Journal of Plant Environmental Physiology
ISSN: 7671-2423 (Print), 2783-4689 (Online) http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir

Doi: 10.30495/iper.2021.679536
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.65.2.5

Islamic Azad University
Gorgan Branch

The effect of zinc sulfate and gibberellic acid on gas exchange and performance of white bean (*Phaseolus vulgaris*) under drought stress

Arefeh Abbasi[1], Abbas Maleki[1*], Farzad Babaei[1], Hoshmand Safari[2], Alireza Rangin[3]

[1]Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Islamic Azad University, Ilam Branch, Ilam, Iran, Email: maleki97@yahoo.com

[2]Department of Forests and Rangelands, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Kermanshah, Iran.

[3]Department of Biology, Islamic Azad University, Ilam Branch, Ilam, Iran.

Serial 65, 17th year, Number 1, Spring 2022 (1-19)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received:2019/12/12
Revised: 2020/03/14
Accepted: 2020/04/05

Keywords
Beans
Gibberellin
Irrigation regime
Zinc sulfate
Yield

Abstract

Drought stress is one of the main factors in reducing the performance of various plants, especially legumes. Therefore, it is necessary to use methods that can reduce the effects of stress on plants. In order to investigate the effect of zinc and gibberellin on the biochemical and physiological characteristics of white beans (Phaseolus vulgaris L.) in drought stress conditions, an experiment was carried out in the form of double-plot with a randomized complete block design and three replications in two locations (Islamabad West Research Station, Kermanshah Province, and Khorramabad Research station in Lorestan Province). Experimental factors included irrigation at 3 levels of 60, 90, and 120 mm evaporation from Class A evaporation pan as the main plot, zinc sulfate solution at 4 levels 0, 1.5, 3.5, and 4.5 ml/liter, and 2 levels of Gibberellin spraying were used as sub-plots. Data analysis and comparison of means were performed by Duncan's test 5% level using SPSS software. Results showed that the main effects of drought stress and zinc sulfate foliar application were significant on all traits. Also, the main effect of gibberellin foliar application on all traits was significant except for yield and transpiration rate. The interaction of zinc sulfate, stress, and gibberellin showed significant effects on all properties under study. The highest grain yield was related to the normal irrigation treatment and consumption of 4.5 ml/l of zinc which showed no significant difference from the treatment with moderate stress and consumption of 1.5 ml/l of zinc and the use of gibberellin. It did not make much sense. The lowest grain yield was related to the severe stress treatment and the use of 3.5 milliliters per liter Zn and the gibberellin spraying. In general, seed yield increased both in drought stress and non-stress conditions; therefore, so according to the results it is recommended to consume 4.5 ml/l of zinc sulfate and foliar application of gibberellin to reduce the effects of drought stress in bean cultivation.

Please cite this article as Arefeh Abbasi, Abbas Maleki, Farzad Babaei, Hoshmand Safari, Alireza Rangin. 2022. The effect of zinc sulfate and gibberellic acid on gas exchange and performance of white bean (*Phaseolus vulgaris*) under drought stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 65(1): 1-19.

© 2022. All Rights Reserved

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا: (چاپی) ۲۴۲۳-۷۶۷۱ (آنلاین) ۴۶۸۹-۲۷۸۳، http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir
Doi: 10.30495/iper.2021.679536
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.65.2.5
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

تأثیر عنصر روی و جیبرلیک اسید بر بهبود تبادلات گازی و عملکرد لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris*) با استفاده از دستگاه تحلیل گر گاز مادون قرمز در شرایط تنش خشکی

عارفه عباسی[۱]، عباس ملکی[۱*]، فرزاد بابایی[۱]، هوشمند صفری[۲]، علیرضا رنگین[۳]

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، ایلام، ایران، رایانامه: maleki97@yahoo.com
[۲]گروه جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
[۳]گروه زیست‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام، ایلام، ایران.

سال هفدهم، شماره ۶۵، بهار ۱۴۰۱ / صفحات: ۱۹-۱

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۲۱
تاریخ ویرایش:۱۳۹۸/۱۲/۲٤
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۱۷

واژه‌های کلیدی:
لوبیا
سولفات روی
جیبرلین
رژیم آبیاری
عملکرد

چکیده

تنش خشکی از عوامل اصلی کاهش عمکلرد گیاهانی مختلف بـه خصـوص حبوبـات مـی‌باشـد، بنابراین استفاده از روش‌هایی که بتواند اثر سوء تنش بر گیاه را کاهش دهد، ضروی مـی‌باشـد. بـه منظـور بررسـی اثـر روی و جیبـرلین بـر خصوصـیات بیوشـیمیایی و فیزیولـوژیکی لوبیـا سـفید (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش خشکی، آزمایشی در قالب طـرح کرت‌هـای دو بـار خرد شده با پایه‌ی بلوک کامل تصادفی با سه تکـرار در دو مکـان (ایسـتگاه تحقیقـاتی اسـلام‌آباد غرب استان کرمانشاه، و ایستگاه تحقیقاتی خرم‌آباد استان لرستان) انجام شد. فاکتورهای آزمایشـی شامل آبیاری در ۳ سطح ٦۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کـلاس A بـه‌عنوان کـرت اصلی، محلول پاشی سـولفات روی در ٤ سـطح ۰، ۱/۵، ۳/۵ و ٤/۵ میلی‌لیتـر در لیتـر و ۲ سـطح محلول پاشی و محلول پاشی جیبرلین به عنوان کرت‌های فرعی بودند. تجزیه و تحلیـل داده هـا و مقایسه میانگین داده ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد و توسـط نرم‌افـزار SPSS انجـام شـد. نتایج نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات روی بر تمـام صـفات معنـی‌دار شد، همچنین محلول‌پاشی جیبرلین بر همه‌ی صفات به‌جز عملکرد و سرعت تعـرق اثـر معنـی‌دار داشت. اثر متقابل سولفات روی، تنش و جیبرلین بر تمام صفات معنی‌داری بود. بیشترین عملکـرد دانه مربوط به تیمار آبیاری نرمال و مصرف ٤/۵ میلـی‌لیتـر در لیتـر روی بـود کـه بـا تیمـار تـنش متوسط و مصرف ۱/۵میلی‌لیتر در لیتر روی و کاربرد جیبرلین اختلاف معنـی‌دار نداشـت. کمتـرین عملکرد دانه در تیمار تنش شدید و استفاده ۳/۵ میلی‌لیتر در لیتـر روی و محلـول پاشـی جیبـرلین بود. بطور کلی عملکرد دانه در هر دو حالت تنش خشکی و عدم تنش افزایش یافت، بنـابراین بـا توجه به نتایج به دست آمده مصرف ٤/۵ میلی‌لیتر در لیتر سولفات روی و محلول پاشـی جیبـرلین جهت کاهش اثرات تنش خشکی در زراعت لوبیا توصیه می‌گردد.

استناد: عارفه عباسی، عباس ملکی، فرزاد بابایی، هوشمند صفری، علیرضا رنگین. (۱٤۰۱). تأثیر عنصر روی و جیبرلیک اسید بر بهبود تبادلات گازی و عملکرد لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris*) با استفاده از دسـتگاه تحلیـل گـر گـاز مـادون قرمـز در شـرایط تـنش خشـکی. *نشـریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ٦۵ (۱)، ۱۹-۱.

مقدمه

با افزایش جمعیت تأمین نیازهای غذایی انسان بسیار ضروری می‌باشد (Rezaei et al., 2015, Fathi et al., 2017). حبوبات در ایران پس از گندم و برنج، مهم‌ترین محصولات از نظر تغذیه انسان هستند (Kardoni et al., 2015). لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به عنوان تأمین‌کننده پروتئین گیاهی در کشورهای در حال رشد و نیز در کشورهای پیشرفته به‌عنوان مکمل غذایی، مصرف زیادی دارد (Ebrahimi et al., 2010).

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده تولید محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب شده (Zabet et al., 2015; Fathi and Bahamin, 2017) و اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاه و سایر فرایندهای متابولیکی دارد (Heydari et al., 2010; Bahamin et al., 2019). تنش خشکی از طریق کاهش محتوای آب (Bahamin et al., 2013)، فشار آماس، پتانسیل کل آب و همچنین ایجاد پژمردگی و بسته شدن روزنه‌ها بر فرآیندهای رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارد. چرا که رشد گیاه وابسته به تقسیم سلولی و بزرگ شدن آن بوده و انجام تقسیمات سلولی نیز وابسته به حفظ فشار تورژسانس و آماس سلولی هستند (Arshadi et al., 2016).

یکی از راه‌های بسیار مفید جهت کاهش خسارت ناشی از تنش رطوبتی به گیاه لوبیا مصرف برگی کود روی می‌باشد. محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در هنگام بروز تنش‌ها می‌تواند مقاومت گیاه را تا حدی افزایش دهد (Grewal and Williams, 2000). وضعیت تغذیه ای نامناسب برای گیاه، می‌تواند اثرهای مضر تنش خشکی را تشدید نماید. گیاهی که خوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر کم مصرف و پرمصرف را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت (Mehdi Nejad et al., 2019). روی از عوامل مهم تولید (Kheiri et al., 2017) و یک ماده غذایی ضروری برای رشد مطلوب گیاه است و نقش مهمی در حفاظت و جلوگیری از اکسیداسیون اجزای سلولی حیاتی مانند کلروفیل دارد. روی بر روابط آب در گیاه و هدایت روزنه‌ای نیز اثرگذار است (Khan et al., 2004)؛ و نقش مهمی در تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها دارد به این دلیل که این عنصر در نگهداری عنصر پتاسیم در سلول محافظ روزنه نقش دارد و از طریق کاهش تلفات آب برگ باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Kheiri et al., 2017). محققان بیان کردند که استفاده از اسید جیبرلیک نیز معمولاً باعث افزایش رشد و سیستم ریشه گسترده می‌شود، علاوه بر این، تحمل به تنش‌های غیر زیستی را افزایش می‌دهد. امروزه فرضیه‌ای درباره ارتباط بین سطح جیبرلین و مقابله با تنش‌ها غیر زیستی در گیاهان وجود دارد. مطالعه روی گیاهان جو طبیعی و پاکوتاه نشان داد که جیبرلین در این گیاهان سبب افزایش مقاومت به شرایط تنش کم‌آبی در آن‌ها شد. احتمالاً جیبرلین یک نقش کلیدی ویژه در مقابله با تنش‌ها دارد (Naseri et al., 2012, Maleki et al., 2020).

ملکی و همکاران (Maleki et al., 2019) در پژوهشی با عنوان تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره عملکرد کلزا تحت تنش خشکی و محلول پاشی جیبرلین و اسید سالیسیلیک بیان کردند که بر اساس نتایج حاصل از ضرایب همبستگی بین صفات مشخص شد که تمامی صفات مورد مطالعه با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری داشتند. بررسی ضرایب رگرسیون با استفاده از آزمون t نشان داد که تأثیر سه صفت شامل تعداد شاخه گل، وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. عیسوند و همکاران (Eisvand et al., 2011) در بررسی اثر جیبرلین و اسید آبسیسیک بر سبز شدن و برخی خصوصیات

فیزیولوژیکی بذر و گیاهچه نخود در شرایط دیم و آبی بیان کردند که هیدروپرایمینگ منجر به افزایش وزن تر و خشک ریشه، سرعت رشد گیاهچه، وزن تر بخش هوایی و تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن شد. پرایمینگ بذر با جیبرلین سبب افزایش طول ساقه، قدرت بذر و طول ریشه شد. کیخا و همکاران (Keikha et al., 2017) در بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید و جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiata*) بیان کردند که در تیمار ۱۰۰پی‌پی‌ام جیبرلین بهترین عملکرد علوفه خشک به‌میزان ۱٤٦۹/۳٦کیلوگرم در هکتار و ۲۰/۹ درصد افزایش نسبت به شاهد، عملکرد دانه به‌میزان ۵۰۸/۰۸ کیلوگرم در هکتار و ۳۱/۰۹درصد افزایش نسبت به شاهد و شاخص برداشت نیز به‌میزان ۲۵/٦٦درصد بود که نسبت به شاهد ۲۰/٤۵درصد افزایش نشان داد. برزآبادی و فراهانی (Barzabadi and Farahani, 2011) اثر آبیاری و محلول پاشی سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در اراک بیان کردند که اثر مصرف سطوح مختلف سولفات روی بر صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید. اثر متقابل عوامل مورد بررسی برهیچ یک از صفات معنی‌دار نشد. بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری تکمیلی به میزان ۲٦۷,۲ کیلوگرم در هکتار و مصرف سولفات روی به مقدار ۳٦ گرم معادل ۵۰٤ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بر اساس نتایج این بررسی، چنانچه رفع تنش خشکی در دوران رشد زایشی باشد، اثرات چشمگیری در افزایش و بهبود مقدار محصول تولیدی خواهد داشت. تاثیر مثبت استفاده از سولفات روی در مرحله گلدهی بر عملکرد دانه نخود نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

از آنجا که حدود دوسوم زمین‌های زیر کشت ایران در مناطق نیمه‌خشک و دیم قرار دارند (Ghanbari et al., 2018)، لذا شناسایی گیاهان و ارقام با مقاومت بالا به تنش‌های خشکی و کم‌آبی و همچنین بکارگیری موادی مانند روی و جیبرلیک اسید یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های اصلاحی است (Sanchez et al., 2003). لذا، با توجه به موارد فوق، هدف از این مطالعه بررسی اثر سولفات روی و جیبرلین بر ویژگی‌های بیوشیمیایی لوبیا در شرایط آبی متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش: مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر سولفات روی و جیبرلین بر خصوصیات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش خشکی در دو مکان (دارای شرایط آب و هوایی تقریباً یکسان که این امر برای سنجش دقیق‌تر نتایج می‌باشد) در سال ۱۳۹٦ در ایستگاه تحقیقاتی اسلام‌آباد غرب، (کرمانشاه) و ایستگاه تحقیقاتی خرم‌آباد، (لرستان) انجام شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک ویژگی‌های هواشناسی و جغرافیایی محل آزمایش به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

طرح آزمایش: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های دو بار خرد شده با پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دو مکان در تابستان ۱۳۹٦ انجام شد. طول هر کرت اصلی ۱۲ متر و عرض آن ۳ متر و طول کرت فرعی ۳ متر و عرض آن نیز ۳ متر بود و طول کرت فرعی ۳ متر و عرض آن ۱/۵ متر بود. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری (آبیاری پس ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA) به عنوان کرت اصلی، اسپری کردن سولفات روی در چهار سطح صفر، ۱/۵، ۳/۵ و ٤/۵ میلی‌لیتر در لیتر به عنوان کرت فرعی و دو سطح محلول پاشی و محلول پاشی جیبرلین به‌عنوان کرت فرعی بودند.جیبرلین و

سولفات روی در مرحله قبل گلدهی به‌صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفتند. رقم لوبیای مورد استفاده از نوع لوبیا سفید به نام رقم الماس بود.عملیات تنک کردن برای رسیدن به تراکم ۳۰ بوته در مترمربع در مرحله‌ی ٤-۵ برگی انجام شد.آبیاری تیمارهای مختلف تنش خشکی، بر اساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A و با استفاده از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک که در فاصله یک کیلومتری از ایستگاه تحقیقات در اسلام‌آباد غرب و فاصله ٤ کیلومتری از ایستگاه تحقیقات خرم‌آباد قرار دارد، صورت گرفت.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

اسلام‌آباد غرب (کرمانشاه)									
عمق نمونه‌برداری	درصد اشباع	هدایت الکتریکی	واکنش کل اشباع	مواد خنثی شده	تبادل‌کاتیونی (میلی‌اکی والان)	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	فسفر قابل‌جذب (پی‌پی‌ام)	پتاسیم قابل‌جذب (پی‌پی‌ام)
۱۵-۰	٥٤	۰/۷۳	۷/٦	۱۵/۲	۳۰/۸	۱/۲٦	٪۱۳	۹/۲	٦٤۰
۳۰-۱۵	٥٥	۰/٤۹	۷/۷	۱۷/٥	۳۰/۲	۰/٦۳	٪٦	۲/۸	۳۸۰
٤٥-۳۰	٥۲	۰/٤٤	۷/۸	۲٤/٥	۲۸/۰	۰/۲۹	٪۳	۲/٤	۲٤۲
خرم‌آباد، (لرستان)									
عمق نمونه‌برداری	درصد اشباع	هدایت الکتریکی	واکنش کل اشباع	مواد خنثی شده	تبادل‌کاتیونی (میلی اکی والان)	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	فسفر قابل‌جذب (پی پی ام)	پتاسیم قابل‌جذب (پی پی ام)
۱۵-۰	٥٦	۰/۷۷	۷/٥	۱٥/٤	۳۱/۲	۱/۲۱	٪۱۲	۸/۸	٦٥٤
۳۰-۱۵	٥٥	۰/٥۲	۷/٦	۱۸/٥	۳۰/۸	۰/٦٦	٪۷	۳/۰	۳۹۲
٤٥-۳۰	٥۳	۰/٤٤	۷/٦	۲۳/٤	۲۹/۳	۰/۳٤	٪۳	۲/٦	۲۳٦

جدول ۲: خصوصیات هواشناسی و موقعیت جغرافیایی اسلام‌آباد غرب

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	متوسط بارندگی سالیانه	متوسط درجه حرارت	حداکثر مطلق درجه حرارت	حداقل مطلق درجه حرارت
٤۷ درجه و ۲٦ دقیقه شرقی	۳٤ درجه و ۸ دقیقه شمالی	۱۳٤٦ متر	٥۳۸ میلی‌متر	+۱۰/٥	+٤۱	-۲۸/۸

جدول ۳: خصوصیات هواشناسی و موقعیت جغرافیایی خرم‌آباد

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	متوسط بارندگی سالیانه	متوسط درجه حرارت	حداکثر مطلق درجه حرارت	حداقل مطلق درجه حرارت
٤۸ درجه و۱۸ دقیقه شرقی	۳۳ دقیقه و ۳۰ دقیقه شمالی	۱۱۷۰ متر	٤۹۹ میلی‌متر	+۱۷/۲	+٤۷	-۱٤/٦

برای محاسبه عملکرد نهایی دانه از خطوط میانی پس از حذف (اثر حاشیه) به طول۳ متر استفاده شد و پس از برداشت و توزین برای هر کرت عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار با توجه به مساحت کرت محاسبه شد.

صفات مربوط به برگ شامل کارایی مصرف آب، محتوی دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای، محتوی دی‌اکسید کربن سطح برگ، سرعت تعرق، سرعت فتوسنتز،تشعشع فعال فتوسنتزی، دمای برگ، دمای کانوپی، رطوبت نسبی، دی‌اکسید کربن کانوپی و هدایت مزوفیلی توسط دستگاه فتوسنتزمتر مدل Photosynthesis meter Rc-p60 code:1123، و دستگاه تحلیل گر گاز مادون قرمز اندازه‌گیری شد.برای اندازه‌گیری این صفات در مزرعه از هر کرت چهار بوته در ۲ مرحله شروع گلدهی انتخاب شد و از هر بوته یک برگ به‌طور تصادفی انتخاب و با دستگاه خصوصیات مورد بررسی اندازه‌گیری شد در نهایت میانگین به‌دست‌آمده از چهار بوته برای هر کرت به عنوان میانگین صفت ثبت شد. تجزیه واریانس، مقایسه میانگین با روش دانکن برای صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج

تشعشع فعال فتوسنتزی PAR: اثر اصلی تنش، سولفات روی و جیبرلین معنی‌دار شد و اثرات متقابل مکان در هیچ‌یک از سطوح تنش،سولفات روی و جیبرلین معنی‌دار نشد ولی اثرات متقابل سولفات روی و تنش،جیبرلین و تنش،جیبرلین و سولفات روی، و اثر متقابل جیبرلین و سولفات روی و تنش معنی‌دار شد (جدول ٤). در بین رژیم رطوبتی بیشترین میزان تشعشع فعال فتوسنتزی مربوط به سطح آبیاری نرمال با میانگین۱۷۱۵ مگاژول به دست آمد که با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان تشعشع فعال فتوسنتزی از تنش متوسط با میزان ١٦٤٠ مگاژول حاصل گردید (جدول ٥). همچنین در بررسی اثر سولفات روی بر تشعشع فعال فتوسنتزی بیشترین میزان مربوط به عدم استفاده از سولفات روی با میانگین ١٧٤٦ مگاژول بود و کمترین میزان مربوط به تیمار ۱/۵ میلی‌لیتر سولفات روی با میانگین ١٦٢٠ مگاژول حاصل گردید (جدول ٦). اسپری کردن جیبرلین سبب افزایش میزان تشعشع فعال فتوسنتزی شد (جدول ٤). در مجموع بیشترین میزان تشعشع فعال فتوسنتزی مربوط به آبیاری نرمال و عدم استفاده از سولفات روی و جیبرلین با میانگین ١٨٤١ مگاژول بر مترمربع در روز به دست آمد و کمترین میزان تشعشع فعال فتوسنتزی برای تنش متوسط و مصرف ۱/۵ میلی‌لیتر سولفات روی به همراه محلول پاشی جیبرلین با متوسط ١٤٧٢ مگاژول بر مترمربع در روز حاصل گردید (جدول ٥).

سرعت فتوسنتز: اثرات اصلی مکان، سولفات روی در سطح ۵ درصد و تنش و جیبرلین در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند و اثرات متقابل سولفات روی و تنش، مکان و سولفات روی، مکان و تنش و سولفات روی، جیبرلین و تنش، سولفات روی و جیبرلین، سولفات روی و تنش و جیبرلین، مکان و تنش و جیبرلین، مکان و سولفات روی؛ و جیبرلین و تنش تأثیر معنی‌دار بر سرعت فتوسنتز داشتند (جدول ٤). در بین سطوح رژیم رطوبتی بیشترین میزان سرعت فتوسنتز مربوط به رژیم آبیاری نرمال با میانگین ٦/١٩ میکرومول دی‌اکسید کربن در مترمربع بود که با سایر سطوح اختلاف معنی‌دار داشت و کمترین میزان سرعت فتوسنتز از تنش شدید با میزان ٣/١٤ میکرومول دی‌اکسید کربن در مترمربع بود (جدول ٥). بیشترین میزان سرعت فتوسنتز مربوط به تیمار آبیاری نرمال و مصرف ۱/۵ میلی‌لیتر در لیتر سولفات روی و محلول پاشی جیبرلین با متوسط ١١/٦٨ میکرومول دی‌اکسید کربن در مترمربع بود و کمترین میزان مربوط به تیمار تنش شدید و مصرف ٤/٥ میلی‌لیتر در لیتر سولفات روی با میزان ٠/٤٩ میکرومول دی‌اکسید کربن حاصل گردید که با تیمارهای تنش شدید و مصرف ٤/٥، ٣/٥ و ۱/۵ میلی‌لیتر در لیتر و عدم

کاربرد جیبرلین اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

سرعت تعرق: اثرات اصلی تنش، مکان معنی‌دار شدند و اثر متقابل سولفات روی و تنش، مکان و تنش و سولفات روی، جیبرلین و تنش، سولفات روی و جیبرلین، سولفات روی و تنش و جیبرلین، مکان و سولفات روی؛ و تنش و جیبرلین تأثیر معنی‌دار بر سرعت تعرق داشتند (جدول ٤).

در بین سطوح رژیم رطوبتی بیشترین میزان سرعت تعرق مربوط به سطح آبیاری نرمال با میانگین ۱/٦۱ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه به‌دست آمد که با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان سرعت تعرق از تنش متوسط با میزان ۱/۲۳ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه گردید (جدول ۵). درمجموع بیشترین میزان تعرق از رژیم رطوبتی آبیاری نرمال و ٤/۵ میلی‌لیتر سولفات روی و با میانگین۲/۱۷ میلی مول آب بر مترمربع بر ثانیه به دست آمد؛ اما کمترین میزان نیز از سطح تنش۱۲۰ درصد با ۳/۵ میلی‌متر سولفات روی و محلول پاشی جیبرلین با میزان ۰/٥٦ میلی‌مول آب بر مترمربع بر ثانیه حاصل گردید که نشان می‌دهد. این میزان از سولفات روی می‌تواند نقش‌کاهنده تعرق را داشته باشد (جدول ۸).

غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای: اثر اصلی تنش در سطح ۱ درصد و سولفات روی و جیبرلین در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید و اثر متقابل تنش و مکان، سولفات روی و تنش، مکان و سولفات روی، جیبرلین و تنش، سولفات روی و جیبرلین، جیبرلین و مکان، سولفات روی و تنش و جیبرلین دارای تأثیر معنی‌دار بر غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای داشتند (جدول ٤). بیشترین میزان غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای مربوط به رژیم آبیاری نرمال با میانگین ٤۹۸/۱ میکرومول بود که با تنش شدید اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان در شرایط تنش متوسط بود که با تنش شدید اختلاف معنی‌داری داشت. تنش خشکی باعث کاهش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای شد که بیشترین میزان از سطح آبیاری نرمال و محلول پاشی جیبرلین با متوسط ٦٥۹/٦ میکرومول حاصل شد و کمترین میزان در تنش متوسط و استفاده از ۱/۵ میلی‌لیتر سولفات روی و محلول پاشی جیبرلین بود (جدول ۸).

دمای کانوپی: اثرات اصلی مکان، سولفات روی در سطح ۵ درصد و جیبرلین در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و اثرات متقابل سولفات روی وتنش، جیبرلین و تنش، سولفات روی وجیبرلین، سولفات روی و تنش و جیبرلین اثر معنی‌دار بر دمای کانوپی داشتند (جدول ٤). بیشترین میزان دمای کانوپی مربوط به تنش متوسط با میانگین ۳۷/٤۹ درجه بود و با تنش شدید اختلاف معنی‌داری نداشت، کمترین میزان دمای کانوپی از سطح رژیم رطوبتی نرمال با متوسط ۳٦/۷۹ درجه به دست آمد (جدول ۵). همچنین بیشترین میزان دمای کانوپی مربوط تیمار ۳/۵ میلی‌لیتر در لیتر روی با میانگین ۳۷/٤۳ درجه بود که با تیمار ٤/۵ میلی‌لیتر در لیتر اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان مربوط به تیمار ٤/۵ میلی‌لیتر در لیتر روی با متوسط ۳٦/۸۲ درجه بود (جدول ٦). در شرایط تنش، دمای درون کانوپی افزایش‌یافته و به دمای محیط نزدیک شده است اما کاربرد سولفات روی باعث تعدیل دمای کانوپی می‌شود. همچنین اسپری کردن جیبرلین باعث کاهش دمای کانوپی شد (جدول ٤). در مجموع بیشترین میزان دمای کانوپی مربوط به تنش شدید و مصرف ۳/۵ میلی‌لیتر روی و محلول پاشی جیبرلین با میزان ۳۸/٤۲ درجه بود و کمترین میزان در تنش متوسط مصرف ٤/۵ میلی‌لیتر روی و محلول پاشی جیبرلین با میانگین ۳٦ درجه به دست آمد (جدول ۵).

جدول ٤: تجزیه واریانس صفات فتوسنتزی مورد بررسی

منابع	درجه آزادی	تشعشع فعال فتوسنتزی	سرعت فتوسنتز	سرعت تعرق	غلظت CO_2 زیر روزنه	عملکرد	دمای کانوپی	دمای برگ	دی‌اکسید کربن کانوپی	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	وزن صد دانه
تکرار	۲	۴۹۴۶۶*	۱۳/۹۸*	۱/۷۰۶**	۱۵۳۰۶۰*	۳۷۱۲ns	۱۲۳/۹**	۱۲۰/۹**	۱۳۳۸۴۴*	۱/۷۰۰**	۶/۸۱۹ ns	۱/۱۸۰ ns
مکان	۱	۲۵۳۱ns	۶/۲۵*	۰/۴۸۳*	۱۱۳۳ns	۹۴۵۷*	۱۷/۹*	۷/۷۲ns	۱۴۶۰ns	۳/۵۳۹**	۴۲۱/۴۱۲*	۵۱/۰۶۳**
خطای ۱	۲	۱۱۷۶	۰/۴۵	۰/۰۰۹	۱۸۳۴	۲۱۰/۲	۰/۳۱۹	۰/۷۶۳	۱۴۷۴	۰/۰۷۴	۶/۸۷۵	۰/۴۶۱
تنش	۲	۶۷۸۸۴**	۱۲۲/۵۱**	۱/۶۹۶*	۵۶۲۲*	۷۱۲۵۴**	۷/۲۸ns	۲۱/۳۳**	۱۸۷۶**	۱۱/۸۲۴**	۲۸۵/۱۹۰*	۴۰/۴۳۳*
مکان× تنش	۲	۴۹۷۲ns	۱/۴۹۹ns	۰/۰۷۱ns	۳۲۷۹*	۵۷۸/۲ns	۲/۹۱ns	۰/۰۱۷ns	۱۹۳۵ns	۰/۴۰۷ ns	۸/۱۴۷ ns	۷/۸۶۰ ns
خطای ۲	۸	۴۵۴۵	۱/۵۲	۰/۲۸۲	۸۰۲	۸۸۵/۸	۲/۸۷۰	۱/۸۴۳	۱۸۵۲	۰/۳۴۷	۳۶/۷۳۱	۵/۲۷۴
سولفات روی	۳	۹۸۸۷۳**	۲/۰۲۳*	۰/۴۳۷**	۲۴۶۴۷**	۵۲۶۶۱**	۲/۹۱*	۵/۰۴۰ns	۳۶۵۷۲**	۰/۶۶۷*	۹۲/۳۴۹**	۲۸/۷۲۷**
سولفات روی× تنش	۶	۴۱۲۴۳**	۳۶/۴۰۱**	۱/۵۰۱**	۱۴۷۹۱**	۵۱۸۰۴**	۲/۵۴**	۴/۵۷ns	۳۲۳۶۱**	۱/۳۱۸ ns	۴۷۵/۱۲۵**	۲۴/۰۳۱**
مکان× سولفات روی	۳	۲۱۲۲ns	۳/۶۵۳**	۰/۱۲۵ns	۵۷۴۰*	۱۴۱۷ns	۰/۶۰۵ns	۲/۹۳ns	۳۰۷ns	۰/۰۸۹ ns	۱۱/۹۵۱ ns	۴/۱۹۳ ns
مکان× سولفات روی× تنش	۶	۳۳۴۳ns	۲/۱۶۸*	۰/۴۲۹**	۱۴۳۴ns	۱۱۰۸ns	۰/۹۰۴ns	۱/۷۶ns	۶۳۸/۴ns	۰/۱۹۲ ns	۳۰/۴۸۵ ns	۰/۵۶۹ ns
خطای ۳	۳۶	۴۶۰۷	۰/۶۶	۰/۱۰۰	۱۳۶۹	۴۱۴۸	۰/۷۱۷	۲/۲۱۰	۱۲۸۶	۰/۱۸۵	۱۷/۲۳۷	۳/۶۱۱
جیبرلین	۱	۱۳۲۹۶۶**	۹۳/۹۲۸**	۰/۱۵۶ns	۱۲۰۰۰**	۲۸۰۴ns	۶/۰۹**	۳/۲۷*	۱۶۵۹۱**	۰/۹۰۶ ns	۷۵/۱۱۱*	۱۶۲/۰۳۲**
جیبرلین× تنش	۱	۴۰۳۵۷**	۶/۸۲۵۸**	۲/۳۳۵**	۱۹۵۴۱**	۲۵۶۱۷**	۳/۰۹**	۰/۶۹۴ns	۳۰۵۲۶**	۰/۰۱۵ ns	۱۴/۵۲۲ ns	۱۰/۶۵۴ ns
جیبرلین × سولفات روی	۳	۶۸۱۰۰**	۶۸/۳۹۹**	۰/۴۴۴**	۳۵۴۹۰**	۷۳۶۶*	۱/۶۸**	۱/۴۴ns	۵۸۲۸۷**	۰/۱۲۲ ns	۱۶۴/۱۶۸**	۲۴/۷۴۲**
مکان× جیبرلین	۱	۵۴۹۷ns	۲/۱۰۷ns	۰/۰۵۳ns	۶۶۸۵*	۸۶/۳۳ns	۰/۰۱۴ns	۰/۳۰۲ns	۲۱۵۲ns	۱/۱۳۳*	۰/۰۲۸ ns	۰/۸۰۳ ns
جیبرلین×سولفات روی×تنش	۶	۵۳۷۵۸**	۴۱/۳۵**	۰/۶۹۳**	۱۸۷۳۶**	۲۰۱۳۶**	۱/۹۶۱**	۴/۶۱**	۱۸۲۴۱**	۰/۲۹۱ ns	۳۹/۳۰۸**	۲۱/۹۹۳**
مکان× تنش× جیبرلین	۲	۷۷۰ns	۵/۵۷۶**	۰/۱۵۸ns	۷۴۲ns	۳۳۳۸ns	۰/۲۹۹ns	۰/۰۶۰ns	۹۷ns	۰/۰۲۶ ns	۰/۱۷۳ ns	۰/۳۳۱ ns
مکان×سولفات روی×جیبرلین	۳	۶۸۴ns	۱/۴۷۸ns	۰/۱۰۰ns	۷۴۴ns	۱۲۰۹ns	۰/۱۰۱ns	۰/۶۱۳ns	۶۰۵ns	۰/۰۱۹ ns	۲۲/۵۶۴ ns	۱/۶۸۰ ns
مکان × تنش× سولفات روی × جیبرلین	۶	۲۴۷۷ns	۲/۶۶۶**	۰/۲۸۲*	۱۷۴۷ns	۷۴۰/۵ns	۰/۱۸۴ns	۰/۱۶۹ns	۵۲۲ns	۰/۱۰۸ ns	۲۵/۲۴۰ ns	۱/۰۸۷ ns
خطای ۴	۴۸	۲۴۱۵	۰/۸۱	۰/۰۹۶	۱۳۷۷	۲۱۸۵	۰/۴۰۶	۰/۶۰۴	۱۷۴۱	۰/۲۲۷	۱۱/۷۸۳	۳/۹۲۷
ضریب تغییرات	-	۲/۹۳	۱۸/۲۱	۲۳/۰۱	۷/۸۵	۲۵/۶۰	۱/۷۱	۲/۳۴	۸/۸۵	۸/۹۷	۱۲/۸۷	۷/۱۰

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns اختلاف غیر معنی‌دار

بنابراین تنش باعث افزایش دمای کانوپی شد؛ اما محلول‌پاشی سولفات روی در حد غلظت ٤/٥ میلی‌لیتر و جیبرلین در شرایط تنش ملایم باعث کاهش اثرات منفی تنش خشکی و کاهش دمای کانوپی شد.

دمای برگ: اثر اصلی تنش و جیبرلین به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار شد و تنها اثر متقابل سولفات روی و تنش، جیبرلین تأثیر معنی‌داری بر دمای برگ داشت (جدول ٤). بیشترین میزان دمای برگ مربوط به تنش شدید با میانگین ٣٤/٠٢ درجه بود که با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ٥). بیشترین میزان دمای برگ از تنش متوسط و مصرف ۱/۵ میلی‌لیتر در لیتر روی و محلول پاشی جیبرلین با متوسط ۳۵/۲۰ درجه به‌دست آمد.و کمترین میزان نیز از تنش متوسط و مصرف۳/۵ میلی‌لیتر در لیتر روی و عدم استفاده از جیبرلین با میانگین ۳۱/۸۰درجه حاصل گردید که با تیمار تنش متوسط و مصرف ٤/٥ و عدم استفاده جیبرلین اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۸).

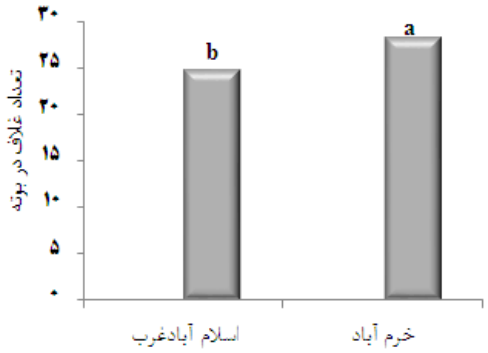
جدول ۸: مقایسه میانگین صفات فتوسنتزی برای اثر متقابل سه‌گانه تنش و سولفات روی و جیبرلین

رژیم رطوبتی	سولفات روی (میلی‌لیتر در لیتر)	جیبرلین	تشعشع فعال فتوسنتزی (مگاژول بر مترمربع)	سرعت تعرق (میلی‌مول آب/ مترمربع بر ثانیه)	غلظت دی‌اکسید زیر روزنه (پی پی ام)	سرعت فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسید کربن در مترمربع)
آبیاری پس از ٦٠ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر	۰	کاربرد	1810 a	۱/۲۳ d-h	٦٥٩/٦ a	۳/٥٥ghi
		عدم کاربرد	1841 a	۱/٦٨ a-e	٤٦٢/٥ d-i	۷/۰۸cd
	۱/۵	کاربرد	1754 a-d	۱/٥٥ b-g	٤٤٤/۷f-i	۱۱/٦٨a
		عدم کاربرد	1478 ij	۱/٦۷ a-f	٥٠٥/۲c-f	۲/٦۹ij
	۳/۵	کاربرد	1745 a-e	۱/۱٦ e-h	٤٤۹/٤f-i	۷/۳۸c
		عدم کاربرد	1710 b-f	۱/۲٦ d-h	٤٥٦/۸e-i	٥/٤۸ef
	٤/٥	کاربرد	1806 ab	۱/۸٥ abc	٥٦۱/٦bc	٦/۳٥cde
		عدم کاربرد	1576 ghi	۲/۱۰ ab	٤٤٥/۰f-i	٥/۳٦ef
آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر	۰	کاربرد	1748a-e	۰/۸۳a-d	٤۸۲/۸d-i	٤/٤٥fgh
		عدم کاربرد	1710b-f	۰/۹٦f-i	٥۱۹/۱cde	٥/۰۳efg
	۱/۵	کاربرد	1472j	۱/۳۱a	٤۷۷/۲d-i	۲/۸٤hij
		عدم کاربرد	1673c-g	۱/۱٥ghi	٤۱۷/۰i	٤/۳۳fgh
	۳/۵	کاربرد	1640e-h	۱/۱۹c-h	٤۸۹/۰d-h	۹/۷٥b
		عدم کاربرد	1496ij	۲/۰۰i	٥۲۷/۹bcd	٤/۰٤f-i
	٤/٥	کاربرد	1764abc	۱/۲۷hi	٤۸٤/٦d-h	٦/٤٤cde
		عدم کاربرد	1618fgh	۱/۰٥e-h	٤۲۳/٤hi	۷/۱۰cd
آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر	۰	کاربرد	1652d-h	۱/۷٥hi	٥٥۷/۰bc	٥/٦۱def
		عدم کاربرد	1716b-f	۱/۱۱hi	٤۹۱/٦d-g	٤/٤۰fgh
	۱/۵	کاربرد	1655c-h	۲/۱۸c-h	٤٥٤/۹e-i	۷/٥۸c
		عدم کاربرد	1688c-f	۱/۰٥e-h	٥۸٥/۰b	۰/٦۷k
	۳/۵	کاربرد	1712b-f	۱/۳٦e-h	٤۷۱/۹d-i	۲/۹۳hij
		عدم کاربرد	1682c-f	۰/٥٦ab	٥۱۰/۱cdef	۱/٥۱jk
	٤/٥	کاربرد	1714b-f	۰/۸۹d-h	٤٥٥/٤e-i	۰/٤۹k
		عدم کاربرد	1553hij	۱/۱٦ghi	٤۲٥/٤ghi	۱/۹۷jk

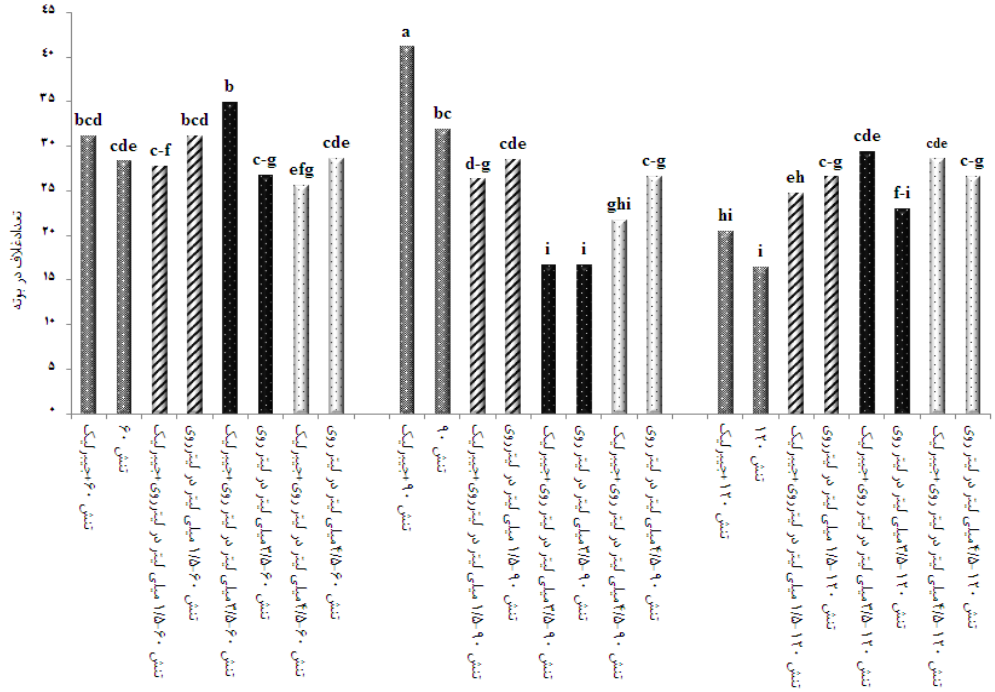
میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

غلظت دی‌اکسید کربن کانوپی: اثرات اصلی تنش، سولفات روی و جیبرلین در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل سولفات روی و تنش، جیبرلین وتنش، سولفات روی و جیبرلین، سولفات روی

و تنش و جیبرلین تأثیر معنی‌داری بر غلظت دی‌اکسید کربن کانوپی داشتند (جدول ٤). اسپری کردن جیبرلین سبب افزایش غلظت دی‌اکسید کربن کانوپی شد (جدول ٤). بیشترین میزان غلظت دی‌اکسید کربن کانوپی در تیمار آبیاری نرمال و عدم استفاده از روی و کاربرد جیبرلین با میانگین ٦٦٣/٨ میکرومول بود و کمترین میزان در تنش شدید و مصرف ٤/٥ میلی‌لیتر در لیتر روی و عدم مصرف جیبرلین با میانگین ٣٦٤/٩ میکرومول بود (جدول ٨).



شکل ۱: اثر مکان بر تعداد غلاف در بوته

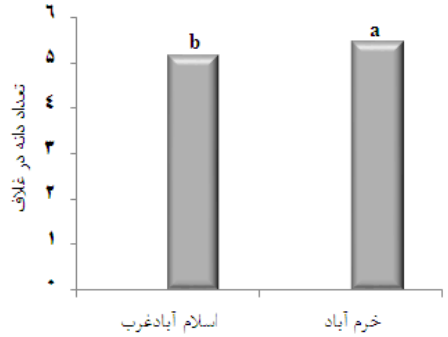


شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و سولفات روی و جیبرلیک اسید برتعداد غلاف در بوته

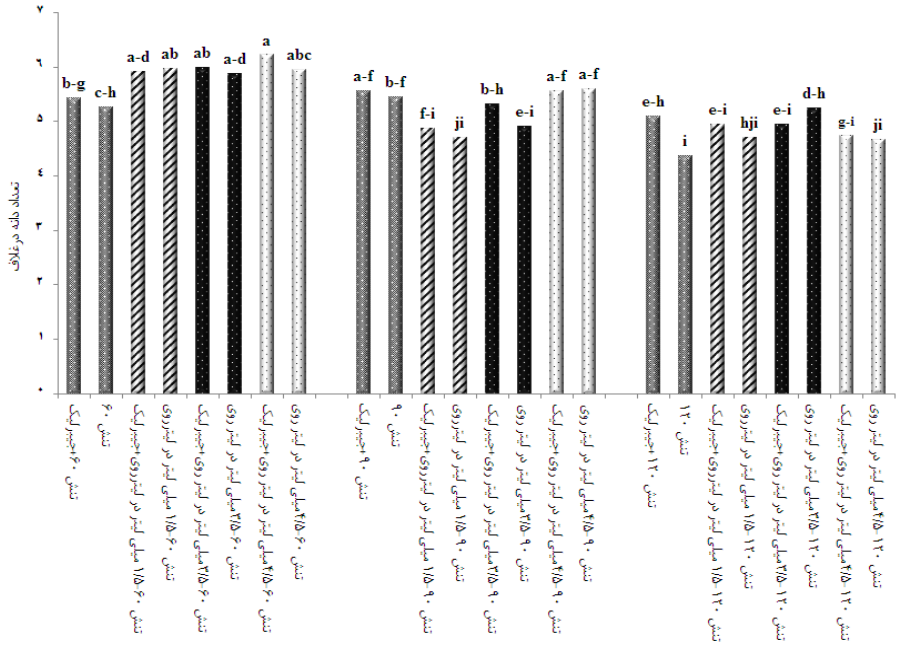
تعداد غلاف در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مکان، تنش رطوبتی و جیبرلین بر روی تعداد غلاف در بوته در سطح ۵ درصد معنی‌داری بود و همچنین سطوح متفاوت سولفات روی تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر میزان تعداد غلاف در بوته داشتند. در مورد اثرات متقابل نیز تنها اثر متقابل تنش و سولفات روی، جیبرلین و سولفات روی، و تنش و سولفات روی و جیبرلین دارای تاثیر معنی‌دار بر تعداد غلاف در بوته بودند (جدول ٤). در شکل ۱ نمودار ستونی و مقایسه میانگین دو مکان مورد

بررسی ارائه شده است و همچنان که ملاحظه می‌گردد تعداد غلاف‌های بیشتری در منطقه خرم‌آباد نسبت به اسلام‌آباد غرب مشاهده شد و در دو گروه قرار داشتند. نتایج در خصوص اثر سه گانه اثر متقابل رژیم آبیاری و سولفات روی و جیبرلیک اسید نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار تنش ۹۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر و کاربرد جیبرلیک اسید به مقدار۴۲/۲ عدد حاصل شد. در تمامی سطوح تنش خشکی، همواره بالاترین مقدار در تیمار مصرف جیبرلیک اسید و یا مصرف توام جیبرلیک اسید و ۳/۵ میلی‌لیتر بر لیتر سولفات روی به‌دست آمد (شکل ۲).

تعداد دانه در غلاف: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر جیبرلین بر روی تعداد دانه در غلاف معنی‌داری نبود. اما مکان و تنش رطوبتی دارای اثر معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر تعداد دانه در غلاف بودند سطوح متفاوت سولفات روی نیز تاثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر میزان تعداد دانه در غلاف داشتند. در مورد اثرات متقابل نیز تنها اثر متقابل مکان × جیبرلین دارای تاثیر معنی‌دار بر تعداد دانه در غلاف بودند (جدول ٤-١).



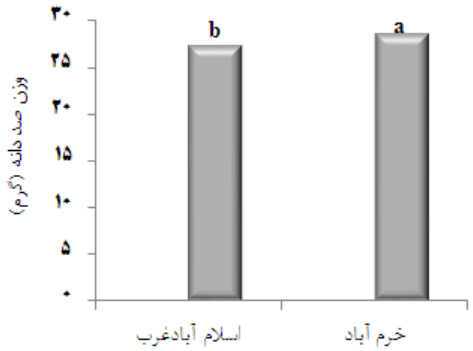
شکل ۳: مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف دو مکان مورد بررسی



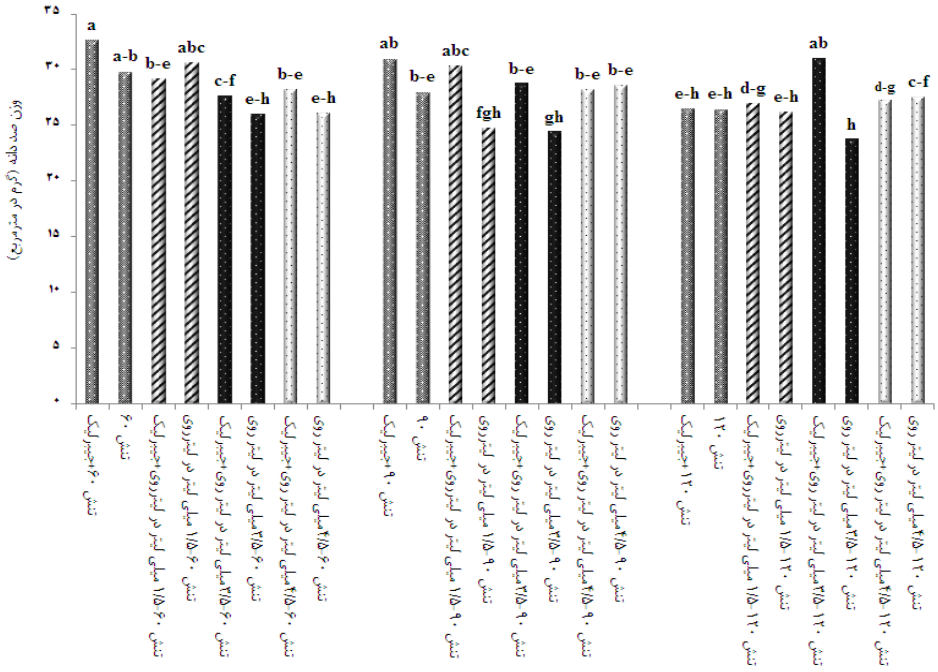
شکل ٤: مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری و سولفات روی و جیبرلیک اسید برتعداد دانه درغلاف

تعداد دانه در غلاف بیشتری در منطقه خرم‌آباد نسبت به اسلام‌آباد غرب مشاهده شد و در دو گروه قرار داشتند. نتایج در خصوص اثر سه گانه اثر متقابل رژیم آبیاری و سولفات روی و جیبرلیک اسید نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار تنش ۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر و کاربرد جیبرلیک اسید و مصرف ٤/٥ میلی لیتر بر لیتر روی به مقدار ٦/٣ عدد حاصل شد. در سطوح تنش خشکی ۶۰ و ۹۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر، همواره بالاترین تعداد دانه در غلاف در تیمار مصرف جیبرلیک اسید و یا مصرف توام جیبرلیک اسید و ٤/٥ میلی لیتر بر لیتر سولفات روی به دست آمد (شکل ٤).

وزن صد دانه: مکان، سولفات روی و جیبرلین بر وزن صد دانه اثر معنی‌داری درسطح ۱ درصد داشتند و تنش رطوبتی نیز دارای اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر وزن صد دانه بود. در مورد اثرات متقابل نیز تنها اثر متقابل سولفات روی و تنش، سولفات روی و جیبرلین، و اثر سولفات روی و تنش و جیبرلین دارای تاثیر معنی‌دار بر وزن صد دانه بودند (جدول ۱).



شکل ۵: مقایسه میانگین وزن ۱۰۰ دانه دو مکان مورد بررسی



شکل ٦: مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری و سولفات روی و جیبرلیک اسید وزن صددانه

در شکل ۵ نمودار ستونی و مقایسه میانگین دو مکان مورد بررسی ارائه شده است و همچنانکه ملاحظه می‌گردد منطقه خرم آباد وزن صد دانه بیشتری نسبت به اسلام آباد غرب داشت. بیشترین وزن صد دانه در تیمار تنش ٦٠ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر و کاربرد جیبرلیک اسید به مقدار ۳۲/۳ گرم حاصل شد. در سطوح تنش خشکی ۱۲۰ و ۹۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر، همواره بالاترین وزن صد دانه در تیمار مصرف جیبرلیک اسید و یا مصرف توام جیبرلیک اسید و ۳/۵ میلی لیتر بر لیتر سولفات روی به دست آمد (شکل ۸).

عملکرد دانه: مکان و جیبرلین دارای اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه لوبیا در سطح ۵ درصد داشتند و اعمال تنش رطوبتی و سطوح متفاوت سولفات روی اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر عملکرد داشتند. همچنین اثر متقابل جیبرلین و سولفات روی، جیبرلین و تنش و سولفات روی در سطح ۵ درصد و اثرات متقابل سولفات روی و تنش، و جیبرلین و تنش در سطح ۱ درصد بر عملکرد معنی‌دار بودند (جدول ٤). بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری نرمال و مصرف ٤/٥ میلی‌لیتر در لیتر روی به مقدار ۳۷۰/۰۸ گرم در متر مربع بود که با تیمار تنش متوسط و مصرف ۱/۵میلی‌لیتر در لیتر روی و کاربرد جیبرلین اختلاف (۳٦٤/٦۳ گرم در متر مربع) معنی‌دار نداشت. کمترین عملکرد دانه به مقدار ۹۹/۸۸ گرم در مترمربع در تیمار تنش شدید و استفاده ۳/۵ میلی‌لیتر در لیتر روی و محلول پاشی جیبرلین بود (جدول ۸).

جدول ۵: مقایسه میانگین صفات فتوسنتزی برای سطوح تنش خشکی

تنش (میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر)	تشعشع فعال فتوسنتزی (مگاژول بر مترمربع)	سرعت فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسید کربن در مترمربع)	سرعت تعرق (میلی مول آب/مترمربع بر ثانیه)	غلظت CO2 سطح برگ (پی پی ام)	غلظت CO2 زیر روزنه (پی پی ام)	عملکرد (گرم در مترمربع)	دمای کانوپی (درجه سانتی‌گراد)	دمای برگ (درجه سانتی‌گراد)	دی‌اکسید کربن کانوپی (پی‌پی‌ام)
٦٠	۱۷۱۵ a	٦/۱۹ a	۱/٥٦ a	۱۳/۸۸ a	٤۹۸/۱ a	۲۰۹/۷ a	۳٦/۷۹ b	۳۲/۹۸ b	٤۸۷/۷ a
۹۰	۱٦٤۰ c	٥/٥۰ b	۱/۲۲ b	۱۱/٥۱ b	٤۷۷/٦ b	۱۹۹/٦ a	۳۷/٤۹ a	۳۲/۷۸ b	٤٤۹/٥ b
۱۲۰	۱٦۷۲ b	۳/۱٤ a	۱/۲٦ b	۱۱/۳۲ b	٤۹۳/۹ a	۱۳۸/٥ b	۳۷/٤٥ a	۳٤/۰۲ a	٤۷۷/٥ a

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند

جدول ٦: مقایسه میانگین صفات فتوسنتزی برای سطوح سولفات روی

سولفات روی (میلی‌لیتر در لیتر)	عملکرد (گرم در مترمربع)	دمای‌کانوپی (درجه سانتی‌گراد)	دمای‌برگ (درجه سانتی‌گراد)	غلظت CO2 کانوپی (پی پی ام)	تشعشع فعال فتوسنتزی (مگاژول بر مترمربع)	سرعت فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسید کربن در مترمربع)	سرعت تعرق (میلی‌مول آب / مترمربع بر ثانیه	غلظت CO2 زیر روزنه‌ای (پی پی ام)
۰	۱٤۷/٦b	۳۷/٤۱a	۳۳/٥۳a	٥۱۷/۰۳a	۱۷٤٦a	٥/۰۲bc	۱/۲٦b	٥۲۸/۸a
۱/٥	۲۰٤/۲a	۳۷/۳۱a	۳۳/٦۳a	٤٦۹/٥b	۱٦۲۰c	٥/۹۹a	۱/٤۸a	٤۸۰/۷b
۳/٥	۱٥۳/۲b	۳۷/٤۳a	۳۲/۸۸b	٤٥۲/۱bc	۱٦٦٤b	٥/۱۸b	۱/۲٦b	٤۸٤/۲b
٤/٥	۲۲٥/٤a	۳٦/۸۲b	۳۲/۹۹b	٤٤۷/۳c	۱٦۷۲b	٤/٦۲c	۱/۳۹ab	٤٦٥/۹b

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۷: مقایسه میانگین صفات فتوسنتزی برای سطوح جیبرلین با توجه به تجزیه واریانس

جیبرلین	عملکرد (گرم در متر مربع)	دمای کانوپی (درجه سانتی‌گراد)	دمای برگ (درجه سانتی‌گراد)	غلظت CO2 کانوپی (پی پی ام)	تشعشع فعال فتوسنتزی (مگاژول بر مترمربع)	سرعت فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسید کربن در مترمربع)	سرعت تعرق (میلی مول آب/مترمربع بر ثانیه	غلظت CO2 زیر روزنه‌ای (پی پی ام)
کاربرد	۱۸۷/۰۲a	۳۷/۰۴b	۳۳/۱۱b	۴۸۲/۲۸a	۱۷۰۶a	۵/۷۵a	۱/۳۸a	۴۴۹a
عدم‌کاربرد	۱۷۸/۱۹b	۳۷/۴۵a	۳۳/۴۱a	۴۶۰/۸۲b	۱۶۴۵b	۴/۱۴b	۱/۳۱a	۴۸۰/۷b

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

ادامه جدول ۸: مقایسه میانگین صفات فتوسنتزی برای اثر متقابل سه‌گانه تنش و سولفات روی و جیبرلین

رژیم رطوبتی	سولفات روی میلی‌لیتر در لیتر	جیبرلین	دمای کانوپی (درجه سانتی‌گراد)	دمای برگ (درجه سانتی‌گراد)	دی‌اکسید کربن کانوپی (پی پی ام)	عملکرد (گرم در مترمربع)
آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر	۰	کاربرد	۳۷/۹۶abc	۳۳/۱۴a-e	۶۶۳/۸a	۲۱۹/۲۵bcd
		عدم کاربرد	۳۷/۶۳a-e	۳۳/۱۶a-e	۳۹۵/۷ghi	۲۱۲/۴۶bcd
	۱/۵	کاربرد	۳۷/۰۸a-f	۳۲/۶۰cde	۴۵۹/۵efg	۱۳۲/۳۸efg
		عدم کاربرد	۳۷/۱۰a-f	۳۲/۷۵cde	۵۳۴/۱bcd	۱۸۴/۷۵b-f
	۳/۵	کاربرد	۳۸/۲۴ab	۳۲/۸۷cde	۴۳۰/۶f-i	۲۰۰/۵۸b-e
		عدم کاربرد	۳۷/۷۰a-e	۳۳/۵۶a-e	۴۰۵/۸ghi	۱۴۰/۱۳d-g
	۴/۵	کاربرد	۳۶/۷۰b-f	۳۲/۸۳cde	۵۴۷/۶bc	۲۱۸/۳۳bcd
		عدم کاربرد	۳۷/۴۹a-f	۳۲/۹۴b-e	۴۶۴/۲d-g	۳۷۰/۰۸a
آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر	۰	کاربرد	۳۷/۷۳a-d	۳۳/۶۰a-e	۴۵۹/۱efg	۱۱۱/۳۸fg
		عدم کاربرد	۳۶/۹۸a-f	۳۳/۴۱a-e	۴۹۷/۰c-f	۱۱۱/۰۰fg
	۱/۵	کاربرد	۳۶/۲۱def	۳۲/۲۰cde	۳۸۳/۵hi	۳۶۴/۶۳a
		عدم کاربرد	۳۸/۱۸ab	۳۵/۲۰a	۴۰۸/۰ghi	۲۰۵/۴۶b-e
	۳/۵	کاربرد	۳۶/۶۹b-f	۳۲/۲۰cde	۴۶۵/۳d-g	۲۳۷/۹۶b
		عدم کاربرد	۳۶/۴۶c-f	۳۱/۸۰e	۵۲۷/۰b-e	۲۱۰/۵۰b-e
	۴/۵	کاربرد	۳۶/۰۰f	۳۱/۹۸de	۴۴۱/۰fgh	۱۹۹/۵۸b-e
		عدم کاربرد	۳۶/۱۱ef	۳۱/۸۳e	۴۱۵/۰ghi	۱۵۶/۰۰c-g
آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر	۰	کاربرد	۳۶/۵۳c-f	۳۳/۹۳a-d	۵۹۲/۰b	۱۱۶/۹۲fg
		عدم کاربرد	۳۷/۶۲a-e	۳۳/۹۶a-d	۴۹۶/۱c-f	۱۱۴/۵۸fg
	۱/۵	کاربرد	۳۷/۱۶a-f	۳۴/۹۵ab	۴۶۰/۸efg	۱۸۷/۰۸b-f
		عدم کاربرد	۳۸/۱۵ab	۳۴/۰۵a-d	۵۷۱/۳b	۱۵۱/۰۴c-g
	۳/۵	کاربرد	۳۷/۰۹a-f	۳۲/۸۰cde	۴۳۳/۳f-i	۹۹/۸۸h
		عدم کاربرد	۳۸/۴۲a	۳۴/۰۸a-d	۴۵۰/۷fgh	۱۰۰/۱۷g
	۴/۵	کاربرد	۳۷/۰۸a-f	۳۴/۲۲abc	۴۵۱/۰fgh	۲۲۶/۲۵bc
		عدم کاربرد	۳۷/۵۶a-f	۳۴/۱۸abc	۳۶۴/۹i	۱۸۲/۱۳b-f

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند

بحث

در این بررسی در شرایط تنش، سرعت فتوسنتز کاهش یافت ولی روی و جیبرلیک اسید به افزایش سرعت فتوسنتز کمک کردند. در شرایط تنش، نبودن تورژسانس سلولی کاهش تقسیم سلولی و کاهش هدایت روزنه‌ای یا بسته شدن روزنه‌ها، سبب کاهش فتوسنتز و رشد گیاه گردید (Nohong and Nompo, 2015). محققان اظهار داشتند که تنش خشکی باعث کاهش میزان سرعت فتوسنتز در گندم شد. نتایج نشان داده است که با افزایش تنش خشکی در لوبیای چشم‌بلبلی میزان سرعت فتوسنتز و تعرق کاهش می‌یابد که عمدتاً به دلیل بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد

اما با این حال دلایل غیر روزنه‌ای نیز دخیل هستند (Liu et al., 2004). نتایج تحقیقی بر روی گیاه بادرشبو نشان داد که محلول‌پاشی جیبرلیک اسید توانست با مکانیسم‌های مختلفی توانایی را در پاسخ به تنش خشکی افزایش دهد و سبب افزایش میزان فتوسنتز در گیاه شود (Abbaspour and Rezaei, 2014).

کمترین میزان سرعت تعرق از تنش متوسط با میزان ۱/۲۳ میلی مول آب بر مترمربع بر ثانیه گردید که بیانگر این است با اعمال تنش میزان تعرق کاهش می‌یابد که با نتایج Abbaspour and Rezaei (۲۰۱٤) مطابقت دارد. محققان اظهار داشتند که طی تنش خشکی به علت بسته شدن روزنه‌ها کاهش هدایت روزنه‌ای، سرعت تبادل گازی کاهش‌یافته و سبب کاهش سرعت تعرق می‌شود. درواقع زمانی که گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود، پتانسیل آب برگ در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد و سرعت تعرق و فتوسنتز به‌طور قابل توجهی قبل از اینکه خسارت در مقیاس بزرگ و قابل‌رؤیت اتفاق افتد، کاهش می‌یابد (Fateh, 2012).

در این مطالعه در شرایط تنش غلظت دی اکسید کرین کاهش یافت ولی جیبرلیک اسید و سولفات روی منجر به کاهش اثر تنش بر این ویژگی شدند. در شرایط تنش خشکی برای جلوگیری از سابیدگی، روزنه‌های گیاه بسته می‌شوند بر همین اساس در شرایط تنش خشکی ملایم سیستم فتوسنتزی آسیب نمی‌بیند و به فعالیت خود ادامه می‌دهد، ولی در چنین شرایطی روزنه‌ها بسته هستند که در نهایت منجر به کاهش غلظت دی‌اکسید کربن اتاقک زیر روزنه‌ای برگ و سرعت فتوسنتز می‌شود (Costa-Franca et al., 2000). در واقع گیاه برای کاهش اثرات سوء تنش خشکی میزان دی‌اکسید کربن بیشتری را در زیر روزنه ذخیره می‌کند. همچنین نتایج (Flexas and Medrano, 2002) مبنی بر آن بود که در زمان بروز تنش خشکی روزنه‌های گیاه بسته شده و در نتیجه انتشار دی‌اکسید کربن از اتمسفر به محل انجام کربوکسیلاسیون کاهش می‌یابد که منجر به کاهش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای و فتوسنتز می‌شود؛ بنابراین تنش ملایم باعث کاهش غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای می‌شود و گیاه سعی دارد میزان فتوسنتزش را بیشتر کند اما در ادامه به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و عدم فتوسنتز و مصرف دی‌اکسید کربن میزان آن افزایش می‌یابد لازم به ذکر است که جیبرلین نقش تعدیل‌کننده‌ای ایفا می‌کند تا از اثرات تنش بکاهد (Farahat et al., 2007).

در پژوهش اخیر در خصوص غلظت دی اکسید کرین زیر روزنه ای بیشترین میزان غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای مربوط به رژیم آبیاری نرمال بود که با تنش شدید اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان در شرایط تنش متوسط بود که با تنش شدید اختلاف معنی‌داری داشت که با گزارش Nohong and Nompo (۲۰۱۵) مطابقت داشت.

در مطالعه حاضر تنش خشکی موجب افزایش دمای کانوپی و دمای برگ شد اما سولفات روی و جیبرلیک اسید موجب به افزایش این شاخص در شرایط تنش شدند. Heydari و همکاران (۲۰۱٤) اظهار داشتند که تنش خشکی باعث افزایش دمای برگ گیاه آنسیون شد. اصولاً تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز سبب کاهش عملکرد می‌شود (Kordi et al., 2016). استفاده از عنصر روی در افزایش عملکرد و از سوی دیگر در تعدیل خسارت ناشی از تنش کم‌آبی نقش بسزایی دارد (Kordi et al., 2016). با توجه به نقش اساسی روی در بیوسنتز مواد رشدی مانند اکسین، می‌تواند ماده خشک بیشتری تولید کند و عملکرد افزایش یابد (Bani abbas et al., 2016). دلیل کاهش عملکرد در

شرایط تنش کاهش فتوسنتز و کاهش انتقال مواد به دانه‌ها می‌باشد (Vaezi–Rad et al., 2008).

در این بررسی بیشترین میزان دمای کانوپی مربوط تیمار ۳/۵ میلی‌لیتر در لیتر روی با میانگین ۳۷/۴۳ درجه بود که با تیمار ٤/٥ میلی‌لیتر در لیتر اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان مربوط به تیمار ٤/٥ میلی‌لیتر در لیتر روی با متوسط ۳٦/۸۲ درجه بود که با نتایج Akram و همکاران(۲۰۱۳) مطابقت داشت.

در خصوص دمای برگ اثر اصلی تنش و جیبرلین به ترتیب در سطح ۱ و ٥ درصد معنی‌دار شد و تنها اثر متقابل سولفات روی و تنش، جیبرلین تأثیر معنی‌داری بر دمای برگ داشت. بیشترین میزان دمای برگ مربوط به تنش شدید با میانگین ۳٤/۰۲ درجه بود که با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت. در شرایط تنش گیاه برای مقابله با تنش و کم کردن از دست دادن آب روزنه‌ها را می‌بندند، در نتیجه تبادلات گازی کمتر صورت می‌گیرد و دمای برگ افزایش می‌یابد با نتایج Anyia و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

در پژوهش اخیر تعداد غلاف در بوته در تیمار تنش خشکی کاهش یافت اما مصرف جیبرلیک اسید و یا مصرف ۳/۵ میلی لیتر بر لیتر روی و یا مصرف توام این دو ماده موجب افزایش تعداد غلاف در بوته شد. نتایج تحقیقات Bayat و همکاران (۲۰۱۰) و Kordi و همکاران(۲۰۱٦) موید همین مطلب است. نتایج این بررسی در خصوص اثر روی بر این صفت با نتایج تحقیق Anjum و همکاران (۲۰۰۹) که اعلام کردند محلول پاشی عنصر روی برباقلا سبب افزایش تعدادغلاف دربوته گردید مطابقت دارد.کاربرد جیبرلین سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته‌ها شد. با نتایج تحقیق Anjum و همکاران (۲۰۰۹) که اعلام کردند محلول پاشی عنصر روی برباقلا سبب افزایش تعداد غلاف دربوته گردید مطابقت دارد.

در بررسی حاضر تعداد دانه در غلاف در تیمار تنش خشکی کاهش یافت اما مصرف جیبرلیک اسید و یا مصرف ۳/۵ میلی‌لیتر بر لیتر روی و یا مصرف توام این دو ماده موجب افزایش تعداد دانه در غلاف شد.Bayat و همکاران (۲۰۱۰) و Kordi و همکاران (۲۰۱٦) اظهار داشتند که تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف شده است که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

در مطالعه کنونی وزن صد دانه در تیمار تنش خشکی کاهش یافت اما مصرف جیبرلیک اسید و یا مصرف ۳/۵ میلی لیتر بر لیتر روی و یا مصرف توام این دو ماده موجب افزایش وزن صد دانه شد. مصرف جیبرلین سبب افزایش وزن صد دانه در لوبیا بصورت معنی‌داری شد که با نتایج Gunes و همکاران (۲۰۰۵) برروی ماش مطابقت دارد. اثر مفید جیبرلین روی عملکرد دانه شاید در رابطه با انتقال بیشتر مواد آسیمیلات فتوسنتز به دانه‌ها در طول پرشدن دانه‌ها باشد که در نتیجه، باعث افزایش وزن دانه می‌شود (Gunes et al., 2005).

در تحقیق اخیر تنش موجب کاهش عمکلرد دانه شد، در این رابطه نتایج Kordi و همکاران (۲۰۱٦) و Yordanov (۲۰۰۳) موید این مطلب بود که با تنش خکی عملکرد کاهش یافت. در واقع دلیل کاهش عملکرد را می‌توان بدلیل کاهش فتوسنتز و کاهش انتقال مواد به دانه ها و نهایت منجربه کاهش عملکرد می‌شود دانست که با نتایج Yordanov (۲۰۰۳) منطبق است. در این بررسی با مصرف سولفات روی عمکلدر دانه هم در شرایط تنش و هم در شرایط عدم تنش افزایش یافت. نتایج Kordi و همکاران (۲۰۱٦) موید این مطلب است که استفاده از عنصر روی در افزایش عملکرد و از سوی دیگر در تعدیل خسارت ناشی از تنش کم آبی نقش بسزایی دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

مکان، جیبرلین و تنش رطوبتی و سطوح متفاوت سولفات روی دارای تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بودند. اثر متقابل جیبرلین و سولفات روی، و اثر سه گانه جیبرلین و تنش و سولفات روی در سطح ۵ درصد و اثر متقابل سولفات روی و تنش، و جیبرلین و تنش در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌دار بر عملکرد داشتند. تنش باعث کاهش سرعت فتوسنتز شد اما مصرف ۱/۵ میلی لیتر سولفات روی، در این شرایط را به‌عنوان تعدیل‌کننده اثر تنش را داشت و بیشترین سرعت فتوسنتز حاصل گردید همچنین محلول پاشی جیبرلین نیز سبب افزایش سرعت فتوسنتز شد. تنش دمای برگ و کانوپی مؤثر و باعث افزایش آن‌ها شد اما مصرف سولفات روی در سطوح کم و همچنین محلول پاشی جیبرلین توانستند دمای برگ وکانوپی را به‌عنوان تعدیل‌کننده اثرات تنش کاهش دهند.

References

Abbaspour, H. and Rezaei, H. (2014). Effect of Gibberellic Acid on Hill Reaction Rate, Photosynthetic Pigments and Phenolic Compounds in *Dracocephalum moldavica* L.. under Drought Stress Conditions. Journal of Plant Research. 27(5):893-903.

Akram, H.M, Ali, A., Sattar, A., Rehman, H.S.U. and Bibi, A. (2013). Impact of water deficit stress on various physiological and agronomic traits of three Basmati rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences. 23(5): 1415-1423.

Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C. and Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal Agriculture Research. 6(1): 2026-2032.

Anyia, A.O. and Herzog, H. (2004). Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. European Journal Agronomy. 20(1): 327-339.

Arshadi, M.J. (2016). Investigation of the effect of seeds inoculation of chickpea (*Cicer arietinium* L.) with arbuscular mycorrhiza and pseudo-endomycorrhiza in response to drought stress. Ph.D. Dissertation. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).

Bahamin, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Beheshti, S. (2019). Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative productivity of maize under drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12(1): 123-139. (In Persian with English Summery).

Bahamin, S., Parsa, S., and Ghoreishi, S. (2013). The Examination of Effects of Growth Stimulating and Salinity Bacteria on the Characteristics of Mentha spicata leaves. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(9):2119-2125.

Bani abbas, Z., Zamani, GH. and Sayari, M. (2012). Effect of Drought Stress and Zulfate on Performance and Some Physiological Properties of Sunflower. Environmental Journal. 6(1): 525-518.

Barzabadi, V., and Farahani, A. (2011). The effect of irrigation and foliar application of zinc sulfate on yield and yield components of chickpea in Arak. Ecophysiology of Crops (Agricultural Sciences), 5 (20):43-51. (In Persian with English Summary).

Bayat, A.A. Sepehri, A. Ahmadvand, G. and Dorri, H.R. (2010). Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 12 (1): 42-54.

Costa- Franca, M., ThuPham Thi, A., Pimentel. C., Pereyra Rossiello, R., Zuily-Fodil, Y. and Laffray, D. (2000). Differences in growth and water relations among Phaseolus vulgaris cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botany. 43(3): 227-237.

Ebrahimi, M, Bihamta, M, Hosein zade, A.A., Khialparast, F. and Golbashi,

M. (2010). Evaluation reaction yield and yield components of white bean genotypes under water stress conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 8: 347-358. (In Persian with English Summery).

Eisvand, H., Azarnia, M., Nazarian Firoozabadi, F., and Sharafi, R. (2011). The effect of gibberellin and abscisic acid on germination and some physiological characteristics of chickpea seeds and seedlings in rainfed and irrigated conditions. Iranian Journal of Crop Sciences (Iranian Agricultural Sciences), 42 (4):789-797. (In Persian with English Summary).

Farahat, M.M., Soad, M.M., Lobna, S.T. and Fatma, E.M. (2007). Response of vegetative growth and some chemical constituents of (*Cupressus sempervirens* L.) to foliar application of ascorbic acid and zinc at Nubaria. World Journal of Agricultural Sciences. 3(4): 496-502.

Fateh, H., Siosemardeh, A., Karimpoor, M. and Sharafi, S. (2012). Effect of drought stress on photosynthesis and physiological characteristics of barley. International Journal Farming and Allied Science. 1(2): 33-41.

Fathi, A., and Bahamin, S. (2018). The effect of irrigation levels and foliar application (zinc, humic acid and salicylic acid) on growth characteristics, yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences, 11(3):661-674.

Flexas, J. and Medrano, H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C3-plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany. 183 (2): 183-189.

Foladvand, F., Khoshkhabar, H., Naghdi, N., Hosseinabadi, M., Bahamin, S., and Fathi, A. (2017). The effect of sowing date and nitrogen on yield, and essential oil of German chamomile. Scientia Agriculturae, 19 (3): 85-92.

Ghanbari, M., Moqtasi Bidgoli, A. and Talebi Siahsaran, P. (2018). Effect of biofertilizers on yield components, yield, protein and soybean oil (*Glycine max* Merrill.) Under different irrigation regimes. Journal of Plant Environmental Physiology. 52: 1-15.

Grewal, H.S. and Williams, R. (2000). Zinc nutrition affects alfalfa response to water stress and excessive moisture. Journal Plant Nutrition. 23: 942-962.

Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F. and Guzelordu, T. (2005). Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition inmaize (*Zea mays* L.). Archives of Agronomy and Soil Science. 51 (1): 687-695.

Heydari, N., Puriosef, M. and Tavakoli, A. (2014). The Effect of Drought Stress on Photosynthesis, its Related Parameters and Relative Water Content of Pimpinella anisum L. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology). 27 (5): 212-228.

Kardoni, F., Bahamin, S., Khalil Tahmasebi, B., Ghavim-Sadati, S.H., and Vahdani, S.E. (2019). Yield Comparisons of Mung-bean as Affected by Its Different Nutritions (Chemical, Biological and Integration) under Tillage Systems. Journal of Crop Ecophysiology, 13(49 (1)):87-102.

Keikha, M., Noori, M., and Keshtehgar, A. (2017). Effect of salicylic acid and gibberellin on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata*). Iranian Journal Pulses Research, 7(2):138-151. (In Persian with English Summary).

Khan, H.R., G.K. McDonald, Z. and Rengel, A. (2004). Zinc fertilization and water stress affects plant water relations, stomatal conductance and osmotic adjustment in chickpea (*Cicer arientinum* L.), Plant and Soil. 21(3): 271–284.

Kheiri, N., Ajam Norouzi, H., Mobasir, H. and Torabi, B. (2017). Effect of zinc and silica by nanoparticle spraying and soil application methods on some physiological traits of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Plant Environmental Physiology. 48: 52-64.

Kordi, S., Marsafari, M., Tahmasebi, Z.S., Hahkarami, G.H., Gerami, L.,

Taghi Zadeh, A.E. and GHanbari, F. (2016). Effect of zinc spray on seed yield, grain protein and bean straw (*Phaseolus vulgaris*) under low water stress conditions under Ilam weather conditions. Agronomy Journal. 11(1): 21-34.

Liu, F., Jensen, C.R. and Andersen, M.N. (2004). Pod set related to photosynthetic rate and endogenousABA concentration in beans subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at earlyreproductive stages. Annual of Botany. 94(7): 405-411.

Maleki, A., and Fathi, A. (2019). Multivariate Statistical Analysis to Yield of Canola under Drought Stress and Spraying of Gibberellin and Salicylic Acid. Journal of Crop Nutrition Science, 5(3):1-11. (In Persian with English Summary).

Maleki, A., Fathi, A., and Bahamin, S. (2020). The effect of gibberellin hormone on yield, growth indices, and biochemical traits of corn (*Zea Mays* L.) under drought stress. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 15(59), 1-16. (In Persian with English Summary).

Mehdi Nejad, N., Jamalpour, H., Fakhri, B. and Khaje, M. (2019). Investigation of Response of some Physiological Properties and Seed Yield of Portulaca oleracea L. to Drought Stress and Foliar Application of Nano Chelate. Journal of Plant Environmental Physiology. 54: 74-89.

Naseri, Z., Abbassi, F. and Mahmoodzadeh, H. (2012). Effects of different water deficit levels and GA3 on the accumulation of proline and soluble and insoluble sugars in leaves of a new cultivar of barley (*Hordeum vulgar* L.). Journal on Plant Science Researches. 22(2): 1-10.

Nohong, B. and Nompo, S. (2015). Effect of water stress on growth, yield, proline and soluble sugars contents of Signal grass and Napier grass species. American Merican-eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 9(5): 14-21.

Rezaei, A., Lotfi, B., Jafari, M., and Bahamin, S. (2015). Survey of effects of PGPR and salinity on the characteristics of Nigella leaves. Biological Forum–An International Journal, 7(1): 1045-1049.

Sanchez, F.J, De Andres, E.F, Tenorio, J.L. and Ayerbe, L. (2003). Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisums ativum* L.) subjected to water stress. Field Crop Research. 86: 81-90.

Vaezi -Rad, S., Shekari, F., Shirani Rad, A.H. and Zangani, A. (2008). Effects of water stress at different growth stages on yield and yield components of red bean. Modern Science of Sustainable Agriculture Journal, 10:85-94.

Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. (2003). Plant response to drought and stress tolerance. Bulgaria Journal Plant Physiol (Special Issue). 2(3): 187-206.

Zabet, M., Bahamin, S., Ghoreishi, S., Sadeghi, H., and Moosavi, S.G. (2015). Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative yield of aboveground part of forage pear millet (*Pennisetum glaucum*) in Birjand. Environmental Stresses in Crop Sciences, 7(2):187-194.