شرایط قبل از تنش اول بر نمی‌گردند، بنابراین پاسخ‌های دفاعی گیاه در تنش‌های بعدی تکرار می‌شوند. همانند یک حافظه تنش^۲، که پس از شرایط تنش باقی می‌ماند، ممکن است سبب پاسخ‌های سریع‌تر و افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های بعدی شود (۲۶). با توجه به مطالب شرح داده‌شده در این تحقیق اثرهای پیش تیمارهای خشکی و سرما در مرحله اولیه بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه بررسی

3- Phosamco Bio
4- *Ascophyllum nodosum*

1- Cross-resistance or Cross-adaptation
2- Stress memory

و فرصت ۴۸ ساعته بازاریابی، گیاهچه‌ها تحت تیمار سرمایی در دو سطح شرایط بدون سرما (نگهداری در گلخانه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب، به‌عنوان شاهد) و شرایط سرما قرار گرفتند. برای اعمال تنش سرما گیاهچه‌ها به سردخانه با دمای ۳ درجه سانتی‌گراد به مدت شش روز و در هر روز به مدت شش ساعت منتقل شدند. قبل از اعمال تیمار سرمایی نشاها ۶ ساعت در روز به ترتیب در سه روز متوالی در دماهای ۲۰، ۱۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. تیمار سرمایی در فاصله زمانی ساعت ۱۲ شب تا ۶ صبح انجام گرفت. بعد از پایان تیمار سرمایی نشاهای تولید شده به مزرعه منتقل شدند.

برای تهیه زمین موردنیاز برای کاشت ابتدا تمام بقایای علف‌های هرز، سنگ‌ها و کلوخه‌ها جمع‌آوری شد. سپس به کمک بیل دستی تمام خاک مزرعه تا عمق ۳۰ سانتی‌متر شخم زده شد. جوی و پشته‌ها بر اساس فاصله کاشت ۴۰ در ۹۰ سانتی‌متری تهیه شد و قبل از کاشت آبیاری کامل مزرعه انجام گرفت. در تاریخ ۱۰ خردادماه ۱۳۹۵ انتقال نشا به مزرعه صورت گرفت. کشت به‌صورت دو ردیفه و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر و بین ردیف‌ها نیز ۹۰ سانتی‌متر بود. در طول مدت آزمایش از زمان کاشت تا برداشت مراقبت‌های زراعی شامل وجین علف‌های هرز، آبیاری، هدایت بوته‌ها به سمت پشته‌ها و مبارزه با آفات صورت گرفت. همچنین آبیاری به‌صورت جوی و پشته با استفاده از آب چاه موجود در مزرعه انجام گرفت. در پایان آزمایش وزن خشک بوته، ارتفاع و قطر بوته، عملکرد کل، تعداد میوه و تعداد میوه دارای پوسیدگی گلگاه، طول میوه، قطر میوه، زمان

گلدهی و میوه دهی اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری عمر پس از برداشت، میوه‌ها را در مرحله رسیده سفت چیده و در شرایط مساوی و در دمای اتاق نگهداری شدند. به‌محض مشاهده کوچک‌ترین علائم چروکیدگی، فرورفتگی و یا شل شدگی در میوه‌ها، به‌منزله پایان عمر آن‌ها تلقی گردید. تعداد روز از زمان برداشت تا بروز علائم تعیین شده برای پیری به‌عنوان عمر پس از برداشت ثبت گردید. میانگین عمر پس از برداشت میوه‌های هر بوته و بوته‌های هر تکرار به ترتیب به‌عنوان میانگین عمر پس از برداشت هر بوته و تکرار معرفی گردید (۱۷). پس از برش عرضی میوه‌ها از وسط، ضخامت دیواره پریکارپ (میوه) در ضخیم‌ترین بخش آن به‌وسیله کولیس اندازه‌گیری و میانگین آن به‌عنوان ضخامت دیواره تخمدان برای آن تکرار گزارش شد (۹).

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق به کمک نرم‌افزار SAS-9.1 تجزیه آماری شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد کل و تعداد میوه در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی و اثر متقابل خشکی × سرما بر عملکرد کل در سطح پنج درصد و بر تعداد میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. همچنین اثر اصلی تنش سرما بر تعداد میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات رشدی و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات پس از پیش تیمار خشکی و تنش سرما

Table 1- ANOVA of growth parameters and yield of tomato plant cv. Falat CH after drought and chilling pretreatments

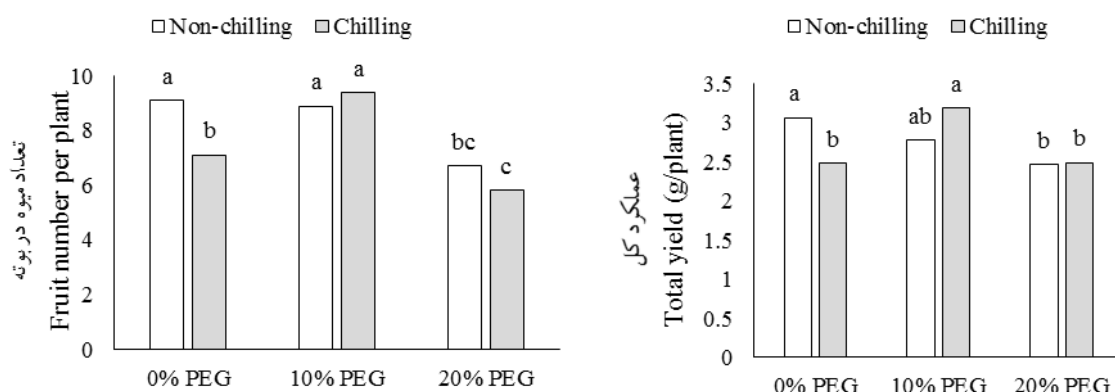
منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	تعداد میوه	میوه پوسیده گلگاه	ارتفاع	قطر ساقه	وزن خشک بوته
S.O.V	df	Yeild	Fruit number	Blossom end rot	Height	Stem diameter	Plant dry weight
بلوک	2	0.10	0.09	5.79	9.02	1.72	112
Block							
خشکی	2	0.38*	12.75**	27.91**	261.92**	1.39 ^{ns}	388*
Drought							
سرما	1	0.01 ^{ns}	2.64**	5.19 ^{ns}	0.92 ^{ns}	0.58 ^{ns}	10 ^{ns}
Chilling							
خشکی × سرما	2	0.37*	2.30**	2.27 ^{ns}	50.56**	6.85*	331*
Drought×Chilling							
خطای آزمایشی	10	0.08	0.25	2.22	4.55	1.40	76
Error							
ضریب تغییرات	-	10.47	6.39	11.59	3.61	9.48	16.67
C.V (%)							

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ^{ns}: عدم معنی‌داری.

** and * indicate significant at the 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively, and ns indicates non- significant.

و بدون سرما (۷۹۶ گرم در بوته) و پیش تیمار ۱۰ درصد PEG و بدون سرما (۷۲۲ گرم در بوته) نداشت (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین در مورد تعداد میوه در بوته نشان داد که پیش تیمار تنش خشکی ایجاد شده به وسیله PEG تأثیر معنی‌داری در حفظ این صفت و جلوگیری از کاهش آن در شرایط تنش سرمایی داشت. در شرایط عدم تنش خشکی (شاهد) تنش سرمایی تعداد میوه برای هر بوته را به میزان ۲ عدد کاهش داد که این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود. پیش تیمار ۱۰ درصد PEG، اختلاف آماری معنی‌داری با پیش تیمار شاهد (بدون تنش خشکی و بدون تنش سرمایی) نداشت ولی پیش تیمار ۲۰ درصد PEG سبب کاهش معنی‌دار آن نسبت به شاهد شد (شکل ۱).

مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که تنش سرمایی در سطوح مختلف خشکی تأثیر متفاوتی بر عملکرد کل در گیاه گوجه‌فرنگی داشت. در شرایط عدم تنش خشکی (شاهد)، تنش سرمایی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد شد ولی در پیش تیمار ۱۰ و ۲۰ درصد PEG، تنش سرما نسبت به تیمار عدم اعمال سرما تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. به عبارت دیگر کاربرد PEG سبب حفظ عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه شد. پیش تیمار ۲۰ درصد PEG صرف نظر از تنش سرما سبب کاهش معنی‌دار عملکرد کل نسبت به شاهد شد در حالی که پیش تیمار ۱۰ درصد PEG اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد نداشت. بیشترین میزان عملکرد (۸۲۷ گرم در بوته) در پیش تیمار ترکیبی تنش خشکی ۱۰ درصد PEG و تنش سرما به دست آمد که البته اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد خشکی

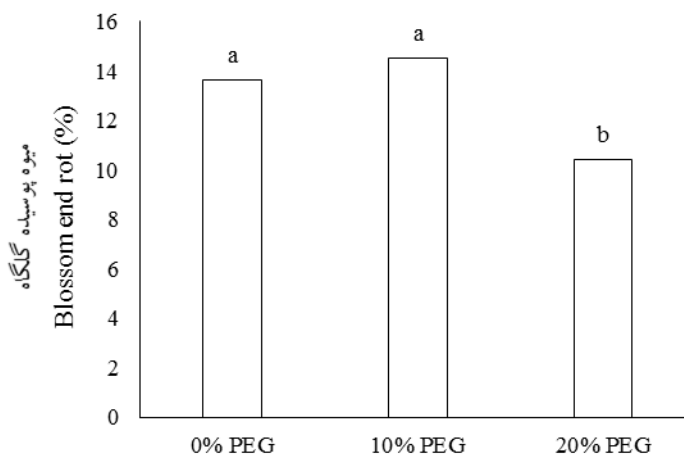


شکل ۱- اثر تنش خشکی ناشی از PEG و تنش سرمایی بر عملکرد کل و تعداد میوه در بوته در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات
Figure 1- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) and chilling stress on yield and fruit number of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

رامبرز و همکاران (۲۱) گزارش کردند که تنش خشکی در گیاه سیب‌زمینی منجر به تولید غده‌هایی خواهد شد که در شرایط کم‌آبی عملکرد بالاتری خواهند داشت. ونگ و همکاران (۲۸) نشان دادند که تنش خشکی در مرحله قبل از گلدهی در گیاه گندم سبب تحمل آن به شرایط تنش بعد از گلدهی خواهد شد و در نهایت عملکرد دانه در شرایط خشکی را افزایش خواهد داد. این نتایج نشان می‌دهد که در گیاهان حافظه تنش طولانی‌مدت وجود دارد که در بسیاری از مطالعات اثبات شده است (۲۷). در این تحقیق نیز پیش تیمار گوجه‌فرنگی با PEG سبب جلوگیری از کاهش عملکرد در گیاه شد ولی این پیش تیمار در غلظت ۱۰ درصد قابل توصیه است زیرا غلظت ۲۰ درصد PEG به کاررفته سبب کاهش تعداد میوه در بوته و عملکرد نهایی گوجه شد.

عملکرد گوجه‌فرنگی تحت تأثیر میزان نور دریافت شده و تقسیم آسیمیلات‌های تولید شده بین رشد رویشی و رشد زایشی تعیین می‌گردد (۱۸). دما به صورت غیرمستقیم از طریق تأثیر بر سرعت نمو، تشکیل میوه و ریزش گل‌ها بر روی تقسیم‌بندی آسیمیلات‌ها تأثیر می‌گذارد (۱). بنابراین دما تأثیر به سزایی در عملکرد و پارامترهای وابسته به آن در گوجه‌فرنگی دارد. از طرف دیگر گیاه گوجه‌فرنگی در تمام مراحل رشد خود به تنش سرمایی حساس است (۲۲) و تنش سرمایی در مرحله نشا با تأخیر بر رشد و نمو گیاه می‌تواند عملکرد نهایی محصول را تحت تأثیر قرار دهد (۲۵). در این تحقیق نیز نشاهایی که با خشکی پیش تیمار نشده بودند در اثر تنش سرما عملکرد و تعداد میوه در بوته کمتری داشتند. در مورد تأثیر مقاومت تقاطعی بر عملکرد نهایی گیاهان گزارش‌های اندکی منتشر شده است و در بیشتر مطالعات بحث مقاومت‌سازی گیاهچه‌ها مطرح بوده است.

صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرهای اصلی تنش خشکی نشان داد که تنش خشکی ایجادشده با ۲۰ درصد PEG سبب کاهش معنی‌دار درصد میوه‌های پوسیده گلگاه نسبت به شاهد (عدم تنش خشکی) شد (شکل ۲).



شکل ۲- اثر تنش خشکی ناشی از PEG بر درصد میوه پوسیده گلگاه در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فالات

Figure 2- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) on blossom end rot-fruit percentage of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که تنش سرمایی در شرایط عدم تنش خشکی (شاهد) نسبت به عدم سرما سبب کاهش پارامترهای رشدی بوته شامل ارتفاع، قطر ساقه و وزن خشک بوته شد. در سطح ۱۰ درصد PEG، تنش سرمایی نسبت به عدم سرما سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه شد و بر وزن خشک بوته و قطر ساقه تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد که در سطح ۲۰ درصد PEG، تنش سرمایی تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت (شکل ۳). از طرف دیگر پیش تیمار ۱۰ درصد PEG در هر دو سطح تنش سرمایی سبب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد (عدم تنش خشکی) شد (شکل ۳).

کورکماز و دوفالت (۱۴) گزارش کردند که تنش سرمایی در مرحله نشا با تأخیر در رشد و نمو گیاه سبب کاهش رشد و عملکرد آن در شرایط مزرعه می‌شود. در تحقیق حاضر تنش سرمایی در مرحله نشا سبب کاهش رشد گیاه در شرایط مزرعه شد. به نظر می‌رسد که تنش سرمایی سبب کاهش رشد نشا شده و این اثر در مراحل رشدی بعدی گیاه باقی می‌ماند. به نظر می‌رسد که پیش تیمار خشکی می‌تواند کاهش رشد گیاهان در اثر تنش سرمایی را جبران کند. همان‌طوری که از نتایج مشخص شد نشاهایی که با ۱۰ و ۲۰ درصد PEG پیش تیمار شده بودند در تنش سرمایی هیچ‌گونه کاهش رشدی در شرایط مزرعه نداشتند و حتی در برخی موارد (ارتفاع گیاه در پیش تیمار ۱۰ درصد PEG) پیش تیمار خشکی، سبب افزایش رشد آن‌ها

درصد میوه پوسیده گلگاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی بر درصد میوه پوسیده گلگاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر اصلی تنش سرمایی و اثر متقابل تنش خشکی×تنش سرما بر این

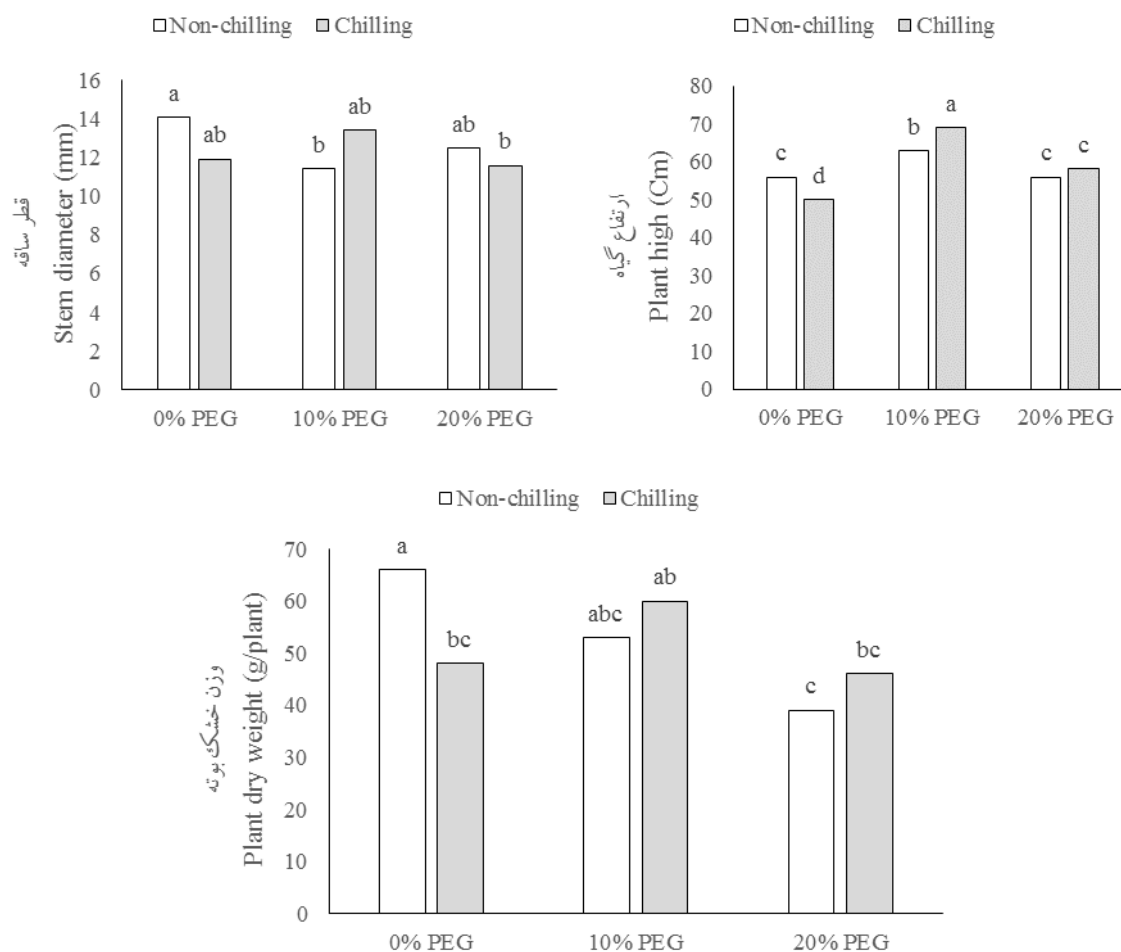
عارضه فیزیولوژیکی پوسیدگی گلگاه در برخی محصولات از جمله گوجه‌فرنگی به علت عدم جذب کلسیم در شرایط کاهش رطوبت خاک به وجود می‌آید و در اثر نوسانات رطوبتی تشدید می‌شود. اگر میزان آب محدود باشد این عارضه نشانه کاهش غلظت کلسیم در گیاه است (۱۲). گزارش‌های از تأثیر تنش خشکی بر افزایش تولید میوه‌های پوسیده گلگاه در گوجه‌فرنگی منتشر شده است (۲۳). در این گزارش‌ها بیشتر بحث تنش خشکی در مرحله گیاه کامل مطرح بوده است و در دانش ما گزارشی از تأثیر تنش خشکی در مرحله نشا بر این صفت وجود ندارد. در این تحقیق نیز پیش تیمار تنش خشکی در سطح ۱۰ درصد PEG تأثیر معنی‌داری بر درصد میوه‌های پوسیده گلگاه نداشت و پیش تیمار خشکی ۲۰ درصد PEG سبب کاهش این عارضه شد. همچنین نتایج نشان داد که پیش تیمار خشکی با ۱۰ درصد PEG سبب افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی شد. این نتایج نشان می‌دهد که تنش خشکی در مرحله نشا سبب افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی بدون اثرهای مضر بر کیفیت میوه می‌شود.

پارامترهای رشدی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی بر ارتفاع گیاه در سطح یک درصد و بر وزن خشک بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل خشکی×سرما بر ارتفاع گیاه در سطح یک درصد و بر قطر ساقه و وزن خشک بوته در سطح پنج

رشد و نمو بالاتری نشان دادند (۲۴). به علاوه گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله رویشی سبب بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی و فتوسنتز گیاهان تحت تنش سرمایی در مراحل بعدی رشد می شود (۱۶). این نتایج نشان می دهد که شوک مصنوعی ایجاد شده به وسیله تنش خشکی در گیاهان سبب تحمل بهتر آن ها در برابر تنش های بعدی شده و رشد آن ها را در شرایط تنش حفظ می کند.

در شرایط مزرعه شد. به طور مشابه کایولا و همکاران (۷) با بررسی مقاومت تقاطعی بین خشکی و شوری در گیاه گوجه فرنگی گزارش کردند که آثار تنش خشکی در مرحله نشا ۵ برگی در تمام مراحل رشد گیاه باقی می ماند و سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه تحت تنش شوری در مراحل بعدی رشد می شود. در گیاه آرابیدوپسیس گیاهان پیش تیمار شده با خشکی تحمل بیشتری به خشکی ثانویه داشتند و



شکل ۳- اثر تنش خشکی ناشی از PEG و تنش سرمایی بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه و وزن خشک بوته در گیاه گوجه فرنگی رقم سی اچ فلات
Figure 3- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) and chilling stress on plant height, stem diameter and dry weight of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

ایجاد شده با PEG در هر دو غلظت بکار رفته سبب افزایش معنی دار طول میوه و نسبت طول به قطر شد. تنش سرمایی نسبت به عدم سرما طول میوه را کاهش داد. مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که در کاربرد صفر و ۲۰ درصد PEG، تنش سرمایی سبب کاهش معنی دار قطر میوه شده ولی در سطح ۱۰ درصد PEG، سرما تأثیر معنی داری بر این صفت نداشت (شکل ۴).

طول، قطر و نسبت طول به قطر میوه

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثرهای اصلی تنش خشکی بر طول و نسبت طول به قطر میوه در سطح یک درصد و بر قطر میوه در سطح پنج درصد معنی دار شد. اثر اصلی تنش سرما بر طول میوه و قطر میوه در سطح یک درصد معنی دار شد. همچنین اثرهای متقابل خشکی × سرما بر قطر میوه در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش خشکی

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات کمی و کیفی در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی‌اچ‌فالات پس از پیش تیمار خشکی و تنش سرما
Table 2- Anova results quantitative and qualitative of tomato plant cv. Falat CH after drought and chilling pretreatments

منبع تغییر	درجه آزادی	طول میوه	قطر میوه	نسبت طول به قطر	روز تا گلدهی	روز تا میوه دهی	عمر پس از برداشت	ضخامت دیواره تخمدان
S.O.V	df	Fruit length	Fruit diameter	Length/diameter ratio	Days to flowering	Days to fruiting	Postharvest life	Pricarp wall thickness
بلوک		0.023		0.016	3.84	13.16	0.41	0.00845
Block								
خشکی	2	1.403**	0.38*	0.0288**	93.36**	99.38**	20.40**	0.00901**
Drought								
سرما	1	0.435**	1.07**	0.0018 ^{ns}	45.44*	9.68 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.00002 ^{ns}
Chilling								
خشکی × سرما	2	0.007 ^{ns}	0.29*	0.0045 ^{ns}	43.05*	101.62**	1.00 ^{ns}	0.00040 ^{ns}
Drought×Chilling								
خطای آزمایشی	10	0.035	0.05	0.0022	7.33	6.48	0.41	0.00116
Error								
ضریب تغییرات	-	3.47	4.13	5.38	6.65	4.03	6.53	3.9
C.V (%)								

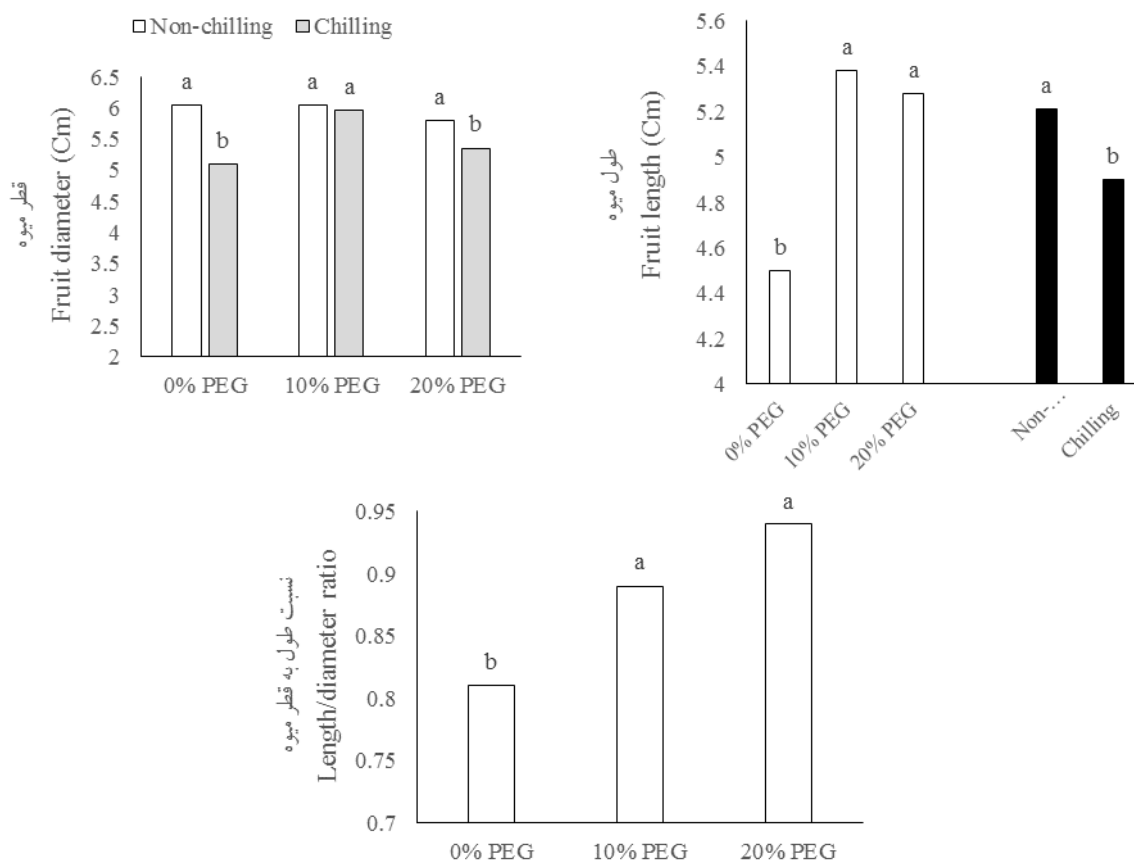
**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ^{ns}: عدم معنی‌داری.

** and * indicate significant at the 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively, and ns indicates non- significant.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی در سطح یک درصد آماری بر تعداد روز تا گلدهی و میوه دهی معنی‌دار شد. اثر اصلی تنش سرمایی بر تعداد روز تا اولین گلدهی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی × سرما بر تعداد روز تا گلدهی در سطح پنج درصد و بر تعداد روز تا میوه دهی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرهای متقابل نشان داد که در شاهد خشکی، تنش سرمایی تعداد روز برای گلدهی و میوه دهی را افزایش داد که نشان‌دهنده تأخیر رشد و نمو در این گیاه می‌باشد. در پیش تیمار ۱۰ و ۲۰ درصد PEG، تنش سرمایی تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. بیشترین تعداد روز تا گلدهی (۴۵ روز) در پیش تیمار ترکیبی ۲۰ درصد PEG و تنش سرمایی و کمترین آن (۳۲ روز) در تیمار ترکیبی بدون تنش سرمایی و بدون تنش خشکی مشاهده شد (شکل ۵). همچنین بیشترین روز تا میوه‌دهی (۶۸ روز) در تیمار ترکیبی ۲۰ درصد PEG و بدون تنش سرمایی و کمترین آن (۵۴ روز) در تیمار ترکیبی بدون تنش خشکی و بدون تنش سرمایی به دست آمد (شکل ۵).

گزارش شده است که تنش سرمایی به‌صورت مستقیم از طریق اختلال در واکنش‌های متابولیکی و به‌صورت غیرمستقیم از طریق جلوگیری از جذب آب توسط گیاه و تنش اکسیداتیو، پتانسیل ژنتیکی گیاهان برای تولید مناسب را تغییر می‌دهد و بنابراین اثر مخربی بر رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان دارد (۱۱ و ۱۵). در تحقیق حاضر پیش تیمار خشکی اثرهای مخرب تنش سرمایی بر اندازه میوه را کاهش داد. این نتایج نشان می‌دهد که پیش تیمار خشکی (به‌ویژه ۱۰ درصد PEG) تأثیر معنی‌داری در افزایش اندازه میوه و جلوگیری از کاهش حجم آن در اثر تیمار سرمایی دارد. به‌طور مشابه پارادوسی و همکاران (۲۰) گزارش کردند که تنش کمبود آب در گیاه گوجه‌فرنگی سبب افزایش تحمل آن به سرما شد و رشد نشاء گوجه‌فرنگی و میزان عملکرد آن را در شرایط سرد گلخانه حفظ کرد. تاکنون گزارشی از اثرهای متقابل تنش‌های محیطی بر اندازه میوه گزارش نشده است. ولی اثرهای تنش خشکی بر میوه گوجه‌فرنگی بررسی شده است. به‌عنوان مثال دهقان و همکاران (۸) گزارش کردند که تنش خشکی سبب کاهش رشد ریشه و اندام هوایی و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی در گوجه‌فرنگی شده که باعث کاهش قطر میوه خواهد شد. در تحقیق حاضر پیش تیمار خشکی در مرحله نشاء اعمال شد پس بنابراین نتایج متفاوت در پی داشت.

گلدهی و میوه‌دهی



شکل ۴- اثر تنش خشکی ناشی از PEG و تنش سرمایی بر طول میوه، اثر متقابل خشکی×سرما بر قطر میوه و اثر اصلی تنش خشکی بر نسبت طول به قطر میوه در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات

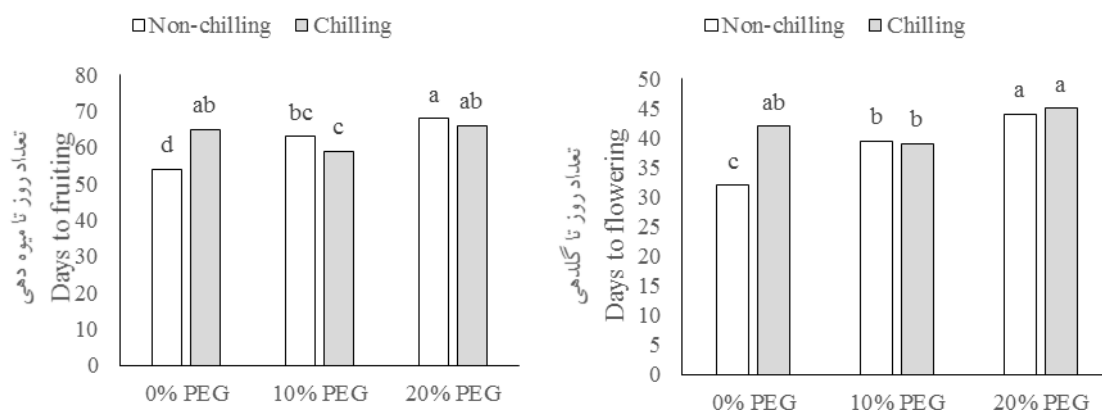
Figure 4- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) and chilling stress on fruit length, the effect of drought×chilling interaction on fruit diameter and main effect of drought stress on fruit length/diameter ratio of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. شواهد بیشتری از تأثیر مقاومت تقاطعی بر زمان گلدهی و میوه دهی گیاهان در دسترس نیست. به نظر می‌رسد که پیش تیمار خشکی سبب می‌شود که گیاه به نحو کاراتری به رشد خود در شرایط تنش ثانویه ادامه دهد. از آنجایی که در اکثر گیاهان برای ورود به مرحله زایشی، تولید یک رشد رویشی حداقل ضروری است. پس پیش تیمار خشکی با تداوم رشد و نمو گیاه در شرایط تنش، تعداد روز برای تشکیل اولین گل و به تبع آن میوه را کاهش می‌دهد. بدیهی است با کاهش تعداد روز برای اولین میوه دهی، زمان اولین برداشت نیز کاهش می‌یابد.

عمر پس از برداشت و ضخامت دیواره تخمدان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی بر عمر پس از برداشت و ضخامت دیواره تخمدان در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر اصلی تنش سرما و اثر متقابل خشکی×سرما بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲).

در این راستا گزارش شده است که تنش خشکی باعث زود گلدهی گوجه‌فرنگی می‌شود (۱۲). در تحقیقی دیگر، درجه-روز رشد برای گیاه گوجه‌فرنگی از زمان نشا تا میوه دهی در تیمار آبیاری کامل بیشترین و در تیمار قطع آبیاری کمترین بود. درواقع هر چه مقدار درجه روز بیشتر باشد، گیاه به دما و انرژی و در نتیجه زمان بیشتری برای طی کردن مراحل رشد و نمو خود نیاز دارد. بنابراین تیمار آبیاری کامل زمان بیشتری و تنش خشکی زمان کمتری برای میوه دهی و برداشت لازم دارد (۱۹). برخلاف این نتایج در تحقیق حاضر پیش تیمار خشکی در شرایط بدون تنش سرمایی سبب افزایش تعداد روز تا گلدهی و میوه دهی گوجه‌فرنگی شد. ولی در شرایط تنش سرمایی، گلدهی تحت تأثیر خشکی قرار نگرفت. علاوه بر این در شرایط تنش سرمایی، کاربرد ۱۰ درصد PEG، سبب کاهش معنی‌دار تعداد روز تا میوه دهی نسبت به شاهد شد. یاداف و همکاران (۲۹) گزارش کردند که شوک ایجاد شده به وسیله پراکسید هیدروژن سبب کاهش زمان گلدهی و افزایش تعداد میوه در گیاه فلفل تحت تنش شوری می‌شود



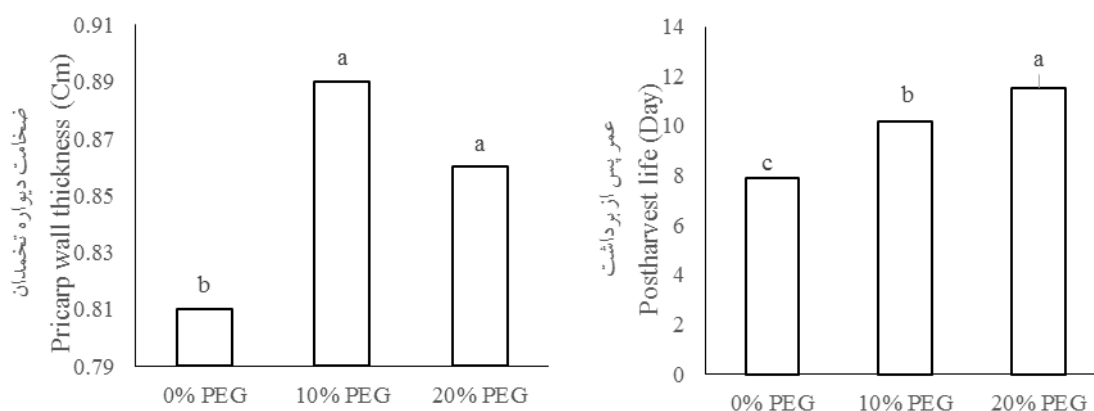
شکل ۵- اثر متقابل تنش خشکی ناشی از PEG و تنش سرمایی بر تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا میوه‌دهی گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات

Figure 5- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) and chilling stress on days to flowering and fruiting of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

گزارش کردند که بیشترین قابلیت نگهداری با کمترین مقدار فساد در گوجه‌فرنگی در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل به دست می‌آید. آن‌ها گزارش کردند که دلیل آن ممکن است بالا بودن مواد جامد محلول حاصل از این پیش تیمارها باشد زیرا هرچه مقدار آب محصول کمتر باشد فساد آن نیز کمتر خواهد بود. خیری و همکاران (۱۳) گزارش کردند که تیمار خشکی سبب حفظ ویژگی‌های کیفی میوه گوجه‌فرنگی در طی نگهداری در انبار سرد می‌شود. در تحقیق حاضر نیز پیش تیمار خشکی با استفاده از PEG سبب افزایش ضخامت دیواره تخمدان و عمر پس از برداشت آن شد که ممکن است نشان‌دهنده حفظ آثار تنش اولیه در تمام مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه باشد که قبلاً در مورد گیاه سیب‌زمینی اثبات شده است (۲۱).

مقایسه میانگین اثرهای اصلی تنش خشکی نشان داد کاربرد PEG در غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد به‌طور معنی‌داری سبب افزایش عمر پس از برداشت گوجه‌فرنگی شد. با افزایش غلظت، عمر پس از برداشت نیز افزایش یافت به طوری که بالاترین میزان عمر پس از برداشت در کاربرد ۲۰ درصد PEG مشاهده شد (شکل ۶). همچنین ضخامت دیواره تخمدان تحت تأثیر کاربرد PEG به‌طور معنی‌داری زیاد شد ولی غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد PEG اختلاف آماری معنی‌داری برای این صفت نداشتند (شکل ۶).

آلویو و همکاران (۳) گزارش کردند که کم‌آبیاری باعث افزایش قابلیت نگهداری گوجه‌فرنگی می‌شود. زمردی و همکاران (۳۰) با بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر کمیت و کیفیت و عمر انباری گوجه‌فرنگی



شکل ۶- اثر اصلی تنش خشکی ناشی از PEG بر عمر پس از برداشت و ضخامت دیواره تخمدان در گیاه گوجه‌فرنگی رقم سی اچ فلات

Figure 6- The effect of drought pretreatment by polyethylene glycol (PEG) on postharvest life and pericarp wall thickness of tomato plant cv. Falat CH (DMRT, $p \leq 0.05$)

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که اثرهای پیش تیمار خشکی در مرحله نشا در مراحل بعدی رشد گوجه فرنگی باقی می ماند و می تواند اثرهای مفیدی بر رشد و عملکرد گوجه فرنگی در شرایط مزرعه داشته باشد. پیش تیمار خشکی سبب افزایش عملکرد، تعداد و اندازه میوه، ارتفاع و قطر گیاه، وزن خشک بوته، عمر پس از برداشت و ضخامت دیواره تخمدان و کاهش درصد میوه های پوسیده گلگاه شد. این اثر در پیش تیمار سرمایی مشاهده نشد و در اکثر موارد تیمار

منابع

سرمایی سبب اثر منفی بر رشد و نمو گوجه فرنگی شد. پیش تیمار ۱۰ درصد PEG اثرهای بهتری نسبت به پیش تیمار ۲۰ درصد PEG داشت زیرا عملکرد، تعداد میوه در بوته و پارامترهای رشدی در این تیمار بهتر بودند. این نتایج نشان می دهد که تنش خشکی شدید اگرچه ممکن است تحمل تنش سرمایی در نشا را بیشتر کند ولی به واسطه اثرهای منفی خشکی بالا بر گیاه در نهایت بر رشد و عملکرد گیاهان در شرایط مزرعه تأثیر منفی می گذارد.

- 1- Adams S.R., Cockshull K.E., and Cave C.R.J. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany* 88(5): 869-877.
- 2- Allen D.J., and Ort D.R. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends in Plant Science* 6(1): 36-42.
- 3- Alvino A., d'Andria R., and Zerbi G. 1985. Fruit ripening of different tomato cultivars as influenced by irrigation regime and time of harvesting. In IV International Symposium on Water Supply and Irrigation in the Open and under Protected Cultivation 228: 137-146.
- 4- Avramova Z. 2015. Transcriptional memory of a stress: transient chromatin and memory (epigenetic) marks at stress-response genes. *The Plant Journal* 83(1): 149-159.
- 5- Banon S., Ochoa J., Franco J.A., Sánchez-Blanco M.J., and Alarcon J.J. 2003. Influence of water deficit and low air humidity in the nursery on survival of *Rhamnus alaternus* seedlings following planting. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78(4): 518-522.
- 6- Bartoli C.G., Casalengué C.A., Simontacchi M., Marquez-Garcia B., and Foyer C.H. 2013. Interactions between hormone and redox signalling pathways in the control of growth and cross tolerance to stress. *Environmental and Experimental Botany* 94: 73-88.
- 7- Cayuela E., Muñoz-Mayor A., Vicente-Agulló F., Moyano E., Garcia-Abellan J.O., Estañ M.T., and Bolarín M.C. 2007. Drought pretreatment increases the salinity resistance of tomato plants. *Journal of plant nutrition and soil science* 170(4): 479-484.
- 8- Dehghan H., Alizade A., Esmaili K., and Nemati S.H. 2013. Root growth, yield and yield components of tomato under drought stress. *Water Research in Agriculture* 29: 169- 179. (In Persian with English abstract)
- 9- Esmayilzade Z., and Saidi M. 2010. An evaluation of the effects of plastic and organic mulches and different shading levels on yield and quality of tomato in term of water (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Iranian Journal of Horticultural Sciences* 43 (4): 463-471. (In Persian with English abstract)
- 10- FAO, F. A. O. S. T. A. T. (2013). Food and agriculture organisation of the United Nations. Retrieved on, 11. 6. 2013.
- 11- Hussain H.A., Hussain S., Khaliq A., Ashraf U., Anjum S.A., Men S., and Wang L. 2018. Chilling and drought stresses in crop plants: implications, cross talk, and potential management opportunities. *Frontiers in plant science* 9: 393.
- 12- Jones J. 2007. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. CRC press.
- 13- Khairi A.N., Falah M.A.F., Suyantohadi A., Takahashi N., and Nishina H. 2015. Effect of storage temperatures on color of tomato fruit (*Solanum Lycopersicum* Mill.) cultivated under moderate water stress treatment. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 3: 178-183.
- 14- Korkmaz A., and Dufault R. J. 2001. Developmental consequences of cold temperature stress at transplanting on seedling and field growth and yield. I. Watermelon. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126(4): 404-409.
- 15- Krasensky J., and Jonak C. 2012. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. *Journal of experimental botany* 63(4): 1593-1608.
- 16- Li X., Topbjerg H.B., Jiang D., and Liu F. 2015. Drought priming at vegetative stage improves the antioxidant capacity and photosynthesis performance of wheat exposed to a short-term low temperature stress at jointing stage. *Plant and soil* 393(1-2): 307-318.
- 17- Moneruzzaman K.M., Hossain A., Sani W., Saifuddin M., and Alenazi M. 2009. Effect of harvesting and storage conditions on the post harvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. Roma VF. *Australian Journal*

- of Crop Science 3(2): 113.
- 18- Newton P., Sahraoui R., and Economakis C. 1999. The influence of air temperature on truss weight of tomatoes. *Acta Horticulturae* 43-50.
- 19- Noormehnad N., Noori M.R., Ghorbani B., Mohammad Khani A.R. 2007. Investigation of the impact of traditional irrigation and partial irrigation on yield and water use efecincy in tomato plants. 9th National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman, Iran. (In Persian with English abstract)
- 20- Pardossi A., Tognoni F., and Lovemore S.S. 1987. The effect of different hardening treatments on tomato seedling growth, chilling resistance and crop production in cold greenhouse. In *Symposium on Biological Aspects of Energy Saving in Protected Cultivation* 229: 371-378.
- 21- Ramírez D.A., Rolando J.L., Yactayo W., Monneveux P., Mares V., and Quiroz R. 2015. Improving potato drought tolerance through the induction of long-term water stress memory. *Plant Science* 238: 26-32.
- 22- Razdan M.K. 2006. Genetic improvement of solanaceous crops volume 2: tomato. CRC Press.
- 23- Sajedinia H., Saidi M., Ghanbari F., Bagnazari M. 2018. Effects of superabsorbent polymer on yield and some characteristics of tomato under various irrigation regimes. *Agricultural Science and Sustainable Production* 28: 163-174. (In Persian with English abstract)
- 24- Sani E., Herzyk P., Perrella G., Colot V., and Amtmann A. 2013. Hyperosmotic priming of Arabidopsis seedlings establishes a long-term somatic memory accompanied by specific changes of the epigenome. *Genome biology* 14(6): 1-24.
- 25- Van Ploeg D., and Heuvelink E. 2005. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80(6): 652-659.
- 26- Walter J., Jentsch A., Beierkuhnlein C., and Kreyling J. 2013. Ecological stress memory and cross stress tolerance in plants in the face of climate extremes. *Environmental and Experimental Botany* 94: 3-8.
- 27- Walter J., Nagy L., Hein R., Rascher U., Beierkuhnlein C., Willner E., and Jentsch A. 2011. Do plants remember drought? Hints towards a drought-memory in grasses. *Environmental and Experimental Botany* 71(1): 34-40.
- 28- Wang X., Vignjevic M., Liu F., Jacobsen S., Jiang D., and Wollenweber B. 2015. Drought priming at vegetative growth stages improves tolerance to drought and heat stresses occurring during grain filling in spring wheat. *Plant Growth Regulation* 75(3): 677-687.
- 29- Yadav P.V., Kumari M., and Ahmed Z. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in *capsicum*. *Research Journal of Seed Science* 4(3): 125-136.
- 30- Zomorodi Sh., Nourjo A., Emami A. 2006. Study the effects of deficit irrigation on the yield, quality and storability of tomato. *Journal of Agricultural Engineering research* 27: 19-30. (In Persian with English abstract)



Evaluation of Drought and Cold Treatments on Growth and Yield of Tomato in Field Conditions

F. Ghanbari^{1*}- M. Sayyari²

Received: 31-08-2019

Accepted: 09-02-2020

Introduction: Due to its low level of calorie and being as an excellent source of C and A vitamins as well as containing lycopene as a powerful antioxidant, Tomato (*solanum lycopersicum*, 2n=2 x=24), is extensively consumed in the world. According to the statistics presented in 2013, following China, United States, Turkey and Egypt, Iran ranked sixth in tomato production (6174182 kg per year) world tomato production. Similar to other tropical crops, tomato is sensitive to chilling stress. The chilling stress is considered as one of the environmental factors influencing growth and development of many plants including tomato. Applying different environmental conditions and cultivation techniques within transplant production can mitigate the chilling stress of seedlings. The seedling hardening is one of the simple technique being employed to physiological characters of plant, so as to induce subsequent stress resistance. This phenomenon is so-called cross tolerance and it means that exposing plants to stressful conditions can induce plant tolerance to upcoming stresses. Therefore, the objective of our study was to investigate the effect of drought hardening and chilling stress on tomato plant growth and productivity in field condition.

Materials and Methods: This experiment was conducted in greenhouse and research laboratories of agricultural college of Bu Ali Sina University. First of all, the seeds of tomato cv. C.H Falat, were sown in pots filled with perlite and vermiculite (ratio 2:1) and then maintained under natural light and at 25±2°C / 18±2°C (day/night). At four-leaf full development stage, seedlings were subjected to seven-day drought stress simulated with polyethylene glycol 6000 (PEG) at three levels: control (0% PEG), moderate drought stress (10 % PEG equaling to 0.18 Mpa osmotic potential) and severe drought stress (20% PEG equaling to 0.57 Mpa osmotic potential). After employing different levels of drought stress and consequently placing them in recovery for 48 h, they were exposed to chilling stress and non-chilling stress condition. For imposing chilling stress, the seedlings were transferred into growth chamber under 3°C for 6 days and 6 h per day. After receiving chilling stress treatments, the produced seedlings, were planted in the field.

Results and Discussion: In the present study, drought pretreatment reduced the effects of cold stress on fruit yield and quality. Results revealed that, the growth and yield of tomato plants were significantly increased by drought stress pretreatment in field condition. Herein, Seedlings without receiving drought pretreatment slowly grew and gained lower yield than those receiving drought. Some traits such as higher fruit size and shelf life and low number of decayed end blossom fruits were gained by drought application. The highest growth and yield rates were obtained through 10% PEG. These results indicate that drought stress at seedling stage increases the yield of tomato without harmful effects on fruit quality. The results showed that in 0% PEG treatment (control), chilling stress increased the number of days for flowering and fruiting, which indicates the growth retardation in this plant under cold stress condition. Drought pre-treatment using PEG increased the thickness of the pericarp and its post-harvest life, which may indicate the maintenance of the effects of initial stress in all stages of vegetative and reproductive growth. It has been reported that cold stress directly affects the growth potential of plants that interfere with the proper production of plants by disrupting metabolic reactions and indirectly by preventing the absorption of water by plants and oxidative stress (Hussain et al., 2018). In the present study, pre-treatment of drought reduced the destructive effects of chilling stress on fruit size. These results show that pre-treatment of drought (especially 10% PEG) had a significant effect on increasing fruit size and preventing its fruit yield reduction due to cold treatment. Similarly, Paradosi et al. (1987) reported that water stress in tomato plants increased its tolerance to cold and maintained the growth of tomato plants and its yield in cold greenhouse conditions. So far, there have been no reports of interactions between environmental stresses on fruit size, but the

1- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
(*- Corresponding Author Email: F.ghanbari@ilam.ac.ir)

2- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran

effects of drought stress on tomato fruit have been studied.

Conclusion: In general, the results of this experiment showed that the effects of drought pre-treatment on seedling remain in the next stages of tomato growth and can have beneficial effects on growth and yield of tomato in field conditions.

Keywords: Blossom end rot, Chilling, Cross-tolerance, Hardening, Stress



مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر رژیم آبیاری و هرس سبز بر برخی صفات کیفی، فیزیولوژیک و عملکرد انگور رقم یاقوتی

منصور فاضلی رستم پور^{*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱

چکیده

با هدف بررسی تأثیر تیمارهای تنش خشکی و هرس سبز بر برخی صفات کیفی، فیزیولوژیک و عملکرد انگور رقم یاقوتی آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در منطقه سیستان با اقلیم خشک و گرم انجام شد. رژیم آبیاری با ۳ سطح شامل تامین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی براساس تبخیر و تعرق پتانسیل درختچه انگور به عنوان کرت اصلی و هرس سبز با ۳ سطح شامل شاهد یا عرف محل یا عدم هرس سبز (P_1)، هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه (P_2) و هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه به علاوه هرس شاخه‌های سبز بدون محصول و شاخه‌های نرک (P_3) به عنوان عامل فرعی بود. با کاهش مصرف آب از ۱۰۰ به ۷۵ درصد نیاز آبی انگور، صفات محتوای نسبی آب برگ، اسیدیته آب میوه، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ و عملکرد میوه به ترتیب به میزان ۱۰/۱، ۶/۵، ۸/۶، ۱۱ و ۱۸/۸ درصد کاهش و همچنین صفات پرولین، قندهای محلول و نفوذپذیری نسبی غشاء انگور به ترتیب ۶۷/۳، ۸/۷۵ و ۴۴/۸۴ درصد افزایش یافت. تیمار P_3 نسبت به شاهد (P_1)، صفات محتوای نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل، و عملکرد میوه را به ترتیب به میزان ۱۴/۷، ۱۲/۲ و ۲۵ درصد افزایش و همچنین صفات پرولین، قندهای محلول، نفوذپذیری نسبی غشاء، اسیدیته آب میوه و شاخص سطح برگ انگور را به ترتیب ۱۸/۳۴، ۱۲/۱، ۶/۸، ۸/۳ و ۲۱/۳ درصد کاهش یافت. نتایج نشان داد که تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی انگور به همراه هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه به علاوه هرس شاخه‌های سبز بدون محصول و شاخه‌های نرک بیشترین عملکرد انگور به میزان ۷۷۹۷ کیلوگرم در هکتار تولید کرد. به طور کلی می‌توان گفت که اعمال هرس سبز می‌تواند منجر به صرفه جویی ۲۵ درصد آب مصرفی انگور یاقوتی بدون کاهش عملکرد شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته آب انگور، سطح برگ، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ

مقدمه

آبیاری این مشکل را مدیریت نمایند. سازوکارهای مقاومت به خشکی در انگور شامل کاهش سطح برگ، افزایش اندام‌های ذخیره‌ای گوشتی، توانایی بالای حفظ و نگهداری آب، تراکم روزنه بالا، کاهش هدایت روزنه‌ای، تنظیم اسمزی و استفاده از منابع آبی موجود در آپوپلاست برای حفظ فعالیت‌های متابولیکی گزارش شده‌اند (۱۰). تنش شدید خشکی باعث کندی رشد، تاخیر در رسیدگی میوه، کاهش کیفیت میوه، به هم خوردن تناسب تعداد برگ و میوه و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (۱۱). کم آبیاری یک راهکار بهینه برای تولید محصولات کشاورزی در شرایط کم آبی است گرچه همراه با کاهش محصول در واحد سطح می‌باشد (۲۲). در کم آبیاری بطور آگاهانه به گیاهان اجازه داده می‌شود با دریافت آب کمتر از نیاز، محصول خود را کاهش غیر معنی‌دار دهند (۱۰). کم آبیاری در تاکستان‌های ناحیه خشک جنوب غربی چین به عنوان راهکاری مناسب برای کاهش مصرف آب، بهبود کارایی مصرف آب و افزایش کیفیت محصول بدون کاهش عملکرد توصیه شده است. با اعمال کم آبیاری در انگور و تحت

انگور (*Vitis vinifera* L.) مهم‌ترین محصول باغی منطقه سیستان است. انگور یاقوتی قرمز رقم غالب تاکستان‌های سیستان و جزء انگورهای بی دانه است که به مصرف تازه خوری می‌رسد. مهم ترین ویژگی انگور یاقوتی قرمز سیستان زودرسی و نوبرانه بودن آن است. سطح زیر کشت انگور در دنیا و ایران به ترتیب ۷۵۳۴ و ۲۲۳ هزار هکتار و میزان عملکرد انگور به ترتیب ۷۳/۳ و ۱/۹ میلیون تن در سال ۲۰۱۷ بوده است (۳۱). برداشت انگور یاقوتی در این استان از اواخر اردیبهشت آغاز و تا پایان خرداد ادامه می‌یابد (۲۵). در چند سال اخیر مشکل کم آبی سیستان تهدید جدی برای تولید انگور است، به‌طوری که انگورکاران منطقه ناگزیرند با کاهش حجم و دفعات

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
(Email: Mansour_fazeli@yahoo.com) نویسنده مسئول:
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i1.83688

سیستم آبیاری قطره ای می‌توان بدون کاهش معنی‌دار عملکرد، ضمن بهبود صفات کیفی میوه با کاهش ۵۰ درصدی مصرف آب، کارایی مصرف آب را دو برابر افزایش داد (۸).

تحت تنش خشکی پتانسیل آب برگ به طور شدید کاهش یافته که برای سازگاری با این شرایط اسمولیت‌هایی از جمله پرولین در برگ تجمع می‌یابند. افزایش و تجمع پرولین در برگ‌های تحت تنش به علت افزایش سنتز و کاهش اکسیداسیون است. در گیاهان تجمع اسمولیت‌هایی همچون پرولین و قندهای محلول باعث پایداری غشاء سلولی و جلوگیری از غیر فعال شدن آنزیم‌ها می‌گردد (۲۰). افزایش قندهای محلول در سلول‌های گیاهی سبب کاهش پتانسیل اسمزی و متعاقباً پتانسیل آبی شده و جذب آب به درون سلول‌ها را آسان می‌سازد (۳۲). اسماعیل زاده و همکاران (۱۲) گزارش کردند که در دور آبیاری ۳ و ۱۵ روز میزان محتوای نسبی آب برگ انگور یاقوتی به ترتیب برابر با ۸۵/۸ و ۶۶/۱، میزان پرولین برابر با ۴۷/۰۷ و ۱۳۴/۳۹ میکرومول بر گرم وزن تر، میزان قندهای محلول به ترتیب برابر با ۳/۸ و ۴/۰۹ و میزان کلروفیل کل به ترتیب برابر با ۱۰/۹۶ و ۸/۶۶ بود. در تنش خشکی نفوذپذیری نسبی غشاء افزایش می‌یابد (۱). برای پی بردن به میزان خسارت اکسیداتیو وارد شده به فسفولیپیدهای غشای پلاسمایی بر اثر پراکسیداسیون ناشی از رادیکال‌های آزاد، اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها یکی از بهترین روش‌ها می‌باشد.

تاک انگور را باید هر سال هرس کرد زیرا از یک طرف میوه روی شاخه‌های یکساله تولید می‌شود و از طرف دیگر دارای رشد رویشی بسیار زیادی است و این امر باعث ایجاد رقابت شدید بین رشد رویشی و زایشی آن می‌شود (۳۸). منظور از هرس سالیانه انگور ایجاد تعادل بین ریشه و شاخساره بوته است تا میوه کافی و با کیفیت تولید کرده و همچنین زمینه رشد بوته و تولید میوه کافی در سال آینده نیز فراهم شود. هرس سبز یا تابستانه مکمل هرس زمستانه است و در فصل رشد انجام می‌گیرد. هرس سبز باعث افزایش میزان نورگیری و میکروکلیمای داخل تاج شده و در نتیجه به میزان زیادی بر رشد، عملکرد و کیفیت خوشه‌ها تأثیر می‌گذارد و هر چه دریافت نور در تاک بیشتر باشد، کمیت و کیفیت میوه انگور افزایش خواهد یافت (۲۳). حذف سرشاخه‌ها در اوایل دوره‌ی گلدهی، از رشد طولی ساقه جلوگیری کرده و مواد غذایی که باید صرف رشد رویشی گردند موقتاً به سمت گل‌ها تغییر جهت می‌دهد (۳۵). نجاتیان و رسولی (۳۰) گزارش کردند هرس سبز یک تا دو هفته پس از ظهور خوشه‌ها، نتیجه بهتری را در تقویت و جلوگیری از ریزش بی‌مورد گل‌ها دارد. گزارش شده که نوک شاخه‌های در حال رشد، محل مصرف قوی مواد غذایی حاصل از فتوسنتز هستند و با خوشه‌ها رقابت می‌کنند (۹). نتایج آزمایش کرمی (۲۲) نشان داد که در انگور رقم شیرازی، در شرایط دیم و روش تربیت خزنه، بهترین روش هرس، روش مختلط با نگهداری

یک شاخه‌ی شش جوانه‌ای به عنوان شاخه بارده و یک شاخه دو جوانه‌ای به عنوان شاخه جایگزین است. در پژوهشی، انجام هرس سبز ۴ تا ۱۰ جوانه بالای خوشه نسبت به سایر تیمارها از نظر بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی انگور عسکری برتری داشت (۲۴). پونی و همکاران (۳۴) گزارش کردند که هرس سبز شاخه‌های انگور از بالای گره‌ی پنجم بعد از آخرین خوشه تأثیر زیادی در افزایش کمیت و کیفیت محصول انگور دارد. کاووسی و حسن پور (۲۴) گزارش کردند که کمبود رطوبت باعث کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی و در نتیجه پیری برگ‌ها شده و از طرف دیگر زیادی آبیاری نیز باعث رشد رویشی و کاهش مواد قندی و فنولی انگور می‌گردد. سطوح شدت هرس تأثیر بارزی بر باردهی انگور رقم عسکری داشته و هرس سبک موجب کاهش درصد مواد جامد محلول حبه‌ها شده اما اثر شدت هرس بر مقدار اسید و pH میوه معنی‌دار نبود. در این آزمایش با افزایش تعداد جوانه در هر شاخه (تا دوازده جوانه) عملکرد افزایش اما کیفیت میوه به ویژه از نظر درصد مواد جامد محلول میوه کاهش یافت (۲۲). کاووسی و همکاران (۲۳) در بررسی تأثیر شدت‌های مختلف سربرداری شاخه‌های بارور بر عملکرد و بهبود کیفیت میوه‌ی انگور رقم عسکری نتیجه گرفتند که تیمار سربرداری به طور معنی‌داری موجب افزایش درصد مواد جامد محلول و اسیدیته آبمیوه گردید. با توجه به این‌که بوته‌های انگور یاقوتی در سیستان به دلیل شدت تشعشع بالا و طوفان‌های شدید به روش خزنه (روش سنتی) تربیت می‌شوند. بنابراین کیفیت بعضی از خوشه‌ها به دلیل عدم دریافت نور کافی کاهش می‌یابد. با توجه به این‌که انگور یاقوتی مهم ترین محصول باغی منطقه سیستان است و از طرفی کم آبی و خشکسالی مشکل مهم این منطقه است بنابراین با هدف بررسی واکنش کیفی، فیزیولوژیک و عملکرد انگور یاقوتی به کم آبیاری و هرس سبز، این آزمایش در منطقه سیستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در یک تاکستان تحقیقی-ترویجی واقع در شهرستان زهک با عرض جغرافیایی ۳۰/۵۷ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۶۱/۴۱ درجه شرقی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا و با اقلیم خشک و تابستان گرم و طولانی انجام شد. آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در منطقه سیستان انجام شد. رژیم آبیاری با ۳ سطح شامل تامین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی براساس تبخیر و تعرق پتانسیل درختچه انگور به عنوان کرت اصلی و هرس سبز با ۳ سطح شامل شاهد یا عرف محل یا عدم هرس سبز (P_1)، هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه (P_2) و هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه به علاوه

کاملاً خرد شدند. سپس ۰/۵ گرم از پودر برگ‌ها در داخل هاون چینی با ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد کاملاً له گردید. ۵ میلی لیتر معرف نین هیدرین به نمونه‌ها اضافه شد. پس از آن فاز بالایی که محتوی بنزن و پرولین می‌باشد جدا شده و شدت جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد.

قندهای محلول در مرحله شروع برداشت با استفاده از روش اریگوین و همکاران (۱۸) اندازه‌گیری شد. ابتدا برگ‌های گیاه با استفاده از آسیاب کاملاً خرد شدند. سپس ۰/۵ گرم از پودر برگ‌ها در داخل هاون چینی با ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد کاملاً له گردید. یک میلی لیتر از عصاره استخراج شده را با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر دو بار تقطیر مخلوط کرده و به وسیله شیکر به هم زده و ۵ میلی لیتر معرف نین هیدرین به نمونه‌ها اضافه شد. ۰/۱ میلی لیتر از عصاره تهیه شده با ۳ میلی لیتر آنترن مخلوط شد. پس از آن میزان جذب با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید.

میزان نفوذ نسبی غشای سلول‌های برگ براساس روش باجی و همکاران (۴) اندازه‌گیری شد. از برگ انتهایی کامل شده هر گیاه سه دیسک با قطر ۱ سانتی متر بریده شد. بلافاصله دیسک‌ها درون لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر دیونیزه قرار داده شد. پس از گرداب نمونه‌ها به مدت ۳ ثانیه، هدایت الکتریکی اولیه هر نمونه اندازه‌گیری شد (EC_0). نمونه‌ها سپس به مدت ۲۴ ساعت در ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و مجدداً هدایت الکتریکی آن اندازه‌گیری شد (EC_1). در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و پس از خنک شدن در دمای اتاق هدایت الکتریکی آن اندازه‌گیری شد (EC_2). سپس نفوذپذیری نسبی غشا با استفاده از رابطه محاسبه شد.

$$RMP(\%) = \frac{(EC_1 - EC_0)}{(EC_2 - EC_0)} \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

جهت تعیین عملکرد، پس از برداشت، نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شده و به آزمایشگاه انتقال داده شد. همچنین دو هفته قبل از برداشت محصول، سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ اندازه‌گیری شد.

جهت تجزیه و تحلیل آماری، پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و با استفاده از رویه GLM انجام شد (۲۷). تجزیه واریانس مربوط به ۲ سال وقتی انجام شد که آزمون بارتلت همگنی واریانس‌ها را تایید نمود. مقایسات میانگین نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. مقایسات مربوط به برهمکنش‌ها با استفاده از آزمون LSMeans در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رگرسیون چندگانه خطی برای تعیین روابط محتوی نسبی آب برگ، پرولین، قندهای محلول، نفوذپذیری نسبی غشاء، شاخص کلروفیل و سطح

هرس شاخه‌های سبز بدون محصول و شاخه‌های نرک (P_3) به عنوان عامل فرعی بود. زمان اعمال هرس سبز مرحله آبیگری حبه‌ها بود. بوته‌ها به شکل خزنده و کوتاه تربیت شده، کود حیوانی و کودهای ماکرو بصورت یکنواخت در تاکستان توزیع شده، بوته‌ها از نظر سن و قدرت رشد یکنواخت و با فاصله ۳×۳ کشت شده بودند.

خاک زمین آزمایش دارای بافت لومی-شنی و دارای هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۱/۴۶ دسی زیمنس بر متر و pH آن برابر ۸/۴ بود. نیاز آبی انگور به کمک روش فائو با استفاده از آمار تبخیر از تشتک کلاس A و با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شد. سپس با در نظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد برای پخش آب در تاکستان، آبیاری انجام شد. در این روش برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز انگور از مرحله تورم جوانه‌ها تا رسیدگی کامل خوشه‌ها، ابتدا تبخیر از تشتک روزانه (E_p) از اداره هواشناسی اخذ و سپس در ضریب تشتک ضرب شد (K_{pan}). حاصل ضرب این دو مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) بود. سپس با اعمال ضریب گیاهی (K_c) پتانسیل نیاز آبی انگور تعیین گردید (۳۳). مقدار K_c عبارت بود از: ۰/۳ در ابتدای مرحله تشکیل جوانه، ۰/۷ در مرحله تشکیل حبه، ۰/۸۲ در مرحله تغییر رنگ و ۰/۸ در مرحله رسیدن خوشه انگور در نظر گرفته خواهد شد (۴۱).

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$ET_0 = K_{pan} \times E_p \quad (\text{رابطه ۲})$$

ET_0 ، K_{pan} و E_p به ترتیب تبخیر و تعرق گیاه مرجع، ضریب تشتک (۰/۷۵) و تبخیر از تشتک بود (۵).

محتوی نسبی آب برگ (RWC) در مرحله دو هفته قبل از برداشت روز قبل از آبیاری و در برگ‌های انتهایی کامل شده در ۳ بوته اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری بین ساعت ۸ تا ۹ صبح انجام و بلافاصله نمونه‌ها در کلمن حاوی یخ قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها وزن شده (W_f)، سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شده و وزن گردید (W_t). در مرحله بعد به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۲ درجه سلسیوس در آون قرار گرفته و وزن شد (W_d) سپس محتوی نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۳ اندازه‌گیری شد (۳۷):

$$LRWC(\%) = \frac{W_f - W_d}{W_t - W_d} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

اسیدیته آب انگور با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (۲۲). شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (Minolta SPAD-502) تعیین شد (۷).

پرولین در مرحله شروع برداشت با استفاده از روش اریگوین و همکاران (۱۸) اندازه‌گیری شد. ابتدا برگ‌های گیاه با استفاده از آسیاب

برگ با عملکرد استفاده شد. آنالیز رگرسیون چندگانه خطی براساس
 $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_kx_k + e$
 مدل آماری زیر انجام شد (۱۶):
 y متغیر وابسته، b متغیرهای مستقل از ۱ تا k و e خطا یا باقیمانده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر رژیم آبیاری و هرس سبز بر محتوای نسبی آب برگ، پرولین، قندهای محلول، نفوذپذیری نسبی غشاء، اسیدیته آب میوه، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ و عملکرد میوه انگور رقم یاقوتی

Table 1- ANOVA for the effect of irrigation regime and green pruning on relative water content (RWC), proline (Pr), Soluble Sugar (SIS), relative membrane permeability (RMP), acidity (pH), Chlorophyll index, leaf area (LA) and fruit yield (Y) of grapevine cv. Yaghooti

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares							
		محتوای نسبی آب برگ RWC	پروکلین Pr	قندهای محلول SIS	نفوذپذیری نسبی غشاء RMP	اسیدیته آب میوه pH	شاخص کلروفیل CI	سطح برگ LA	عملکرد Y
سال Year (Y)	1	96 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.43 ^{ns}	9.63 ^{ns}	0.12 ^{ns}	8.96 ^{ns}	216 ^{ns}	2859394 ^{ns}
خطای ۱ r(y)	4	114.26	0.65	1.86	9.62	0.04	1.83	45.15	376588
آبیاری Irrigation (I)	2	969.79 ^{**}	182.75 ^{**}	39.67 ^{**}	878.89 ^{**}	1.1 [*]	244.74 ^{**}	330.19 ^{**}	23682526 ^{**}
سال×آبیاری Y×I	2	19.18 ^{ns}	1.06 ^{ns}	0.29 ^{ns}	6.1 ^{ns}	0.005 ^{ns}	43.28 ^{ns}	32.06 ^{ns}	1566853 ^{ns}
خطای ۲ r(yi)	8	31.98	2.09	4.53	13.46	0.23	20	59.17	1114452
هرس P	2	494 ^{**}	10.11 ^{**}	21.12 ^{**}	41.1 ^{**}	0.34 [*]	54.31 ^{**}	737.95 ^{**}	7309619 ^{**}
آبیاری×هرس I×P	4	66.7 ^{ns}	0.22 ^{ns}	5.94 ^{**}	2.79 ^{ns}	0.08 ^{ns}	2.65 ^{ns}	49.94 [*]	936958.61 ^{**}
سال×هرس Y×P	2	38.9 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.17 ^{ns}	2.72 ^{ns}	0.05 ^{ns}	9.41 ^{ns}	1.06 ^{ns}	1196738 ^{ns}
سال×آبیاری×هرس Y×A×B	5	26.3 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.13 ^{ns}	3.42 ^{ns}	0.03 ^{ns}	2.15 ^{ns}	8.36 ^{ns}	140272 ^{ns}
خطای آخر Error	23	25.86	0.21	0.82	4.6	0.09	6.03	15.45	267329.50
ضریب تغییرات CV%		6.5	6	5.4	6.9	9.17	8.2	7.3	9

^{ns}, ^{*} و ^{**} به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

^{ns}, ^{*} and ^{**} not significant, significant at 0.05 and significant at 0.01 probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات محتوای نسبی آب برگ، پرولین، نفوذپذیری نسبی غشاء، اسیدیته آب میوه و شاخص کلروفیل تحت تاثیر رژیم آبیاری (براساس تبخیر و تعرق پتانسیل) و هرس سبز در انگور رقم یاقوتی

Table 2- The means comparison for relative water content (RWC), proline (Pr), relative membrane permeability (RMP), acidity (pH) and Chlorophyll under irrigation regime (based on the potential evapotranspiration) and green pruning of grapevine cv. Yaghooti

تیمار treatment	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	پروлін PR ($\mu\text{m g}^{-1} \text{fw}$)	نفوذپذیری نسبی غشاء RMP (%)	اسیدیته آب میوه PH	شاخص کلروفیل CI
آبیاری Irrigation					
100	86.1 ^a	4.56 ^c	20.54 ^c	3.49 ^a	33.42 ^a
75	77.4 ^b	7.63 ^b	29.75 ^b	3.26 ^{ab}	30.54 ^a
50	71.5 ^c	10.93 ^a	35.89 ^a	3 ^b	26.1 ^b
هرس سبز Green pruning					
1*	72.7 ^c	8.46 ^a	29.81 ^a	3.39 ^a	28.37 ^b
2*	79.3 ^b	7.7 ^b	28.62 ^{ab}	3.25 ^{ab}	29.87 ^b
3*	83 ^a	6.96 ^c	27.75 ^b	3.11 ^b	31.83 ^a

میانگین‌های صفاتی که در هر ستون دارای حرف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند

Means followed by the same letters in each column are not significant according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

*۱- عدم اعمال هرس سبز ۲- هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه ۳- هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه به علاوه هرس شاخه‌های سبز بدون محصول و شاخه‌های نرک

*1-no green pruning 2-pruning of green branches from above sixth leaf above the last cluster 3- pruning green branches from the top of the sixth leaf above the last cluster plus pruning of green branches without crop and water sprouts.

نتایج و بحث

عامل مهمی در توقف تقسیم یاخته‌ای، رشد اندام‌های گیاه و ساخت پروتئین نیز می‌شود (۱۳).

پروлін (میکرومول بر گرم وزن تر): اثر ساده تیمارهای رژیم آبیاری و هرس بر میزان پروлін در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کم‌ترین (۴/۵۶) میکرومول بر گرم وزن تر) و بیش‌ترین (۱۰/۹۳) میکرومول بر گرم وزن تر) میزان پروлін مربوط به تامین ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ۲). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی انگور باعث افزایش ۳۰/۲ و ۵۸/۳ درصدی میزان پروлін برگ نسبت به شاهد شد. کم‌ترین (۶/۹۶) و (۸/۴۶) بیش‌ترین مقدار پروлін برگ مربوط به سطح تیمار هرس P_1 و P_3 بود (جدول ۲). سطح تیمار هرس P_2 و P_3 نسبت به P_1 (شاهد) باعث کاهش ۸/۹۸ و ۱۳/۹ درصدی پروлін برگ شد. تنش خشکی منجر به انسداد روزنه‌ای و کاهش در سرعت تعرق، پتانسیل آب بافت‌های گیاهی، رشد و فتوسنتز می‌شود. در این شرایط گیاه با منفی‌تر کردن پتانسیل آب خود، توانایی جذب آب را افزایش داده و تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند پروлін جذب آب را تداوم بخشیده و پایداری غشاء را منجر می‌گردد (۲۱). پروлін در گیاهان به عنوان یک اسمولیت نقش تنظیم اسمزی را ایفا می‌کند. پروлін به ثبات ساختاری ریز یاخته‌ای، خنثی کردن رادیکال‌های آزاد و کاهش پتانسیل اکسیداسیون و احیای یاخته‌ای در شرایط تنش کمک می‌کند (۳).

محتوای نسبی آب برگ (درصد):

اثر ساده تیمارهای رژیم آبیاری و هرس سبز بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین (۸۶/۱) درصد و کم‌ترین (۷۱/۵) درصد میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به تامین ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ۲). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی انگور باعث کاهش ۱۰/۱ و ۱۷ درصدی محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد شد. بیش‌ترین (۸۳) درصد و کم‌ترین (۷۲/۷) درصد محتوای نسبی آب برگ مربوط به سطح تیمار هرس P_1 و P_3 بود (جدول ۲). سطح تیمار هرس P_2 و P_3 نسبت به P_1 (شاهد) باعث افزایش ۴/۸ و ۱۲/۴ درصدی محتوای نسبی آب برگ شد. آران و همکاران (۲) گزارش کردند که تنش خشکی منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ انگور یاقوتی می‌شود. نجاتیان و رسولی (۳۰) گزارش کردند در مناطق گرم، سرزنی شاخه‌های دارای محصول و حذف کامل شاخه‌های بدون خوشه انگور به منظور محدود کردن عمل تبخیر و بالا بردن ارزش کمی و کیفی خوشه‌ها بهترین نتیجه را دارد. با بروز تنش خشکی، محتوای نسبی آب انگور به سرعت پایین می‌آید (۱۲). محتوای آب نسبی برگ همبستگی مثبت و زیادی با هدایت روزنه‌ای دارد (۳). کاهش هدایت روزنه‌ای نیز منجر به کاهش فتوسنتز می‌گردد (۱۹). افزون بر تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، کاهش پتانسیل آب

اسمزی و تداوم جذب آب توسط گیاه تجمع می‌یابند. افزایش میزان تجمع قندهای محلول تا حد زیادی می‌تواند از اختلال در غشای یاخته‌ای جلوگیری کند (۶). تجمع قندهای محلول به دنبال افزایش در فعالیت آنزیم اینورتاز طی تنش است (۱۲). در نتیجه تنش خشکی ناشسته بیشتری به قند تبدیل می‌شود و از سوی دیگر به دلیل کاهش رشد رویشی مواد غذایی و مواد قندی کم‌تری صرف رشد رویشی می‌شود (۲۱).

قندهای محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر): اثر ساده تیمارهای رژیم آبیاری، هرس و برهمکنش آبیاری و هرس بر میزان قندهای محلول برگ انگور یاقوتی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میزان قندهای محلول مربوط به تیمار تامین ۵۰ درصد نیاز آبی در همه سطوح هرس بود (جدول ۳). همچنین کم‌ترین میزان قندهای محلول (۱۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در سطح P₃ هرس بود. در اثر تنش خشکی قندهای محلول مانند ساکارز، فروکتوز و گلوکز در راستای تنظیم

جدول ۳- برهمکنش رژیم آبیاری و هرس سبز برای صفات قندهای محلول، شاخص سطح برگ و عملکرد میوه در انگور رقم یاقوتی
Table 3- The interaction effects of irrigation regime and green pruning for Sluble Sugar (SIS), leaf area (LA) and fruit yield (Y) of grapevine cv. Yaghooti

تیمار Treatment صفت Trait	I ₁			I ₂			I ₃		
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃
قندهای محلول SIS (mg g ⁻¹ fw)	17.4 ^{bc}	15.2 ^e	13 ^f	17 ^{bc}	16.3 ^{cde}	16.1 ^{de}	18.7 ^a	18.2 ^{ab}	17.6 ^{ab}
سطح برگ LA (cm)	62.6 ^a	57.5 ^{ab}	54.9 ^{bc}	57.9 ^{ab}	52.2 ^d	46.1 ^e	60 ^a	49.2 ^d	41.1 ^f
عملکرد Y (kg ha ⁻¹)	5949 ^c	7077 ^b	7797 ^a	4812 ^d	5740 ^c	6356 ^c	4508 ^d	4520 ^d	4936 ^d

میانگین‌های صفات که در هر ستون دارای حرف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

I₁: آبیاری براساس ۱۰۰ I₂: ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی براساس تبخیر و تعرق پتانسیل.

هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه به علاوه هرس شاخه‌های P₃: هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه P₂: عدم اعمال هرس سبز P₁: Means followed by the same letters in each column are not significant according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

1: Irrigation basis 100% I₂: 75% I₃: 50% evapotranspiration potential.

P₁: no green pruning P₂: pruning of green branches from above the sixth leaf above the last cluster P₃: pruning green branches from the top of the sixth leaf above the last cluster plus pruning of green branches without crop and water sprouts.

نسبت به P₁ یا شاهد باعث کاهش ۱۱/۱ و ۳۶/۷ درصدی نفوذپذیری نسبی غشاء شد. اسدی و همکاران (۳) گزارش کردند که تنش خشکی منجر به نشت الکترولیت و از بین رفتن استحکام غشای یاخته‌ای، کاهش خاصیت نفوذپذیری انتخابی غشاء و حتی غشای کلروپلاستی می‌شود (۲). در این شرایط یاخته‌های گیاهی چروکیده شده و دیواره یاخته‌ای پایداری و توسعه خود را از دست می‌دهد و افزون بر غیرفعال شدن پروتئین‌های غشا و پراکسیداسیون چربی‌ها، نفوذپذیری غشای یاخته‌ای نیز افزایش می‌یابد که منجر به نشت الکترولیت می‌شود. نشت یونی از شاخص‌های میزان آسیب اکسایشی به شمار می‌آید که در مهم‌ترین واکنش‌های گیاه به تنش‌های غیرزنده است (۱۴)

نفوذپذیری نسبی غشاء (درصد): اثر ساده تیمارهای رژیم آبیاری و هرس بر نفوذپذیری نسبی غشاء در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کم‌ترین (۲۰/۵۴ درصد) و بیش‌ترین (۳۵/۸۹ درصد) میزان نفوذپذیری نسبی غشاء مربوط به تامین ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ۲). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی انگور باعث افزایش ۱۱/۱۵ و ۳۶/۳۷ درصدی میزان نفوذپذیری نسبی غشاء نسبت به شاهد شد. همچنین بیش‌ترین نفوذپذیری نسبی غشاء (۲۹/۸۱ درصد) مربوط به سطح تیمار هرس P₁ بود (جدول ۲). ضمن این که بین سطوح تیمار هرس P₁ با P₂ و P₃ با P₂ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. سطح P₂ و P₃ تیمار هرس

فعال می‌شود (۲۹).

سطح برگ (سانتی‌متر): اثر ساده تیمارهای رژیم آبیاری،

هرس و برهمکنش آبیاری و هرس بر سطح برگ انگور یاقوتی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین سطح برگ (۶۲/۶ سانتی‌متر) مربوط به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در شرایط بدون هرس بود (جدول ۳). همچنین کم‌ترین سطح برگ (۴۱/۱ سانتی‌متر) مربوط به تیمار تامین ۵۰ درصد نیاز آبی در سطح هرس P₃ بود. گزارش شده که واکنش تاک انگور به کمبود آب شامل کاهش گسترش برگ‌ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز و عملکرد است (۲۸)، یکی از راهکارهای گیاه در رویارویی با تنش خشکی، کاهش رشد رویشی از طریق کاهش اندازه و تعداد برگ‌ها به دلیل کاهش پتانسیل آب گیاه و تورژسانس سلول‌هاست. با کاهش رشد رویشی میزان سطح تبخیر و تعرق گیاه کاهش یافته و در نتیجه گیاه می‌تواند محتوی نسی آب خود را حفظ نماید (۱۳). در این شرایط میزان فتوسنتز و کربوهیدرات تولیدی برای رشد و تولید عملکرد کاهش می‌یابد (۴۰). از طرف دیگر هرس سبز می‌تواند در این وضعیت به تاک مو کمک کرده و ضمن حفظ پتانسیل آب جهت مصرف کربوهیدرات را از سرشاخه‌ها به سمت خوشه‌ها تغییر دهد (۳۵).

عملکرد انگور (کیلوگرم در هکتار): اثر ساده تیمارهای

رژیم آبیاری، هرس و برهمکنش آبیاری و هرس بر عملکرد انگور یاقوتی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میزان عملکرد انگور (۷۷۹۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در سطح هرس P₃ بود (جدول ۳). همچنین کم‌ترین عملکرد انگور (۴۵۰۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار تامین ۵۰ درصد نیاز آبی در سطح هرس P₃ بود. طاهرخانی و گلچین (۴۰) گزارش کردند که اثر متقابل آبیاری و هرس بر عملکرد معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد انگور مربوط به تیمار کاهش آبیاری (آبیاری یک طرفه به جای آبیاری دو طرفه) و همچنین کاهش سطح برگ از طریق هرس سرزنی بود. همچنین بیان داشتند که آب زیاد باعث متراکم شدن تاج و در نتیجه سایه اندازی بیشتر شده و عملکرد انگور کاهش می‌یابد (۱۴). معمولاً در شرایط کم آبیاری حجم سلول‌های میوه کم‌تر از شرایط طبیعی بوده و همچنین بدلیل رشد رویشی کم، سطح برگ کم تاک مقدار مواد فتوسنتزی نسبت به شرایط آبیاری کامل، کاهش یافته و در نتیجه عملکرد در شرایط تنش کم آبی کاهش می‌یابد (۱۰). صادقان و همکاران (۳۵) گزارش کردند که در هرس سبز، قسمت‌های انتهایی شاخه که به عنوان محل مصرف عمل کرده و در واقع نقش چشمگیری در فتوسنتز ندارند، حذف شده و مواد غذایی به طور متعادل بین خوشه‌ها تقسیم می‌شود.

آنالیز رگرسیون چندگانه خطی نشان داد که سطح برگ (LA) و پرولین (Pr) بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد انگور یاقوتی (Yield)

اسیدیته آب میوه: اثر ساده تیمارهای رژیم آبیاری و هرس بر

اسیدیته آب میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کم‌ترین (۳) و بیش‌ترین (۳/۴۹) میزان اسیدیته آب میوه مربوط به تامین ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی بود ضمن این که بین سطح ۱۰۰ و ۷۵ و همچنین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی انگور تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی انگور باعث کاهش ۶/۵ و ۱۴/۱۵ درصدی میزان اسیدیته آب میوه نسبت به شاهد شد. همچنین بیش‌ترین اسیدیته آب میوه (۳/۳۹) مربوط به سطح تیمار هرس P₁ بود (جدول ۲). ضمن این که بین سطوح تیمار هرس P₁ با P₂ و P₂ با P₃ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. سطح تیمار هرس P₂ و P₃ نسبت به P₁ یا شاهد باعث کاهش ۴/۱ و ۸/۳ درصدی اسیدیته شد. کرمی (۲۲) گزارش داد که با افزایش اسمولیت‌های سازگار در شرایط تنش، اسیدیته آب انگور افزایش می‌یابد. افزایش نفوذ نور و کاهش تبخیر در اثر کاهش سطح برگ می‌تواند دلیل کاهش میزان اسیدیته آب میوه در بوته‌های هرس شده نسبت به شاهد باشد. نتایج تحقیقات صادقان و همکاران (۳۵) تایید کننده این مطلب است. اگرچه طاهرخانی و گلچین (۴۰) گزارش کردند که هرس سنگین باعث افزایش اسیدیته آب انگور شد.

شاخص کلروفیل: اثر ساده تیمارهای رژیم آبیاری و هرس بر

شاخص کلروفیل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین (۳۳/۴۹) و کم‌ترین (۲۶/۱) میزان شاخص کلروفیل برگ مربوط به تامین ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ۲). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی انگور باعث کاهش ۸/۶ و ۲۱/۹ درصدی شاخص کلروفیل برگ نسبت به شاهد شد. بیش‌ترین (۳۱/۸) و کم‌ترین (۲۸/۳۷) شاخص کلروفیل برگ مربوط به سطح تیمار هرس P₃ و P₁ بود (جدول ۲). همچنین بین سطح تیمار هرس P₂ با P₃ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. سطح تیمار هرس P₂ و P₃ نسبت به P₁ یا شاهد باعث افزایش ۵/۹۷ و ۱۰/۷ درصدی شاخص کلروفیل برگ شد. نتایج آران و همکاران (۲) نشان داد که شاخص کلروفیل با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافته ضمن این که رقم یاقوتی دارای بیش‌ترین میزان کاهش بود. گونه‌های فعال اکسیژن که در زمان خشکی در گیاه تولید می‌شود سبب تجزیه و تخریب کلروفیل می‌شود (۱۳). تنش خشکی منجر به پیری زودرس گیاه و از بین رفتن غشای کلروپلاستی، که محل اصلی حضور سبزینه‌هاست، می‌شود. افزون بر تخریب غشای کلروپلاستی، صفحه‌های کلروپلاستی تغییر شکل می‌یابند (۳۹). از دلایل عمده دیگر کاهش سبزینه رقابت در ساخت سبزینه و پرولین است زیرا پیش ماده هر دو گلوتامین است (۱۷). گزارش شده که اثر تنش‌های خشکی و شوری، فعالیت آنزیم مسئول ساخت سبزینه یعنی گلوتامات لیگاز را کاهش داده و در مقابل آنزیم گلوتامین کیناز برای تبدیل گلوتامین به پرولین

داشتند. مدل استفاده شده برای برآورد Yield عبارت بود از:

$$\text{Yield} = 11294 - 67.25\text{LA} - 298\text{Pr}$$

به نظر می‌رسد که اهمیت سطح برگ در فتوسنتز و همچنین پرولین در محافظت از گیاه در شرایط تنش خشکی باعث تأثیر معنی‌دار این دو متغیر بر عملکرد شده است. معمولاً اکثر گیاهان در مقابله به تنش خشکی و دمای بالا میزان پرولین را افزایش می‌دهند (۲).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اثرات ساده آبیاری و هرس بر صفات محتوی نسبی آب برگ، پرولین، نفوذ پذیری نسبی غشاء و شاخص کلروفیل تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین اثر متقابل آبیاری و هرس بر صفات قندهای محلول، سطح برگ و عملکرد انگور یا قوتی معنی‌دار بود. کاهش پتانسیل آب انگور باعث پاسخ‌های متفاوت می‌شود (۲). کاهش عملکرد، سطح برگ، شاخص‌های رشدی، محتوی نسبی آب برگ، میزان کلروفیل و تجمع اسمولیت‌های سازگار و تنظیم روزنه‌ای از مهم‌ترین آن‌هاست (۲۶). نوک شاخه‌های در حال رشد، محل مصرف قوی مواد غذایی حاصل از فتوسنتز هستند و با خوشه‌ها رقابت می‌کنند (۹). از طرف دیگر محصول بیش از حد و سایه‌اندازی ممکن است موجب کاهش میزان کربوهیدرات‌ها در بوته‌ی مو گردد. بنابراین

منابع

- Ahmadizadeh M.H., Shahbazi M., Valizadeh M., and Zaefizadeh M. 2011. Genetic diversity of durum wheat landraces using multivariate analysis under normal irrigation and drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research* 6: 2294-2302. (In Persian)
- Aran M., Abedi B., Tehranifar A., and Parsa M. 2017. Effects of drought stress on some morphological and physiological properties of three grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Horticultural Science* 31(2): 315-326. (In Persian)
- Asadi W., Rasouli M., Gholami M., and Maleki M. 2018. Study of some morphological and physiological traits of four varieties grapes (*Vitis vinifera* L.) under water stress. *Iranian Journal of Horticultural Science* 48(4): 977-990. (In Persian)
- Bajji M., Kinet J.M., and Lutts S. 2001. The use of electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance in durum wheat. *Plant Growth Regulation* 1: 1-10.
- Ben-Asher J., Tsuyuki I., Bravdo B.A. and Sagih M. 2006. Irrigation of grapevines with saline water, I. leaf area index, stomatal conductance, transpiration and photosynthesis. *Agricultural Water Management* 83: 13-21.
- Bertamini M., Zulini L., Muthuchelian K. and Nedunchezian, N. 2006. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants. *Photosynthetica* 44: 151-154.
- Bybordi A. 2012. Study effect of salinity on some physiologic and morphologic properties of two grape cultivars. *Life Science Journal*, 9(4): 1092-1101.
- Chaves M.M., Santos T.P., Souza C.R., Ortun M.F., Rodrigues M.L., Lopes C.M., Maroco J.P., and Pereira J.S. 2007. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annual Applied Biology* 150: 237-252.
- Dardeniz A., and Kismali I. 2002. Investigations on the effect of different crop load of Amasya and Cardinal grape cultivars on the yields and qualities of grape and cuttings. *Ege Universitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 39(1): 9-16.
- Dolati Baneh H., and Noorjo A. 2009. Effect of different levels of irrigation and quantitative traits on three grape cultivar Information. *Journal of Pajouhesh-va-Sazandegi* 21: 43-51.
- Du T.S., Kang S.Z., Zhang J.H., Li F.S., and Yan B.U. 2008. Water use efficiency and fruit quality of table grape under alternate partial root-zone drip irrigation. *Agricultural Water Management* 95: 659-668.

با اعمال هرس سبز و قطع سرشاخه‌ها در مرحله مناسب از رشد، ضمن کاهش اثر منفی ناشی از تحریک رشد شاخه‌های جانبی در اثر از بین رفتن غالبیت جوانه انتهایی بر عملکرد، باعث حذف یک محل قوی جذب مواد غذایی می‌شود. این عمل، موجب تغییر مسیر و حرکت فرآورده‌های فتوسنتزی بین اندام‌ها، افزایش انتقال این مواد به گل‌ها و به دنبال آن حبه‌ها می‌شود. در نتیجه، نه تنها از ریزش گل‌ها به علت کمبود مواد غذایی جلوگیری و منجر به بهبود درصد تشکیل میوه می‌شود، بلکه باعث افزایش اندازه حبه‌ها نیز می‌شود. به عبارت دیگر، حذف سرشاخه‌ها تمرکز بیشتر مواد غذایی برای مصرف توسط گل و میوه را در پی داشته (۳۶) یا به عبارت دیگر موجب نفوذ نور کافی به داخل تاج و تهویه‌ی بهتر بوته‌های انگور یا قوتی، به ویژه در روش خوابیده یا خرنده شده و منجر به افزایش عملکرد می‌شود. براساس نتایج به دست آمده در این آزمایش، تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به همراه هرس شاخه‌های سبز از بالای ششمین برگ بالای آخرین خوشه به علاوه هرس شاخه‌های سبز بدون محصول و شاخه‌های نرک بیشترین عملکرد انگور را تولید کرد. ضمن این که برهمکنش تامین ۷۵ درصد نیاز آبی با هرس سبز عملکردی مشابه تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی انگور در شرایط بدون هرس سبز داشت. به عبارت دیگر هرس سبز می‌تواند منجر به صرفه جویی ۲۵ درصد آب مصرفی انگور شود.

- 12- Esmaeilizadeh M., Lotfi Mirdehghan A., S.H., and Shamshiri M.H. 2018. Effects of irrigation intervals on some physiological and biochemical characteristics in four Iranian grapevine cultivars. *Journal of Agricultural Crops Production* 20(1): 1-14. (In Persian)
- 13- Fazeli Rostampour M., Yarnia M., Farokhzadeh Khoee R., Seghatoleslami M.J., and Moosavi G.R. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. *Agronomy Journal* 105(4): 1-9.
- 14- Ghaderi N., Siosemardeh A., and Shahoei S. 2006. The effect of water stress on some physiological characteristics in Rashe and Khoshnove grape cultivars. *Acta Horticulturae* 754: 317-322.
- 15- Gomez Del Campo M., Baeza P., Ruuiz C., and Lissarrague R. 2004. Water stress induced physiological changes in leaves of four container grown grapevine cultivars. *Vitis* 43(2): 99-105.
- 16- Hoshmand A.R. 2006. Design of experiments for agriculture and the natural sciences. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
- 17- Hura T., Hura K., Grzesiak M., and Rezepka A. 2007. Effect of Long-term Drought Stress on Leaf Gas Exchange and Fluorescence Parameters in C3 and C4 Plants. *Acta Physiologiae Plantarum* 29: 103- 113.
- 18- Irigoyen J.J., Emerich D.W., and Sanchez D.M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84: 55-60.
- 19- Jalili Marandi R., Hassani A., Dolati baneh H., Azizi H., and Haji Taghiloo R. 2011. Effect of different levels of soil Moisture on the morphological and physiological characteristics of three grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science* 42: 31-40. (In Persian)
- 20- Jimenez S., Dridi J., Gutiérrez D., Moret D., Irigoyen J.J., Moreno M.A., and Gogorcena Y. 2013. Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiology* 33: 1061-1075.
- 21- Kantar M., Lucas S.J. and Budak H. 2011. Drought Stress: molecular genetics and genomics approaches. *Advances in Botanical Research* 57: 445-493.
- 22- Karami M.J. 2010. Effect of pruning severity and bud number per bearing unit on yield and yield components of rainfed grape cv. Shirazi. *Seed and Plant Production Journal*, 26(1-2): 57 – 67. (In Persian)
- 23- Kavooosi B., Eshghi S., and Tafazoli A. 2009. Effects of cluster thinning and cane topping on balanced yield and fruit quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Askari. 13(48): 15-27. (In Persian)
- 24- Kavooosi B., and Hasanpur B. 2017. Effects of topping date and preharvest irrigation cut-off on some qualitative and quantitative characteristics of table grapes (*Vitis vinifera* L.) Cv. Askari. *Journal of Plant Productions (Scientific Journal of Agriculture)* 41(1): 83-97. (In Persian)
- 25- Kohkan S.A., Ghanbari A., Asgharipour M.R., and Fakheri B.A. 2017. Emergy evaluation of Yaghuti grape of Sistan. *Arid Biome Scientific and Research Journal* 7(2): 73-84. (In Persian)
- 26- Koundouras S., Tsialtas I.T., Zioziou E., and Nikolaou N. 2008. Rootstock effect on the adaptive strategies of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Cabernet-Sauvignon) under contrasting water status, Leaf physiological and structural responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 128: 86-96.
- 27- Littell, R.C., Milliken G.A., Stroup W.W., Wolfinger R.D., and Schabenberger O. 2006. SAS for mixed models. 2d ed. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- 28- Lovisolo C., Perrone I., Carra A., Ferrandino A., Flexas J., Medrano H., and Schubert A. 2010. Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: A physiological and molecular update. *Functional Plant Biology*, 37: 98-116.
- 29- Lovisolo C., Tramontini S., Flexas J., and Schubert A. 2008. Mercurial inhibition of root hydraulic conductance in *Vitis* spp. rootstocks under water stress. *Environmental and Experimental Botany* 63: 178-182.
- 30- Nejatian M.A., and Rasouli V. 2017. Pruning of green grapes. *Agricultural Education Publication*. 1-18. (In Persian)
- 31- OIV (International Organisation of Vine and Wine). 2017. Global economic vitiviniculture data. In: <http://www.oiv.int/public/medias/6371/oiv-statistical-report-on-world-vitiviniculture-2018.pdf>.
- 32- Oliviera-Neto C.F., Silva-Lobato A.K., Goncalves-Vidigal M.C., Costa R.C.L., Santos Filho B.G., Alves G.A.R., Silva Maia W.J.M., Cruz F.J.R., Neres H.K.B., and Santos Lopes M.J. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. *Science and Technology* 7: 588-593.
- 33- Piccinni G., Ko J., Marek T., and Howell T. 2009. Determination of growth-stage- specific crop coefficients (KC) of maize and sorghum. *Agricultural Water Management* 96: 1698-1704.
- 34- Poni S. Lakso A.N. Tvrener J.R. and Melrous R.E. 1993. The effects of pre- and post-veraison water stress on growth and physiology of potted Pinot Noir grapevines at varying crop levels. *Vitis* 32: 207-214.
- 35- Sadeghian F., Seifi E., Dadar A., Alizadeh M., and Sharifani M. 2015. Effect of green pruning on fruit yield and quality in cultivated grape boots of cultivar raisin in climatic conditions of Shirvan. *Journal of Horticultural Science*, 29(2): 232-239. (In Persian)
- 36- Salem A., Kilani A., and Shaker G. 1996. Growth and quality of two grapevine cultivars as affected by pruning severity. *V Temperate Zone Fruit in the Tropics and Subtropics* 441: 309-316.

- 37- Schlemmer M.R., Francis D.D., Shanahan J.F., and Schepers J.S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal* 97: 106–112.
- 38- Shahrokhnia M.A., and Karami M.J. 2017. Effect of different amounts of irrigation water on the yield of Yaghuti grape. *Iranian of Irrigation & Water Engineering* 7(28): 108-122. (In Persian)
- 39- Sofo A., Dichio B., Xiloyannis C. and Masia A. 2005. Antioxidant defenses in olive trees during drought stress: changes in activity of some antioxidant enzymes. *Functional Plant Biology* 2(1): 45-53.
- 40- Taherkhani A., and Golchin A. 2012. The effect of drought stress on yield and quantitative and qualitative traits of seedless white grape cultivar in Takestan region. *Journal of Horticultural Science* 26(2): 215-222. (In Persian)
- 41- Villagra P., de Cortazar V.G., Ferreyra R., Aspillaga C., Zuniga C., Ortega-Farias S., and Chilean G.S. 2014. Estimation of water requirements and Kc values of ‘Thompson Seedless’ table grapes grown in the overhead trellis system, using the Eddy covariance method. *Journal of Agricultural Research* 74(2): 213-218.



The Effect of Irrigation Regime and Green Pruning on Some Qualitative, Physiological Traits and Yield of Yaghooti Grape

M. Fazeli Rostampour^{1*}

Received: 10-11-2019

Accepted: 11-01-2020

Introduction: Yaghooti grape (*Vitis vinifera* L.) is an important variety in Iran and also it is the most important horticultural product of Sistan region. This variety is of interest for economical aspect. Because continuous drought in Sistan region has been a serious threat to the grape production, local farmers have to manage the problem by reducing the volume and irrigation intervals. The canopy plays a key role in radiation energy capture via photosynthesis apparatus, water use as regulated by transpiration, and microclimate of ripening grapes and also grape yield, quality, vigor, and the prevention of grape diseases. Since vines has high vegetative growth makes them compete with the reproductive growth, therefore vines be pruned every year.

Materials and Methods: In order to evaluate the effects of irrigation regime and green pruning on some physiological traits and fruit yield of Yaghooti grape, the present research was conducted in the research and extensional garden of Zahak city during 2017-2018. An experiment was carried out in the form of a split plot based on randomized complete block design with three replications. Three irrigation regimes of 100, 75 and 50 percent of the grape water requirement based on the potential evapotranspiration of grape and green pruning with three levels including the control plot or the local practice of not green pruning (P_1), pruning the green branches starting from the sixth leaf above the last grape bunch (P_2) and pruning the green branches starting from the sixth leaf above the last grape bunch along with green pruning of the green branches without fruit and pruning the unproductive brunches (P_3) were allocated to main and sub-plots, respectively. Yaghooti vines were 8 years old and trained as a traditional system. The vines were spaced 3×3 m. Water requirement of grape was determined according to the FAO method using data from a Class A evaporation pan. The analysis of variance for each variable was performed with the PROC GLM procedure in SAS 9.4. Multiple linear regression was used to determine the relationships of leaf relative water content, proline, soluble sugars, relative membrane permeability, chlorophyll index, and leaf area to fruit yield.

Results and Discussion: By reducing water consumption from 100 to 75% of grape water requirement, leaf relative water content, fruit juice acidity, chlorophyll index, leaf area and fruit yield decreased 10.1, 6.5, 8.6, 11 and 18.8%, respectively and also proline, soluble sugars and relative membrane permeability increased 67.3, 8.75 and 44.84%, respectively. The P_3 treatment compared to control induced an increase in relative leaf water content, chlorophyll index, and fruit yield by 14.7, 12.2 and 25%, respectively as well as a reduction in proline, soluble sugars, relative membrane permeability, fruit juice acidity and leaf area index by 18.34%, 12.1%, 6.8%, 8.3% and 21.3%, respectively. Also the results indicated that providing the 100% of the water requirement combined with pruning the green branches starting from the sixth leaf above the last grape bunch in combination with green pruning of the green branches without fruit and pruning the unproductive brunches (P_3) caused the highest grape fruit yield (7797 kg ha^{-1}). Also the interaction effect of meeting 75% of the water requirement and the green pruning had the same result as that of meeting 100% of water requirement under no green pruning conditions. In other words, the green pruning could result in saving 25% of water used by the grape cv. Yaghooti without reducing fruit yield. The multiple linear regression analysis indicated that proline and leaf area were the most important traits impacting fruit yield in Yaghooti cultivar.

Conclusion: Reducing the water potential of vine causes different responses. The most important are a decrease in number cells of fruit, vegetative growth, leaf area, relative leaf water content, chlorophyll content, fruit yield, and increase in the compatible osmolytes. The growing shoots are a strong sink for the consumption of photosynthetic materials. The above mentioned effect causes an increase in the branch overgrowth and its overshadowing. All this factors compete with vine fruit production. So, green pruning and removal of apical

1- Assistant Professor, Horticultural Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran

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

dominance eliminates a strong place of nutrient absorption. In other words, green pruning results in a greater accumulation being used by flowers and fruits, causing sufficient light penetration into the crown and reducing evapotranspiration, leading to an increased water consumption and fruit yield.

Keywords: Acidity of grape juice, Chlorophyll index, Leaf area, Relative water content

Contents

The Effect of Irrigation Levels on Improvement of Cold Tolerance in Viola Plants under Controlled Conditions	14
A. Oraee - A. Tehranifar- A. Nezami- M. Shoor	
The Effect of Plastic Soil Cover, Dekap and Estimplex Foliar Application on Growth and Some Physio-chemical Characteristics of <i>Ocimum basilicum</i> L.	32
L. Vojodi Mehrabani	
Evaluation of Thamson- Navel Orange Young Trees Resistance to Freezing, Using Carnauba Wax and Glycol Potash	44
S. Taghizadeh - H. Sadeghi- M. Hadadinejad	
The Effect of Different Levels of Urea and Iron Fertilizer Resources on Yield and Quality of Lemon Verbena (<i>Lippia citriodora</i> H. B. K.)	59
M. Heidarzadeh - Gh. Zarei- A. Morovvati	
Effect of Preharvest Spraying of Selenium on Qualitative and Biochemical Characteristics of Grape cv. Fakhri (<i>Vitis vinifera</i> cv. Fakhri)	74
M. Mozaffari - F. Razavi-V. Rabiei- A. Kheiry-A. Hassani	
Investigating the Effect of Wheat and Rice Straw Biochars on Some Strawberry (<i>Fragaria×ananasa</i>) Characteristics	89
A. Ladan Moghadam	
Improvement of Salt Tolerance and Nutrient Absorption in Pepper (<i>Capsicum annum</i>) Through Application of Salicylic Acid and Humic Acid	106
M.K. Shefazadeh Shahrehabki - M. Hosseinifarahi- Gh. Mohamadineia	
Culture Optimization for <i>In Vitro</i> Callogenesis in Purslane (<i>Portulaca oleracea</i>) and Effect of Yeast Extract on Antioxidant Compounds	118
A. Saffaryazdi - A. Ganjeali- R. Farhoosh- M. Cheniany	
The Effect of Nitrogen Form on Chemical Composition and Yield of Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) Cultivars in Soilless Culture	130
A. Beigi Harchegani - Sh. Kiani- A.R. Hosseinpur	
Effect of Bio-fertilizer and Salicylic Acid on Some Physiological Traits of Melon under Salinity Stress	144
H. Nastari Nasrabadi - S.F. Saberali	
Optimization of Micropropagation of <i>Chelidonium majus</i> L. and Study on Total Phenol Content in Different Organs <i>in Vitro</i> Conditions	159
M. Ghasemi - H. Arouiee- P. Azadi- A. Ali Ahmadi	
Response of Iranian Melon Populations to Deficit Irrigation Condition	169
M.R. Naroui Rad - B. Bakhshi- J. Kohpalekani Abbasi- A. Ghasemi- M. Fazeli Rostampour	
Evaluation of Drought and Cold Treatments on Growth and Yield of Tomato in Field Conditions	183
F. Ghanbari - M. Sayyari	
The Effect of Irrigation Regime and Green Pruning on Some Qualitative, Physiological Traits and Yield of Yaghooti Grape	196
M. Fazeli Rostampour	

HORTICULTURAL SCIENCES

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 34

No. 1

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.

Printed by: Ferdowsi University of Mashhad, press.

Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

P.O.BOX: 91775- 1163

Tel: +98-0511- 8795620

Fax: +98-0511- 8787430

E-Mail: Jhorts4@um.ac.ir

Web Site: <http://jm.um.ac.ir>