نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره ۴ / سال ۱۴۰۱/ صفحات ۲۳۲-۲۱۷

The Effect of Sulfur with *Thiobacillus* inoculant on Drought Stress of Khatoni Melon (*Cucumis melo* L.) cultivar

Saber Torab Ahmadi[1], Bahram abedi[2*], Yahya Selahvarzi[3], Morteza Smaeili[4]

Received: 03 October 2021 Accepted: 14 March 2022
1- Postgraduate Dept. of Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2- Assoc. Prof., Dept. Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
3- Assist, Prof.., Dept Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
4- Postgraduate Dept. of Horticulture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
*Corresponding Author Email: Abedy@um.ac.ir

Abstract

Objective: The aim of this study was to investigate the effect of *Thiobacillus* inoculant and sulfur bio bacteria on drought stress in Khatouni melon plants.

Materials & Methods: The experiment was conducted as split plots in a three-replication based on randomized complete block design with three-replication Irrigation regime as the main plot with levels of 100, 75 and 50% of melon water requirements and fertilizer treatments as a sub-plot with three levels of thiobacillus (without inoculum, 250 and 500 kg sulfur per hectare along with 5 and 10 kg of bacterial inoculum with a population of 10^7 bacteria per gram of inoculum).

Results: The results of this study indicate that all the studied agronomic traits were strongly affected by stress, so that drought stress had a significant impact on all the traits. On the other hand, sulfur plus thiobacillus reduced the negative effects of water stress and led to significant increases in total chlorophyll content, carotenoids, number of fruits per plant, and fruit weight at various levels of dehydration. Thus, the application of the Third level of sulfur, compared to not consuming it, increased the yield by 12.2, 24.5 and 14.8% at levels 50, 75 and 100 of melon water requirement, respectively. A significant effect of drought stress interaction with the sulfur application was seen on all traits studied except for orifice conductance at the level of one percent. The highest number of fruits per plant (3.1), the amount of proline (28.33 mg/kg fresh leaf weight), the average weight of fruit (3.14 kg), the amount of chlorophyll and carotenoids (0.82 and 0.39, respectively) mg/kg leaf fresh weight) and total yield (34 tons per hectare) were obtained in the treatment of 100% water requirement of melon + 500 kg of sulfur per hectare with 10 kg of bioazospir 2. The highest amount of proline (1.69 mg/g fresh leaf weight) was found in melon treated with 75% water and 500kg of sulfur per hectare with 10kg of bioazospir 2.

Conclusion: The application of sulfur and thiobacillus can improve growth traits and increase yield in melon, irrespective of its irrigation level. Moreover, the use of sulfur and thiobacillus in the treatment of dehydration results in 75% of the water requirement of 500 kg of sulfur per hectare with 10 kg of bioazospir 2. It was also observed that with increasing dehydration stress (50% of water requirement), the effect of sulfur and thiobacillus on improving growth traits and yield declined.

Keywords: Water Requirement, Proline, Bioazosphere, Chlorophyll, Stomatal Conductance

بررسی تأثیر گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس روی تنش کم آبی رقم خربزه (*Cucumis melo* L.) خاتونی

صابر تراب احمدی[۱]، بهرام عابدی[۲*]، یحیی سلاح ورزی[۳]، مرتضی اسماعیلی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳- استادیار گروه علوم باغبانی ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
* مسئول مکاتبه: E-mail: abedyi@um.ac.ir

چکیده

اهداف: این پژوهش به منظور بررسی تأثیر باکتری زیستی تیوباسیلوس و گوگرد روی تنش کم آبی در رقم خربزه خاتونی انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. رژیم آبیاری به عنوان کرت اصلی در سطوح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی خربزه و تیمارهای کودی به عنوان کرت فرعی شامل سه سطح تیوباسیلوس (شاهد: صفر گوگرد و صفر تیوباسیلوس، ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد+ در هکتار همراه با ۵ و ۱۰ کیلوگرم مایه تلقیح باکتری با جمعیت 10^7 باکتری در گرم مایه تلقیح) بودند.

یافته ها: نتایج این پژوهش نشان داد صفات زراعی مورد مطالعه به شدت تحت تأثیر اعمال تنش قرار گرفتند به طوری که تنش کم آبی اثر معنی‌داری روی تمام صفات مورد بررسی داشت. از طرفی کاربرد گوگرد + تیوباسیلوس اثرات منفی تنش آبی را کاهش داد و با افزایش معنی‌دار صفات میزان کلروفیل کل، کاروتنوئید، تعداد میوه در بوته و وزن میوه نقش مهمی را در افزایش عملکرد در سطوح مختلف کم آبی داشت. به طوری که کاربرد سطح ۳ گوگرد نسبت به عدم مصرف آن، باعث افزایش ۱۲/۲، ۲۴/۵ و ۱۴/۸ درصدی میزان عملکرد، به ترتیب در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نیاز آبی خربزه شد. اثر برهمکنش تنش خشکی و کاربرد گوگرد بر تمام صفات مورد بررسی به جز میزان هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین تعداد میوه در بوته (۳/۱)، میزان پرولین (۲۸/۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ)، متوسط وزن میوه (۳/۱۴ کیلوگرم)، میزان کلروفیل و کاروتنوئید (به ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۳۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ)و عملکرد کل (۳۴ تن در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی خربزه + ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۱۰ کیلوگرم بیوآزوسپیر۲ به دست آمد. بیشترین میزان پرولین (۱/۶۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی خربزه + ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۱۰ کیلوگرم بیوآزوسپیر۲ به دست آمد.

نتیجه گیری: به طور کلی کاربرد گوگرد+ تیوباسیلوس می تواند باعث بهبود صفات رشدی و افزایش عملکرد خربزه، در سطوح مختلف آبیاری شود و بیشترین میزان تأثیر کاربرد گوگرد + تیوباسیلوس در تیمار کم آبی ۷۵ درصد نیاز آبی به میزان ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۱۰ کیلوگرم بیوآزوسپیر۲ مشاهده شد و با افزایش تنش کم آبی (۵۰ درصد نیاز آبی) تأثیر گوگرد و تیوباسیلوس در بهبود صفات رشد و عملکرد خربزه کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: نیاز آبی، پرولین، بیو آزوسپیر، کلروفیل، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

خربزه با نام علمی *Cucumis melo* یکی از محصولات مهم باغبانی از خانواده Cucurbitaceae می‌باشد. خربزه یک محصول مهم اقتصادی است و ایران یکی از کشورهای مهم تولید کننده این محصول است که با تولید بیش از ۸۵۰ هزار تن، مقام چهارم تولید خربزه دنیا را به خود اختصاص داده است (فائو ۲۰۱۹). خربزه در بین محصولات جالیزی با ۶۹ درصد سطح زیر کشت و ۷۲ درصد میزان تولید، رتبه اول را از لحاظ میزان سطح زیر کشت و میزان تولید در ایران دارا می‌باشد همچنین خربزه در استان خراسان رضوی با سطح زیر کشت ۳۲۴۰۸ هکتار و با متوسط عملکرد ۲۰/۷ تن در هکتار و میزان تولید سالیانه بیش از ۶۶۷ هزار تن، مقام نخست سطح زیر کشت و تولید خربزه را در کشور داراست (آمارنامه کشاورزی ۲۰۱۹).

تنش‌های زیستی و غیر زیستی مهم ترین عواملی هستند که رشد و متابولیسم گیاه را به شدت محدود می‌کنند (مکبول و همکاران ۲۰۱۱) تنش غیرزیستی نظیر خشکی، شوری، گرما، باد عامل اصلی از دست رفتن محصول در سراسر جهان است و متوسط عملکرد بیشتر گیاهان زراعی را بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌دهد (بری و همکاران ۲۰۰۰). در بررسی تنش‌های مختلف، تنش خشکی یکی از گسترده‌ترین و شایع‌ترین تنش‌های محیطی است (ساروهنگلر ۲۰۱۲). خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان است که ۴۰ تا ۶۰ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان را تحت تأثیر خود قرار داده است تنش خشکی از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک و فیزیولوژیک بر جنبه‌های مختلف رشد تأثیر می‌گذارد که شدت خسارت بستگی به طول دوره‌ی تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است. این تنش باعث کاهش فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه می‌شود (عبدالجلیل و همکاران ۲۰۰۹). در سال‌های اخیر به دلیل تغییرهای اقلیمی و گرم شدن کره زمین، بحث خشکسالی به مسأله جدی برای تولیدکنندگان بخش کشاورزی تبدیل شده است به نحوی که در بسیاری از مناطق، منابع آب به حداقل مقدار کاهش یافته، سطح آب در سفره‌های زیر زمینی پایین رفته و کیفیت آب نامطلوب شده است. راه‌کارهایی که برای مقابله با کمبود آب و خشک‌سالی ارائه شده است شامل مدیریت بهینه منابع آب موجود، تلاش‌هایی در جهت کمینه هدر رفت آب و شناخت ارقام متحمل به خشکی که در بین این راه‌کارها، شناخت ارقام متحمل به خشکی و صفاتی که تحت تأثیر قرار می‌گیرند اهمیت بیشتری دارد (الشازلی ۲۰۱۴؛ فرهادی ۲۰۰۳). بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل، باعث توجه بیشتری به مطالعه در مورد اثرات تنش خشکی شده است (صفائی و همکاران ۲۰۱۸).

گیاهان خانواده کدوئیان به دلیل رشد سریع به خصوص در مراحل اولیه رشد و داشتن برگ‌های بزرگ به مقدار زیادی آب برای رشد و نمو نیاز دارند این عوامل باعث شده که کاهش مقدار رطوبتی خاک موجب کاهش عملکرد کدوئیان شود (کورکماز و همکاران ۲۰۰۷). خربزه در مقایسه با سایر گیاهان جالیزی به آب کمتری نیاز دارد ولی به علت دوره رشد طولانی و درجه حرارت بالا در مناطق خربزه‌کاری، مدیریت آبیاری و توجه به آبیاری منظم ضروری می‌باشد. خربزه در مناطق خشک و نیمه خشک کشت می شود تنش محیطی رایجی که بر خربزه وارد می‌شود تنش خشکی است که به طور قابل ملاحظه ای رشد گیاه و عملکرد میوه را کاهش می‌دهد (برزگر و همکاران ۲۰۱۱). به منظور به دست آوردن حداکثر عملکرد محصول خربزه و حفظ بیشتر آب برای اهداف اقتصادی و کشاورزی توجه به آبیاری مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است (بنسوا و همکاران ۲۰۱۲). اگرچه تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف در طی سال‌های گذشته مطالعه شده است ولی تحقیقات کمی در مورد اثرات خشکی بر خربزه در ایران انجام شده است (دلشاد و همکاران ۲۰۱۳).

گوگرد از عناصر غذایی ماکرو (پر مصرف) برای گیاهان و متداول ترین ماده برای اسیدی کردن خاک به شمار می‌رود که ضمن کاهش اسیدیته خاک باعث افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی می‌شود و از این طریق باعث افزایش کمیت و بهبود کیفیت محصول می‌شود (هیتسودا و همکاران ۲۰۰۵) تأثیر گوگرد به منظور تأمین نیاز گیاه به این عنصر و یا بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه زمانی مؤثر خواهد بود که گوگرد به میزان

قابل توجهی در خاک اکسید شود (جانزن و همکاران ۱۹۸۷). گوگرد به دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسید سولفوریک، پتانسیل لازم برای کاهش PH خاک را دارا بوده، بنابراین می‌تواند در منطقه ریزوسفر در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری مؤثر واقع شود. لذا استفاده از گوگرد عنصری به عنوان یک ماده اسید زا به منظور افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک‌های آهکی کاربرد دارد (بحراتی و پونگوتای ۲۰۰۸ و کایا و همکاران ۲۰۰۹). اکسیداسیون گوگرد در خاک توسط طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌های خاکزی صورت می‌گیرد که باکتری‌های جنس تیوباسیلوس از مهمترین و رایج ترین آن ها محسوب می شوند. این باکتری‌ها با اکسایش گوگرد در خاک‌های قلیایی، گوگرد موجود در خاک را به صورت SO_4^{-2} قابل جذب برای گیاهان در می‌آورد و می‌تواند در کاهش واکنش خاک، تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، انحلال برخی عناصر غذایی ضروری و افزایش قابلیت جذب آن‌ها مؤثر واقع شوند (شعبانی و همکاران ۲۰۱۶؛ راویکاندرا و همکاران ۲۰۰۷). تیوباسیلوس‌ها ضمن اکسایش ترکیبات احیای گوگردی به منظور کسب انرژی، مقداری اسید سولفوریک تولید می کنند که اسید حاصله در آزادسازی عناصر تثبیت شده در خاک‌های آهکی مؤثر می‌باشد (بشارتی و همکاران ۲۰۰۴). بنابراین، چنانچه گوگرد عنصری در سطح خاک پخش و همراه با مواد آلی بلافاصله به زیر خاک جایگذاری شود عمل اکسیداسیون گوگرد در جوار رطوبت و باکتری‌های تیوباسیلوس سریع تر انجام خواهد گرفت (حامدی و جعفری ۲۰۰۷).

در مطالعات انجام شده کاربرد گوگرد در خاک به دلیل اکسایش آن، ضمن تأمین سولفات مورد نیاز گیاه سبب کاهش موضعی pH خاک در منطقه ریزوسفر گیاه، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی مختلف و در نهایت بهبود وضعیت تغذیه گیاه می گردد (بامیفتا ۲۰۰۰؛ آتالا و همکاران ۱۹۹۹). نرولا و همکاران (۱۹۷۲) با بررسی تأثیر کاربرد گوگرد و گوگرد+باکتری تیوباسیلوس بر میزان pH خاک های آهکی گزارش کردند که بیشترین میزان کاهش pH ، مربوط به تیمار گوگرد+ تیوباسیلوس بود که pH خاک از ۹/۸ به ۷/۶ کاهش داده است. بشارتی و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی قابلیت چند ماده برای تولید مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس و مطالعه اثر آن همراه با گوگرد بر افزایش جذب برخی عناصر غذایی و رشد گیاه ذرت گزارش کردند که گوگرد به تنهایی بر میزان عملکرد، فسفر و آهن جذب شده توسط گیاه تأثیر معنی داری نداشته است ولی بر مقدار روی جذب شده مؤثر بوده است این در حالی است که تلقیح باکتری های تیوباسیلوس با گوگرد بر میزان عملکرد، آهن و روی جذب شده توسط ذرت در سطح ۵ درصد معنی داری داشته ولی بر فسفر جذب شده تأثیر معنی داری نداشته است. صلحی و درخشنده (۲۰۰۰) با انجام یک تحقیق در مورد بررسی اثرات گوگرد در قابلیت جذب عناصر غذایی کم مصرف توسط درختان سیب گزارش کردند مصرف گوگرد همراه کود حیوانی نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد محصول شده است. در گزارشی دیگر کاربرد گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس توانسته است با بهتر نمودن وضعیت تغذیه نهال های خرما، بر شاخص های رشد رویشی نهال ها تاثیر معنی داری داشته باشد (دیالمی و محبی ۲۰۱۰). سلیم پور و همکاران (۲۰۱۰) در گزارشی به نقش مؤثر باکتری تیوباسیلوس در افزایش عملکرد کلزا در خاک های آهکی اشاره کردند.

با توجه به شرایط اقلیمی گرم و محدودیت منابع آبی، تنش خشکی تهدید جدی برای عملکرد محصولات مختلف زراعی از جمله خربزه است از این رو بررسی صفات رشدی تحت تأثیر تنش به منظور شناسایی راهکارهای مناسب برای تولید خربزه در شرایط نامساعد محیطی ضروری است. از طرفی بهره‌گیری از روش‌های کم خطر زیستی که بتواند میزان عملکرد را تحت شرایط کم آبی بهبود ببخشد اهمیت فراوانی دارد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۹ در یکی از مزارع شهرستان تربت جام اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. رژیم آبیاری به عنوان کرت

اصلی در سطوح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی خربزه و تیمارهای کودی به عنوان کرت فرعی شامل سه سطح تیوباسیلوس (بدون مایه تلقیح،۲۵۰ کیلوگرم گوگرد همراه با ۵ کیلوگرم مایه تلقیح و ۵۰۰ کیلوگرم همراه با ۱۰ کیلوگرم مایه تلقیح باکتری با جمعیت 10^7 باکتری در گرم مایه تلقیح) بودند.

منبع تأمین گوگرد، گوگرد عنصری دانه بندی شده با نسبت ۹۰ درصد گوگرد عنصری و ۱۰ درصد بنتونیت بود و منبع تأمین باکتری تیوباسیلوس، کود زیستی بیوآزوسپیر ۲ بود که هر بسته‌ی یک کیلوگرمی به ازای مصرف ۵۰ کیلوگرم گوگرد استفاده شد. مقادیر تیماری گوگرد+تیوباسیلوس حین کاشت و به صورت نواری مصرف شد.

شهرستان تربت جام در فاصله ۱۶۰ کیلومتری جنوب شرقی از مرکز استان، در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی و ۶۰ درجه و ۶۴ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۹۲۸ متری از سطح دریا قرار دارد. اقلیم منطقه گرم و خشک بیابانی می‌باشد. پس از آماده شدن زمین در تاریخ ۲۳ فروردین، بذور رقم خربزه خاتونی با فاصله‌ی ردیف سه متر و فاصله‌ی بوته‌ها ۵۰ سانتی‌متر کشت شد. کاشت بذور به روش دستی و به فواصل مساوی در روی ردیف به تعداد ۶ تا ۸ عدد در عمق ۵ سانتی‌متر بود.

جدول (۱) نتایج حاصل از تجزیه خاک مزرعه

جدول ۱- مشخصات خاک محل انجام آزمایش

بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری ($g.cm^{-3}$)	هدایت الکتریکی ($dS.\ m^{-1}$)	pH	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (%)	ماده آلی (٪)
لوم رسی شنی	۱/۳۵	۳/۱	۷/۵	۲۴۱	۱۲/۸	۰/۰۸۷	۱/۱۱

در پژوهش حاضر، آبیاری به طور منظم با دور آبی ۳ روز برای همه‌ی گیاهان تا زمان استقرار کامل در خاک انجام گرفت. پس از استقرار کامل بوته‌ها، عملیات تنک صورت گرفت و در هر گودال یک بوته سالم باقی گذاشته شد. در ادامه تیمارهای کم‌آبیاری در مرحله پنج – شش برگی اعمال شد. نیاز آبی گیاهان شاهد با میانگین بلند مدت داده‌های روزانه شاخص‌های هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک تربت جام (جدول ۲) و رابطه‌ی ۱ برآورده شد.

رابطه‌ی ۱ $$ET_C = ET_0 \times K_C$$

در این رابطه ET_C، نیاز آبی خربزه (میلی متر در روز)؛ ET_0، تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و K_C، ضریب گیاهی خربزه است. مقادیر ET_0 بر اساس روش استاندارد فائو –پنمن–مانتیث برآورد شدند (وزیری و همکاران، ۲۰۰۹). پس از محاسبه مقادیر ET_C ، مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه خربزه بر اساس فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره ای) و دور آبیاری برآورد و سپس در هر نوبت به گیاه داده شدند. نیاز آبی به ازای هر بوته، مجموع آب داده شده در طول دوره رشد به هر بوته محاسبه گردید که در این صورت مقدار نیاز آبی هر بوته برای تیمار شاهد (۲۵۰/۷ لیتر) برآورد شد. نیاز آبی سایر تیمارهای کم آبی بر اساس نیاز آبی تیمار شاهد (۴۷۷۰ متر مکعب در هکتار) و درصد نیاز آبی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰) برآورد و توزیع شد.

در زمان برداشت (۱۱۵ روز پس از کشت) میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید، تعداد میوه در بوته، میزان هدایت روزنه‌ای، متوسط وزن میوه و عملکرد کل محاسبه شد. به منظور ارزیابی عملکرد، تمام میوه‌ها پس

جدول ۲ - میانگین بلندمدت شاخصهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک تربت جام در دورهٔ رشد گیاه خربزه

دمای هوا (oC)			سرعت باد ($km.hr^{-1}$)	ساعات آفتابی در روز	میانگین رطوبت نسبی	روزهای آفتابی در ماه	متوسط میزان بارندگی (mm)
کمینه	بیشینه	میانگین					
۱۹	۲۳	۲۸/۲	۲۷/۳۵	۱۲/۲۹	۲۶/۷۵	۲۲/۷۵	۲۴/۶

از برداشت با ترازوی دیجیتالی وزن شده و عملکرد کل بر اساس کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. برای اندازه گیری متوسط وزن میوه، میوه‌های هر تکرار از هر تیمار برداشت و سپس میانگین وزن میوه هر تیمار محاسبه گردید. در زمان برداشت میوه، تعداد میوه در بوته شمارش شد. برای اندازه گیری پرولین، ۳۵ روز پس از اعمال تیمارهای آبیاری نمونه‌های برگی تازه جمع آوری و ۵۰۰ میلی گرم برگ را در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک هموژنایزه شد و محتوای پرولین طبق روش ناین هیدرین اسید اندازه گیری شد. (بیتس و همکارن ۱۹۷۳).

هدایت روزنه ای: هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر (DELTA-T DEVICE LTD, ENGLAND) اندازه گیری شد. اساس کار دستگاه اندازه گیری مدت زمان مورد نیاز برای این که رطوبت نسبی یک محفظه کوچک که در کنار برگ قرار گرفته است به حد مشخص بالا رود، طراحی شده است.

اندازه گیری میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید: مقدار کلروفیل برگ طبق روش لیچتنتالر (لیشتن تایر ۱۹۸۷) در پایان آزمایش اندازه گیری شد. ۰/۲۵ گرم نمونه‌های تازه‌ی برگ با استون ۸۰٪ استخراج شد. جذب نور محلول پس از سانتریفیوژ شدن با سرعت ۴۸۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه، در سه طول موج ۴۷۰، ۶۴۵، ۶۶۳ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل photonix Ar 2017 Teifsanje P. P. Co. Ltd.) قرائت شد و سپس مقدار کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئیدها از روابط زیر محاسبه شدند.

$$Chl_a\ (mg\ g^{-1}\ tissue) = 12.25\ A_{663} - 2.79\ A_{645} \times (\frac{V}{W\times1000})$$
$$Chl_b\ (mg\ g^{-1}\ tissue) = 21.50\ A_{645} - 5.10\ A_{663} \times (\frac{V}{W\times1000})$$
$$Chl_{a+b}\ (mg\ g^{-1}\ tissue) = 7.15\ A_{663} + 18.71\ A_{645} \times (\frac{V}{W\times1000})$$
$$C_{x+c}\ (mg\ g^{-1}\ tissue) = (1000\ A_{470} - 1.82\ C_a - 85.02\ C_b)/198 \times (\frac{V}{W\times1000})$$

که در این معادله‌ها Chl_a مقدار کلروفیل a، Chl_b مقدار کلروفیل b، Chl_{a+b} مقدار کلروفیل کل، C_{x+c} مقدار کاروتنوئید، v حجم نهایی عصاره در استون ۸۰٪ و w وزن تازه بافت برای عصاره گیری بر حسب گرم است

عملیات آماری: تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم افزار JMP13(SAS Institute Cary, NC) انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون HSD (توکی) انجام گرفت.

نتایج و بحث

کلروفیل کل و کاروتنوئیدها

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثرات اصلی کم آبی، گوگرد+تیوباسیلوس و اثرات متقابل این تیمارها بر صفات میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. بیش ترین میزان کلروفیل و کاروتنوئید به ترتیب با مقدار ۰/۸۲ و ۰/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کاربرد سطح ۳ گوگرد به دست آمد و کمترین میزان کلروفیل و کاروتنوئید به ترتیب با مقادیر ۰/۵۳ و ۰/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و عدم کاربرد و کاربرد سطح ۲ گوگرد به دست آمد (جدول ۴).

نتایج لطفی و همکاران (۲۰۱۸) نشان می دهد اثر کم آبی بر میزان کلروفیل و کاروتنوئید روی خربزه معنی‌دار بود به طوری که میزان کلروفیل و کاروتنوئید به تر تیب از ۰/۶ و ۰/۴۴ در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۰/۳۸ ۰/۳۲ میلی گرم بر گرم وزن تر در تیمار ۳۳ درصد نیاز آبی کاهش یافت. خیری و همکاران ۱۳۹۷ با تحقیقی

روی لوبیا گزارش کردند تنش خشکی باعث افزایش محتوای کلروفیل می شود که این افزایش را می توان به تغییر در اندازه سلول‌های برگ و ضخیم شدن سلول ها نسبت داد.

تنش خشکی از طریق کاهش آب واکوئل و اندازه سلول سبب کاهش آب برگ می شود. علت کاهش آب برگ باز شدن روزنه‌ها و خروج آب به صورت تعرق از گیاه است و از آنجایی که رطوبت در دسترس گیاه و ریشه‌ها کم است، رشد ریشه‌های گیاه افزایش می یابد تا جذب آب افزایش یابد ولی چون رطوبت خاک کم است این امر نمی تواند آب خارج شده از گیاه را تأمین نماید در نتیجه آب برگ کاهش می‌یابد. بروز این فرآیندها از فتوسنتز گیاه ممانعت نموده، باعث تغییر در محتوای کلروفیل و صدمه به ساختارهای فتوسنتزی می‌شود (پر و همکاران ۲۰۱۸). عوامل محدود کننده فتوسنتز در تنش خشکی در دو گروه عوامل محدود کننده روزنهای و غیر روزنه‌ای قرار می‌گیرند .از عوامل محدود کننده غیر روزنه‌ای می‌توان به کاهش و یا توقف سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها اشاره کرد محققان تغییرات متابولیکی را عامل کاهش سطوح رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه ذرت خوشه‌ای در شرایط تنش خشکی بیان نمودند. این محققان گزارش کردند که کاهش کارایی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات سبب کاهش سنتز کارتنوئیدها و کلروفیل‌ها می‌شود(الیویرا و همکاران ۲۰۰۹). همچنین گوگرد همواره عنصری مؤثر در تشکیل کلروفیل گیاهان بوده است (عبدو و همکاران ۲۰۱۱). در پژوهشی گزارش شد تنش کم آبی در مراحل رشدی، اثر مستقیم بر بیوشیمی کلروپلاست نظیر کاهش فعالیت فتوسیستم I و II، بازدارندگی سیکل کالوین و کاهش فسفوریلاسیون نوری دارد (واجید و همکاران ۲۰۰۷). این عامل باعث کاهش آسیمیلاسیون‌های تولیدی و کاهش عملکرد میشود ولی کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس با آزادسازی عناصر معدنی مورد نیاز در شرایط تنش میزان کلروفیل برگ را افزایش داده و مانع کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود (ارمان و کاپلان ۲۰۰۷).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات متقابل سطوح آبیاری و کود گوگرد + تیوباسیلوس روی صفات کمی و کیفی خربزه

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل	کاروتنوئید	تعداد میوه در بوته	هدایت روزنه‌ای	میزان پرولین	متوسط وزن میوه	عملکرد کل
بلوک	۲	۰/۱۰۳**	۰/۰۲۵**	۰/۰۱ns	۰/۰۰۱۴ns	۰/۰۳۷ns	۰/۰۱ns	۱/۵۴ns
آبیاری	۲	۰/۰۹۶**	۰/۰۲۴**	۳/۵۷**	۰/۳۱*	۰/۹۱۷**	۳/۵۷**	۵۲۲/۴**
خطای اصلی	۴	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱۷	۰/۰۱۴	۰/۰۰۷	۱/۷۳
کود	۲	۰/۰۲۵**	۰/۰۰۶**	۰/۳۷**	۰/۰۷۷ns	۰/۳۳ ns	۰/۳۷**	۳۱/۲*
آبیاری × کود	۴	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۴۷**	۰/۰۱۸ns	۰/۱۱۴**	۰/۰۴۷**	۲/۵۶**
خطای فرعی	۸	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۲۶	۰/۰۰۱	۰/۰۴
ضریب تغییرات (٪)	–	۲۰/۱	۲۱/۴	۲۴/۶	۳/۸	۷/۵	۲۴/۲	۲۶/۲

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

تعداد میوه در بوته

تعداد میوه در بوته از مهم‌ترین اجزای مؤثر در عملکرد می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که تعداد میوه در بوته تحت اثر تنش کم آبی، کود زیستی گوگرد + تیوباسیلوس و بر همکنش آن‌ها قرار گرفت و اختلافات به وجود آمده از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد میوه در بوته شد ولی مصرف توأمان تیوباسیلوس و گوگرد در

شرایط تنش از کاهش تعداد میوه جلوگیری کرد و بالاترین تعداد میوه در بوته (۳/۱) از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و مصرف سطح ۳ گوگرد + تیوباسیلوس به دست آمد (جدول ۴).

در تحقیقی گزارش شد تنش کم‌آبی روی درصد گوشت میوه و ضخامت پوست خربزه اثر معنی‌دار نداشته ولی تعداد میوه در بوته را کاهش داد (کابلو و همکاران ۲۰۰۷). لطفی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی روی طالبی گزارش کردند تنش کم آبی روی میوه طالبی باعث کاهش تعداد میوه در بوته از ۱/۳۱ در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۰/۹۵ در آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه گردید. در پژوهشی گزارش شد باکتری‌های جنس تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد ضمن تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، با کاهش pH خاک به‌طور غیر مستقیم در اطراف ریشه‌ها باعث افزایش جذب عناصری چون فسفر، روی و آهن و دیگر عناصر غذایی کم مصرف شده و موجب افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (ملکوتی و همکاران ۲۰۱۰). رضا پور و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند تنش خشکی روی سیاه دانه باعث کاهش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول شد ولی کاربرد گوگرد در تنش‌های خشکی یکسان باعث افزایش تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول شد.

کاهش تعداد میوه در بوته ممکن است تحت اثر تنش خشکی در زمان گلدهی و گرده افشانی باشد که ممکن است باعث خشک شدن دانه گرده و کلاله مادگی در اثر کم آبی و به دنبال آن عدم تلقیح مناسب و سقط گل باشد. که این عوامل می تواند باعث کاهش تعداد گل در متر مربع و کاهش گل‌های بارور و مثمر شود.

جدول ۴ – مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح آبیاری و کود گوگرد + تیوباسیلوس روی صفات کلروفیل کل، کاروتنوئید و تعداد میوه در بوته روی خربزه

تیمار		کلروفیل کل (mg/g FW)	کاروتنوئید (mg/g FW)	تعداد میوه در بوته
سطوح آبیاری	کود			
۱۰۰٪	**شاهد**	۰/۷۱^{c}	۰/۳۳^{c}	۲/۶۵^{c}
	۲۵۰ گوگرد× ۵ تیوباسیلوس	۰/۷۷^{b}	۰/۳۶^{b}	۲/۹۱^{b}
	۵۰۰ گوگرد× ۱۰ تیوباسیلوس	۰/۸۲^{a}	۰/۳۹^{a}	۳/۱^{a}
۷۵٪	**شاهد**	۰/۵۷^{d}	۰/۲۶^{d}	۱/۹۵^{e}
	۲۵۰ گوگرد× ۵ تیوباسیلوس	۰/۶۹^{c}	۰/۳۲^{c}	۲/۳۷^{d}
	۵۰۰ گوگرد× ۱۰ تیوباسیلوس	۰/۷۲^{c}	۰/۳۴^{c}	۲/۵۷^{c}
۵۰٪	**شاهد**	۰/۵۳^{e}	۰/۲۴^{e}	۱/۵۶^{g}
	۲۵۰ گوگرد× ۵ تیوباسیلوس	۰/۵۶^{de}	۰/۲۶^{de}	۱/۵۹^{fg}
	۵۰۰ گوگرد× ۱۰ تیوباسیلوس	۰/۵۹^{d}	۰/۲۷^{d}	۱/۷۲^{f}

هدایت روزنه ای

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر اصلی تنش کم آبی، بر صفت میزان هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی‌دار بود ولی اثر گوگرد و اثر متقابل آن با تیمار کم آبی معنی دار نشد (جدول ۳). مشاهدات این آزمایش نشان داد با افزایش تنش کم آبی

میزان هدایت روزنه ای کاهش یافت و بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد میزان هدایت روزنه ای با کاربرد گوگرد ۲۵۰ گوگرد× ۵ تیوباسیلوس نسبت به شاهد افزایش یافت ولی تفاوت‌های حاصله از نظر آماری معنی‌دار نشدند (جدول ۴).

برزگر و همکاران ۱۳۹۷ در پژوهشی گزارش کردند با اعمال تنش کم آبی روی هندوانه میزان هدایت روزنه ای کاهش می یابد به طوری که به طوری‌که بیشترین مقدار هدایت روزنه‌ای در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین آن در تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد که با یافته های این پژوهش مطابقت **دارد**.

جدول ۵ – مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح آبیاری و کود گوگرد + تیوباسیلوس روی صفات متوسط وزن میوه، میزان پرولین و عملکرد کل خربزه

تیمار		متوسط وزن میوه (kg)	میزان پرولین (mg/g FW)	عملکرد کل ($t.ha^{-1}$)
سطوح آبیاری	کود			
۱۰۰٪	شاهد	۲/۵۳^{cd}	۱/۴۱^{c}	۳۰/۳^{c}
	۲۵۰ گوگرد× ۵ تیوباسیلوس	۲/۹۴^{b}	۱/۵۲^{bc}	۳۲/۵^{b}
	۵۰۰ گوگرد× ۱۰ تیوباسیلوس	۳/۱۴^{a}	۱/۵۷^{ab}	۳۴^{a}
۷۵٪	شاهد	۱/۹۹^{e}	۱/۴۸^{bc}	۲۲/۸۷^{f}
	۲۵۰ گوگرد× ۵ تیوباسیلوس	۲/۴۱^{d}	۱/۶۱^{ab}	۲۶/۲۳^{e}
	۵۰۰ گوگرد× ۱۰ تیوباسیلوس	۲/۶۱^{c}	۱/۶۹^{a}	۲۸/۴^{d}
۵۰٪	شاهد	۱/۶^{f}	۱/۴^{c}	۱۶/۲^{i}
	۲۵۰ گوگرد× ۵ تیوباسیلوس	۱/۶۳^{f}	۱/۴۱^{c}	۱۶/۹۳^{h}
	۵۰۰ گوگرد× ۱۰ تیوباسیلوس	۱/۷۶^{f}	۱/۳۸^{c}	۱۸/۱۶^{g}

متوسط وزن میوه

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار کم آبی، کاربرد گوگرد و اثر متقابل این تیمارها به طور معنی‌داری متوسط وزن میوه را افزایش داد (جدول ۳) به طوری که بیشترین وزن میوه ۳/۱۴ در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد کود گوگردی ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۰ کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس و کمترین ۱/۶ در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه در تیمار عدم مصرف کود گوگردی تیوباسیلوس حاصل شد (جدول ۵).

حیدریان و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند تنش کم‌آبی تأثیر منفی بر وزن میوه داشت، به گونه‌ای که با کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه متوسط

وزن میوه از ۱۵۰۴ گرم به ۱۰۵۷ گرم کاهش یافت. محققان به مطالعه سه سطح آبیاری روی خربزه (۹۵، ۸۰ و ۶۵) شاهد کاهش معنی دار وزن میوه با کاهش آبیاری گردیدند (موسوی و همکاران ۲۰۰۹). محققان گزارش کردند که در شرایط کمبود آب، میوه‌ها کوچکتر و عملکرد کاهش می‌یابد (سنسوی و همکاران ۲۰۰۷). در اثر تنش کم‌آبی، سطوح اکسین و جیبرلین کاهش می‌یابد و باعث توقف تقسیم سلولی و طویل شدن سلول می‌شود و در نتیجه رشد رویشی و وزن میوه کاهش می‌یابد (رفای ۲۰۰۳). کاهش وزن میوه به دلیل پیری برگ و کاهش فتوسنتز نیز می‌باشد که در اثر تنش به وجود می‌آید (سارکر و همکاران ۲۰۰۴). کاهش متوسط وزن میوه می‌تواند به دلیل کاهش رطوبت در دسترس ریشه باشد که این کاهش رطوبت خاک باعث اختلال در جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود و سطوح عناصر معدنی را در اندام‌های مختلف گیاه کاهش می‌دهد (بالیگار و همکاران ۲۰۰۱).

پرولین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد میزان پرولین برگ تحت تاثیر تیمار کم آبیاری و برهمکنش تیمارهای مورد بررسی قرار گرفت در حالی که تأثیر گوگرد و تیوباسیلوس بر میزان پرولین برگ خربزه معنی دار نشد (جدول ۳). پرولین برگ تحت اثر تنش کم‌آبی افزایش یافت به طوری که با اعمال تنش کم آبی تا سطح ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه میزان پرولین افزایش یافت و با اعمال تیمار کودی در سطوح مختلف آبیاری میزان پرولین برگ افزایش یافت (جدول ۵).

آران و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی روی ارقام انگور گزارش کردند با افزایش شدت تنش خشکی میزان پرولین در ارقام مورد بررسی افزایش و پس از آبیاری مجدد مقدار پرولین کاهش یافت. زینلی و همکاران (زینلی و همکاران ۲۰۱۲) با بررسی سه سطح آبیاری روی سه ژنوتیپ دستنبوی و طالبی ایرانی افزایش مقادیر پرولین را با افزایش شدت تنش کم آبی گزارش کردند. برزگر و همکاران (۲۰۱۳) نیز با بررسی اثر تنش کم آبی روی خربزه گزارش کردند که با افزایش شدت تنش مقدار پرولین افزایش یافت. رضا پور و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی روی سیاه دانه گزارش کردند تنش خشکی و کاربرد گوگرد باعث افزایش میزان پرولین شد. طبق گزارش برزگر و همکاران (۲۰۱۸) محتوای پرولین بافت برگ در همه ی توده های مورد بررسی هندوانه با اعمال تنش کم آبی افزایش یافت. در پژوهشی با اعمال تنش خشکی روی بادمجان، میزان پرولین افزایش یافت (سارکر و همکاران ۲۰۰۴). نصری و خلعتبری (۲۰۱۶) در گزارشی روی ذرت دانه ای دریافتند اعمال تنش خشکی و کاربرد کود گوگرد + تیوباسیلوس باعث افزایش محتوای پرولین می شود.

یکی از پاسخ‌های مشترک گیاهان به تنش کمبود آب تجمع پرولین است که به عنوان یک محلول سازگار، یک محافظ اسمزی و یک عامل حفاظتی برای آنزیم‌های سیتوپلاسمی و اندامک‌های سلولی عمل می‌کند. علاوه بر این، پرولین به عنوان یک منبع نیتروژن در کاهش صدمات و ترمیم رشد در شرایط تنش نقش دارد (آیدین و همکاران ۲۰۱۲). تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند که در طول دوره‌ی تنش خشکی از آثار اکسیداتیو محافظت شده و گیاه بتواند بعد از رفع تنش رشد خود را بازیابی کند. اما در تنش طولانی مدت سودمندی آن کاهش و تجمع آن حتی اثر منفی بر عملکرد خواهد گذاشت زیرا منابع فتوسنتزی گیاه به سمت فرآیندهای مقابله به تنش و بقاء منحرف می‌شود (روشن ۲۰۰۲). ترکیبات محافظ اسمزی با قابلیت حلالیت بالا در آب، گیاه را در مقابل تنش کم‌آبی مقاوم می‌کند (ردی و همکاران ۲۰۰۶). افزایش میزان پرولین همراه با افزایش شدت تنش خشکی به گیاهان برای حفظ محتوای آب بافت‌ها کمک و از افزایش صدمات خشکی جلوگیری می‌کند (کراسنسکی ۲۰۱۲ ؛ مدهاوا و همکاران ۲۰۰۶). پرولین در حفظ فشار اسمزی نقش عمده‌ای دارد و با حذف رادیکال‌های آزاد مانع از آسیب رسیدن به غشاء سلولی می‌شود (کراسنسکی ۲۰۱۲). بر اساس نظر محققان در زمان بروز خشکی در گیاهان بر تجمع ترکیب های آلی همانند پرولین افزوده می شود (لاولور و کامیک ۲۰۰۲). تجمع پرولین در بافت های گیاهان تحت تنش می تواند تا حدودی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه برای

گیاهان فراهم کند و از این طریق تحمل گیاه را در برابر کم آبی بیشتر می‌کند (طیبی و همکاران ۲۰۱۲). به نظر می‌رسد که تیوباسیلوس با فراهمی آب و عناصر معدنی مورد نیاز گیاه و افزایش فعالیت آنزیمهای اکسیدکننده و بالابردن محتوای اسمولیتها نقش مهمی در افزایش تحمل به کم‌آبیاری دارد (گانگ و همکاران ۲۰۰۳).

عملکرد کل

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثرات اصلی کم آبی، گوگرد+تیوباسیلوس و اثرات متقابل این تیمارها بر عملکرد کل از لحاظ آماری معنی‌دار بود. نتایج نشان داد اعمال تنش خشکی بیشتر باعث کاهش عملکرد بیشتر می شود ولی اعمال کود گوگردی+ باکتری تیوباسیلوس توانست سبب کاهش تاثیر منفی بر عملکرد شود به طوری که مصرف گوگرد و تیوباسیلوس در سطح ۲ نسبت به عدم مصرف آن، باعث افزایش ۴/۵، ۱۴/۶۹ و ۷/۲۶ درصدی عملکرد کل، به ترتیب در سطوح ۵۰، ۷۵ ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و همچنین مصرف گوگرد و تیوباسیلوس در سطح ۳ نسبت به عدم مصرف آن، افزایش ۱۴/۸، ۲۴/۵ و ۱۲/۲۱ درصدی را به ترتیب در سطوح ۵۰، ۷۵ و۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه داشت (جدول ۴).

سنسوی و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی بر روی خربزه نتیجه گرفتند که در شرایط کمبود آب میوه‌ها کوچکتر و عملکرد کاهش می‌یابد تنش کم‌آبیاری در مرحله گلدهی اساساً بر عملکرد طالبی مؤثر بوده و کمترین عملکرد را باعث می‌شود (الشازلی و همکاران ۲۰۱۴). حیدریان و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی گزارش کرد تنش کم آبی باعث کاهش عملکرد ۴۱۰۲۶ کیلوگرم در هکتار در آبیاری ۱۰۰ درصد به ۱۸۲۲۳ کیلوگرم در هکتار در آبیاری ۴۰ درصد گردید. دلشاد و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر تنش کم‌آبی روی خربزه گزارش کردند تنش کم آبی باعث کاهش متوسط وزن میوه و عملکرد می‌شود. برزگر و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی روی طالبی گزارش کردند تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد از ۳۴۷۳۲ کیلوگرم در هکتار در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۱۳۳۵۷ کیلوگرم در هکتار در آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه گردید. نصری و خلعتبری (۲۰۱۶) در آزمایشی روی ذرت دانه ای نتیجه گرفتند اعمال تنش کم آبی باعث کاهش عملکرد شد ولی کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس در مراحل مختلف رشدی ذرت، این کاهش عملکرد را جبران کرد. در تحقیق دیگری نیز مشاهده شد که کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری همراه با باکتری تیوباسیلوس بیشترین اثر را روی کاهش pH خاک و افزایش عملکرد ذرت داشت (انسوری و غلامی ۲۰۱۵).

تنش خشکی با کاهش پتانسیل آب برگ باعث کاهش آماس سلولی می شود که به دنبال آن صفات مؤثر بر عملکرد کاهش می یابد و درنتیجه کاهش عملکرد را در پی دارد (دارابی و همکاران ۲۰۱۱). کاهش عملکرد و وزن متوسط میوه در نتیجه کم‌آبی ممکن است به دلیل عدم رطوبت کافی خاک در منطقه ریشه باشد که در نتیجه آن فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف از جمله جذب مواد غذایی، رشد گیاه، فتوسنتز و تجمع ماده خشک گیاهی کاهش می‌یابد و این منعکس کننده وزن متوسط و عملکرد کمتر در اثر تنش کم‌آبی می‌باشد (سیمسک و همکاران ۲۰۱۱). در طول دوره تنش سطح کل برگ کاهش می‌یابد و کاهش سطح برگ در اثر تنش کم‌آبی، دلیل اصلی کاهش عملکرد است (پئو و همکاران ۱۹۸۳).

استفاده از نهاده های گوگردی بوم سازگار نظیر کودهای گرانوله در کنار کاربرد باکتری های جنس تیوباسیلوس به شکل کودهای بیولوژیک نیز می تواند نقش مفیدی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی به ویژه در خاک های نواحی خشک و آهکی داشته باشد (رضوانی مقدم و همکاران ۲۰۱۴).

با توجه به نتایج به دست آمده کاهش تعداد میوه و متوسط وزن میوه تحت تنش کم‌آبی منجر به کاهش عملکرد کل گردیده است. به نظر می‌رسد با کاهش سطح برگ و تعرق گیاهی که با اعمال تنش به وجود می‌آید تقاضا برای جذب عناصر غذایی از ریشه کاهش می‌یابد و پتانسیل اسمزی خاک افزایش می‌یابد در نتیجه با کاهش جذب عناصر غذایی از خاک فرآیندهای رشد و نموی مؤثر در عملکرد کاهش یافته و تولید محصول را کاهش می‌دهند.

نتیجه گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد صفات زراعی مورد مطالعه به شدت تحت تأثیر اعمال تنش قرار گرفتند به طوری که تنش کم آبی اثر معنی‌داری روی تمام صفات مورد بررسی داشت. از طرفی کاربرد گوگرد + تیوباسیلوس اثرات منفی تنش آبی را کاهش داد و با افزایش معنی‌دار صفات میزان کلروفیل کل، کاروتنوئید، تعداد میوه در بوته و وزن میوه نقش مهمی را در افزایش عملکرد در سطوح مختلف کم آبی داشت. به طوری که کاربرد سطح ۳ گوگرد نسبت به عدم مصرف آن، باعث افزایش ۱۲/۲، ۲۴/۵ و ۱۴/۸ درصدی میزان عملکرد، به ترتیب در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نیاز آبی خربزه شد. اثر برهمکنش تنش خشکی و کاربرد گوگرد بر تمام صفات مورد بررسی به جز میزان هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین تعداد میوه در بوته (۳/۱)، میزان پرولین (۲۸/۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ)، متوسط وزن میوه (۳/۱۴ کیلوگرم)، میزان کلروفیل و کاروتنوئید (به ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۳۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ)و عملکرد کل (۳۴ تن در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی خربزه + ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۱۰ کیلوگرم بیوآزوسپیر۲ به دست آمد. بیشترین میزان پرولین (۱/۶۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی خربزه + ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با ۱۰ کیلوگرم بیوآزوسپیر۲ به دست آمد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی همراه با کاهش رشد صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه بود به طوری که همه‌ی صفات مورد بررسی تحت تأثیر تنش کم‌آبی کاهش معنی‌داری یافت اما از طرفی این تنش به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد گوگرد+ باکتری تیوباسیلوس قرار گرفت و کاربرد این تیمار کودی تحت تنش های مختلف آبیاری میزان عملکرد صفات را بهبود بخشید و باعث افزایش همه‌ی صفات رشدی به جز میزان هدایت روزنه‌ای شد.

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های بررسی تنش خشکی درک مکانیسم‌ها و فرآیندهایی است که گیاه تحت تنش با آن مواجه می‌شود و هرچه دانش ما نسبت به واکنش گیاهان به تنش و عوامل تنش زا افزایش یابد توانایی ما در مدیریت تنش‌های محیطی و کنترل خسارت‌های وارده بیشتر خواهد شد. از طرفی در راستای کشاورزی پایدار استفاده از کود گوگردی + باکتری زیستی تیوباسیلوس در غلظت‌های مختلف به جای کودهای شیمیایی می تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد تحت شرایط کم‌آبی داشته باشد.

سپاسگزاری

با تشکر و سپاس فراوان از جناب مغنی باشی مسئول مزرعه خربزه تربت جام و جناب مهندس عبدالرحیم تراب احمدی کارشناس زراعت اداره جهاد کشاورزی تربت جام که بنده را در تدوین و تکمیل این پژوهش یاری نمودند.

منابع مورد استفاده

Abd El-Aal FS, Shaheen AM, Ahmed AA and Mahmoud AR, 2010. Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on the growth and yield and characteristics of squash. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6: 583-588.

Abdel-Mawgoud AMR, Tantaway A, Hafez MM, Habib HAM, 2010. Seaweed extract improves growth, yield and quality of different watermelon hybrids. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6:161–168.

Abdou A, Soaud AA, Al-Darwish FH, Saleh ME. El-Tarabily KA, Sofian-Azirun M, Motior RM, 2011. Effects of elemental sulfur, Phosphorus, micronutrients and Paracoccus versutus on nutrient availability of calcareous soils. Australian Journal of Crop Science, 5(5), 554-561.

Abduljalil C, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Somasundaram R and Panneerselvam R, 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Agricultural and Biological Sciences, 11: 100-105.

Agricultural Statistics, Volume I: Crops (2018-2019), Ministry of Agriculture Jihad, Deputy of Planning and Economics, Bureau of Statistics and Information Technology.

Anjam SHA, Yuxie X, Chang Wang L, Saleem MF, Chlei W, 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal Agricultural Research, 9: 2026-2032.

Ansori A and Gholami A, 2015. Improved nutrient uptake and growth of maize in response to inoculation with Thiobacillus and Mycorrhiza on an alkaline soil. Communication in soil Science and Plant Analysis, 46 (17): 2111-2126.

Aran M, Abedi B, Tehranifar A, And Parsa M, 2017. Effect of drought stress on some morphological and physiological characteristics of three grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars. Journal of Horticultural Science, 31(2): 315-326

Attalla AM, Attia MM and Hoda S.A. 1999. Effect of some NPK fertilizer on 'Zaghloul' date palm cultivar yield and fruit characteristics. Proc. The International Conference on Date Palm. Assiut, Egypt, 223-235.

Aydin A, Kant C and Turan M, 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. African Journal of Agricultural Research, 7(7): 1073-1086.

Baligar V., Fageria NK, and H ZL, 2001. Nutrient use efficiency in plants. Communication in soil Science and Plant Analysis, 32, 921-950.

Bamiftah MAO. 2000. Effect of potassium fertilization and bunch thinning on the yield and the annual of leaves and flower clusters of 'Zaghloul' Date palms. Horticulture Section, Agricultural Research Center, P.O. Box 9041, Fax (+967)5403187, Seiyun, Hadhramout Governorate, Yemen.

Barzegar T, Delshad M, Majdabadi A, Kashi AS and Ghashghaei Zh, 2013. Effect of water deficit stress on growth, yield and some physiological indices of Iranian melon. Iranian Journal of Horticultural Science, 42(4): 357-363.

Barzgar T, Parkhide J, Nekonam F and Nikbakht J, 2018. Investigation of growth, functional and physiological reactions of some watermelon masses to dehydration stress. Plant Biology of Iran. 10 (36): 73-88. ((In Persian).

Bates LS, Waldren, RP and Tear ID. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.

Benešová M, Holá D, Fischer L, Jedelský PL, Hnilička F, Wilhelmová N, Rothová O, Kočová M, Procházková D, Honnerová J, Fridrichová L, and Hniličková H, 2012. The physiology and proteomics of drought tolerance in maize: Early stomatal closure as a cause of lower tolerance to short-term dehydration PLoS one. 7: 1-17.

Besharati H and Heydarnejad S.F, 2011. Investigation of sulfur oxidation and release of some nutrients in calcareous soils of Kerman province... 12th Iranian Soil Science Congress, Tabriz. 3-5 September 2011.

Besharati H Khavazi K and N. Saleh-Rastin, 2001. Evaluation of some carriers for Thiobacillus inoculants used along with sulfur to increase uptake of some nutrients by corn and improve its performance. Plant Soil Science, 92: 672-673. (In Persian).

Bharathi C and Poongothai S, 2008. Direct and residual effect of sulphur on growth, nutrient uptake, yield and its use efficiency in maize and subsequent greengram. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 4(5):368-372.

Botella MA, Cerda A, Martinez V and Lips SH, 1994. Nitrate and ammonium uptake by wheat seeding as affected by salinity and light. Journal of Plant Nutrition, 17(5), 839- 850.

Bray EA, Bailey-Serres J, Weretilnyk E, 2000. Responses to abiotic stresses. In: Gruissem W, Buchannan B, Jones R, eds. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Rockville, MD; pp. 1158– 1249.

Cabello MJ, Castellanos MT, Romojaro F, Martinez-Madrid C, and Ribas F, 2009. Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates. Agricultural Water Management, 96: 866-874.

Darabi M, Dashti F, Gholami M, Mosadeghi MR and Mirfattah, M, 2011. The Effect of Drought Stress on Yield and Some Characteristics of Morphology and Physiology of Leek. Iranian Journal of Horticultural Science, 24(1): 95-103. (In Persian).

Delshad M, Barzegar T, Kashi A, and Haghbin K, 2013. Effect of fruit storage on stem on qualitative and quantitative characteristics of two Iranian melon populations under normal and water deficit conditions. Iranian Horticultural Sciences, 44(2): 169-178. (In Persian).

Delshad M, Barzegar T, Kashi A, and Haghbin K, 2013. Effect of fruit storage on stem on qualitative and quantitative characteristics of two Iranian melon populations under normal and water deficit conditions. Iranian Horticultural Sciences, 44(2): 169-178.

El-Shazly SM, Mustafa NS and Ei-Berry IM, 2014. Evaluation of fig cultivars grown under water stress conditions in newly reclaimed soils. Middle–East Journal Science Research, 21:1167-1179.

El-Shazly SM, Mustafa NS and Ei-Berry IM, 2014. Evaluation of fig cultivars grown under water stress conditions in newly reclaimed soils. Middle–East Journal Science Research, 21:1167-1179.

Farhadi A, 2003. Application of polyethylene mulches and irrigation methods to reduce water and sand consumption in crop plants. Eighth National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction, February 27-28. Shahid Bahonar University of Kerman.

Gong H, Zhu X, Chen K, Wang S and Zhang CH, 2003. Effects of silicon on growth of wheat under drought. Journal Plant Nutrition, 26: 1055-1063.

Hamedi F and Jaefari H, 2007. Investigation of the effects of sulfur consumption, Thiobacillus bacteria and manure on quantitative and qualitative properties of canola. Proceedings of the Second Scientific-Applied Seminar on Iranian Oilseeds and Vegetable Oils, 113 - 117. (In Persian).

Hamzehi J and Babaie M, 2016. Response of morphological traits, yield components and yield of pumpkin (*cucurbita pepo* L.) To the integrated management of irrigation interval and nitrogen fertilizer. Electronic Journal of Crop Production, 9 (4), 17-35. (In Persian).

Heydarian N, Barzegar T and Ghahremani Z, 2017. The effect of water deficit stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of some native melon populations of Iran, Journal of Agricultural Crop Production, 19(2): 287-302. (In Persian).

Hitsuda K Yamada, M and Klepker D, 2005. Sulfur requirement of eight crops at early stages of growth. Agronomy Journal, 97: 155-159.

Reputable meteorological site at: https://www.worldweatheronline.com/

Janzen H and Bettany J, 1987. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil Science, 144: 81-89.

Kaya M, Kucukyumuk Z and Erdal I, 2009. Effects of elemental sulfur and sulfur-containing waste on nutrient concentrations and grown on calcareous soil. African Journal of Biotechnology, 8(18): 4481-4489.

Khalil SE, Nahed G, Aziz AE and AbouLeil BH, 2010. Effect of water stress and ascorbic acid on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. Journal of American Science, 6: 33-44. (In Persian).

Korkmaz A, Uzunlu M, and Demirkiran AR, 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. Acta Physiologiae Plantarum, 29: 503-508.

Krasensky J and Jonak C, 2012. Drought, salt, and temperature stress induced metabolic rearrangements and regulatory networks. Journal of Experimental Botany, 63:1593–1608.

Lawlor DW and Cornic G, 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment, 25: 275-294.

Madhava KV, Raghavendra AS and Janardhan Reddy K 2006. Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants (Eds.). Springer, printed in Netherland, 15-39.

Mahajan S and Tuteja N, 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Biochem Biophysical. 444: 139-158.

Makbul S, SaruhanGüler N, Durmuş N and Güven S, 2011. Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress. Turkish Journal of Botany, 35: 369–377.

Malakouti MJ, Baybordi A, Lotfolahi M., Shahabi A, Siavoshi K, Vakil R, Ghaderi J, Shahabifar J, Majidi A and Jafarnejadi A, 2010. Comparison of complete and sulfur coated urea fertilizers with pre-plant urea in increasing grain yield and nitrogen use efficiency in wheat. Journal of Agricultural Science and Technology, 10:173-183.

Margarita M, Crosby KM and Eliezer S, 2002. Differential gene expression analysis in melon roots under drought stress conditions. Subtropical Plant Science, 54: 6-10.

Mousavi SF, Mostafazadeh-Fard B, Farkhondeh A and Feizi M, 2009. Effects of deficit irrigation with saline water on yield, fruit quality and water use efficiency of cantaloupe in an arid region. Journal Agricultural Sciences Technology, 11: 469-479.

Narula N, Mishra MM and Vyas SR, 1972. The effect of Thiobacillus inoculation on alkali soils. Indian Journal. Agricultural Chemistry, 7(1): 85-87.

Nasri M and Khalatbari M, 2016. Effect of Thiobacillus and Sulfur on Yield and Biochemical Properties of Corn Maize (Maxima Hybrid) in Under-Irrigation Conditions in Varamin Region. Journal of Crop Physiology, 8 (29): 89-103. (In Persian).

Oliviera-Neto CF, Silva-Lobato AK, Goncalves-Vidigal MC, Costa, RCL, Santos.Filho BG, Alves GAR, Silva-Maia WJM, Cruz FJR, Neres HKB and Santos Lopes MJ, 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Science and Technology, 7: 588-593.

Orman S and Kaplan M, 2007. Effects of elemental sulfur and organic manure on sulfur, zinc, and total chlorophyll contents of tomato in a calcareous sandy loam soil. Journal of Soil Science Society of America 55: 85-90.

Per TS, Iqbal M, Khan R, Anjum NA, Masood, A, Hussaina SJ, Khan N, 2018. Jasmonates in plants under abiotic stresses: Crosstalk with other phytohormones matters. Environmental and Experimental Botany, 145, 104-120.

Pew WD, and Gardner BR, 1983. Effects of irrigation practices on vine growth, yield and quality of muskmelons. Journal of the American Society for Horticultural Sciences, 108: 134-137.

Ravichandra P, Gopal Mugeraya A, Gangagni Rao M., Ramakrishna V and Annapurna Jetty Y, 2007. Isolation of Thiobacillus sp from aerobic sludge of distillery and dairy effluent treatment plants and its sulfide oxidation activity at different concentrations. Journal of Environmental Biology, 28 (4): 819-823.

Reddy AR, Chiatanya KV and Vivekanandan M, 2006. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology, 161: 1189- 1202.

Refaie KM, 2003. Studies on controlling soil moisture within root zones to minimize water loss to the surrounding environment. M. Sc. Thesis, Institute of Environmental Studies and Research, Ain Shams University Cairo Egypt, pp 85-89.

Rezapor A, Heydari M, Galoy M and Ramrodi M. 2011. The effect of drought stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield and yield components and (Nigella sativa L.) osmotic regulators in black seed medicinal plant. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 27(3): 384-396.

Rezapor AR, Heidari M, Galavi M and Ramrodi M. 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grian yield, grain yield components and osmotic adjustment in Nigella sativa L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(3): 384-396. (In Persian).

Rezavanimoghadam P, Amiri MB, Seyedi SM, 2014. Effect of organic and biofertilizer application on yield, oil content and fatty acid composition of sesame oil. Iranian Journal of Crop Sciences, 16(3): 209-221. (In Persian).

Roshan B, 2002. The Effect of Super Absorbent Polymer on Quantitative and Qualitative Increase in Agricultural Products, Second Specialized Training Course, Agricultural and Industrial Application of Super Absorbent Hydrogels Iranian Petrochemical Polymer Research Institute. pp 147-157.

Safaei Z, Azizi M and Aouei H, 2018. And the judgment of race, g. Effect of irrigation intervals and natural anti-transpiration compounds on morphological, physiological traits and Seed Water Productivity Index. Journal of Horticultural Science, 32(3): 371-382. (In Persian).

Salimpour SK, Khavazi K, Nadian H, Besharati H and Miransari M, 2010. Enhancing phosphorous availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. Aust. Journal. Crop Science, 4: 330-334. (In Persian).

Sarker BC, Hara M and Uemura M, 2004. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. Scientia Horticulturae, 103, 387-402.

Sarker BC, Hara M, and Uemura M, 2004. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. Scientia Horticulturae, 103, 387-402.

Saruhan Güler N, Sağlam A, Demiralay M, Kadıoğlu A, 2012. Apoplastic and symplastic solute concentrations contribute to osmotic adjustment in bean genotypes during drought stress. Turkish Journal of Biology, 36: 151–160.

Sensoy S, Ertek A, Gedik I, and Kucukyumuk C, 2007. Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field grown melon (*Cucumis melo* L.). Agricultural Water Management, 88: 269-274.

Shabani G, Khoshkho SH, Khorami M, jafarzadeh M and Akbarabadi A, 2016. Effect of sulfur and biofertilizers application on yield and yield components of linseed (*Linum ustatissimum* L.) Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 108:35-42. (In Persian).

Shao HB, Chu LY, Jaleel CA and Zhao CX, 2008. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies, 331, 215-225.

Shao HB, Chu LY, Jaleel CA, Manivannan P, Panneerselvam R and Shao MA, 2009.Under standing water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants– biotechnologically and sustainably improving agriculture and the eco-environment in arid regions of the globe. Critical Reviews in Biotechnology 29(2): 131-151.

Simsek M, and Comlekcioglu N, 2011. Effects of different irrigation regimes and nitrogen levels on yield and quality of melon (*Cucumis melo* L.). African Journal of Biological, 10(49): 10009-10018.

Solhi M and Derakhshande E, 1999. Investigation of the effects of sulfur on the ability to absorb trace elements on apple trees in Isfahan, Abstract of the articles of the 6th Iranian Soil Science Congress, Ferdowsi University of Mashhad, 167-176. (In Persian).

Tayebi A, Afshari H, Farahvash F, MasoodSinaki J and Nazarat S, 2012. Effect of drought stress and different planting dates on safflower yield and its components in Tabriz region. Iranian Journal of plant physiology, 2 (3): 445- 453. (In Persian).

Vaziri ZH, Salamat A, Ansari M, Meschi M, Heidari N and Dehqany Sanych H, 2009. Evapotranspiration plant (water consumption guidelines for plants) (Translation). Publications of the National Committee of Irrigation and Drainage, printing, Tehran. (In Persian).

Wajid A, Hussain K, Maqsood M, Ahmad A and Hussain A, 2007. Influence of drought on water use efficiency in wheat in semi-arid regions of Panjab. Soil and Environments, 26: 64-68.

Zineley N, Delshad M, Kashi AS and Haghbin K, 2012. Effect of Water Stress on Yield and Some Qualitative Characteristics of Three Genotypes of Darnbo and Cantaloupe of Iran. Iranian Journal of Horticultural Science, 43(4): 403-410. (In Persian).