

ارزیابی اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی خربزه تحت شرایط کاربرد کود دامی و بنتونیت

حبیب رستمی^۱، مهدی دهمرده^{۲*}، محمد گلوی^۳، محمود رمرودی^۳، محمدرضا نارویی راد^۳

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- ژنتیک و اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زابل، زابل، ایران

* مسئول مکاتبه: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.309564.1141

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۶

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر صفات خربزه تحت شرایط کاربرد کود دامی و بنتونیت آزمایشی به صورت اسپلیت-فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ اجرا گردید. کرت اصلی شامل آبیاری پس از تخلیه ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت خاک و کرت فرعی شامل کاربرد بنتونیت در سطوح ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار و استفاده از کود دامی به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار بود. نتایج نشان داد عملکرد میوه در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت همراه با ۲۰ تن در هکتار کود دامی در سال اول آزمایش با میانگین ۲/۲۰ تن در هکتار و ۷۴/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. غلظت پروتئین به میزان ۰/۴۲۲ میکرومول بر گرم وزن تر برگ با ۸۳/۱۷ درصد افزایش نسبت به شاهد در هر دو سال با مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به ترتیب به میزان ۳۲/۶۰ و ۴/۱۵ $\text{OD.g}^{-1}.\text{FW.min}^{-1}$ با ۹۹/۶۹ و ۹۲/۷۸ درصد افزایش نسبت به شاهد در سال اول با مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک و کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت مشاهده شد. به منظور دستیابی به عملکرد میوه بالاتر، آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک، کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت و ۲۰ تن در هکتار کود دامی برای کشت در منطقه هیرمند پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، سوپرچادب، عملکرد میوه، کاتالاز، کلروفیل

مقدمه

(2011). مقایسه سهم تولید محصولات زراعی و باغی کشور نشان می‌دهد که به رغم محدودیت منابع آب و خاک در استان و حاکم بودن شرایط طبیعی، استان سیستان و بلوچستان نقش قابل توجهی در تولید برخی از محصولات باغی و زراعی در کشور دارد؛ به طوری که حدود ۹/۶۱ درصد محصولات جالیزی کشور به این استان اختصاص دارد، استان از لحاظ تولید محصولات جالیزی رتبه چهارم را داراست (Shihaki Tash, 2016). بر اساس گزارش سازمان جهاد کشاورزی سیستان و بلوچستان، سطح زیر کشت محصولات جالیزی در منطقه سیستان ۹ هزار و ۵۰۰ هکتار اعلام گردیده که از این میزان در سطح پنج هزار و ۵۰۰ هکتار خربزه کشت می‌شود. به طور معمول از هر هکتار از زمین‌های زیر کشت محصولات جالیزی در این منطقه ۱۸ تن خربزه برداشت می‌شود. سالانه حدود ۹۹ هزار تن خربزه محلی در منطقه سیستان تولید می‌شود (IRNA, 2021).

سبزیجات از مهم‌ترین تولیدات اقتصادی کشور محسوب می‌شوند. نقش سبزیجات در سلامت جامعه انسانی قابل توجه است. در مجموع، مصرف سرانه سبزیجات و صیفی‌جات، ۱۴۴ کیلوگرم برآورد شده است که از میزان توصیه شده سازمان بهداشت جهانی (۱۰۱ کیلوگرم) بالاتر است. مصرف سرانه بالا برای این گروه از محصولات (به عنوان مثال مصرف سرانه خیار با ۸۱ کیلوگرم، هندوانه با ۵۴ کیلوگرم، خربزه و طالبی با ۵۴ کیلوگرم) با سطح سلامت جامعه انسانی در هر ناحیه جغرافیایی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشته و یکی از ارکان سلامت جامعه را تشکیل می‌دهد (Rafezi, 2014).

خربزه (*Cucumis melo L.*) یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده کدوئیان (*Cucurbitaceae*) می‌باشد که با دارا بودن ارقام و توده‌های بسیار متنوع، دامنه گسترش زیادی داشته و در بسیاری از مناطق ایران کشت می‌شود (Barzegar et al.,

(2017, *al.*) هم‌چنین در مطالعه دیگری تأثیر سه تیمار کم آبیاری بر اساس ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه، بر رشد و عملکرد طالبی معنی‌دار بود، به طوری که با بهبود شرایط رطوبت خاک به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه، ارتفاع گیاه، تعداد برگ در بوته، شاخص کلروفیل، محتوی قند و عملکرد افزایش یافت (Mirabad *et al.*, 2013).

پرویلین به‌عنوان یکی از ترکیب‌های تنظیم‌کننده فشار اسمزی در حفظ فشار اسمزی و پایداری غشاء سلولی، مطرح است (Ashraf and Harris, 2013). تنش کم‌آبی باعث کاهش طول بوته، سطح برگ، وزن متوسط میوه و عملکرد و افزایش تجمع پرویلین در توده‌های خربزه ایرانی گردید (Delshad *et al.*, 2013). هم‌چنین در پژوهش دیگری تأثیر تنش کم‌آبی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژی و کارایی مصرف آب در توده‌های خربزه ایرانی مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری میزان پرویلین را کاهش داد (Lotfi *et al.*, 2017).

گیاهان برای کاهش دادن تأثیر زیان‌بار گونه‌های فعال اکسیژن، سازوکارهای متفاوتی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به سامانه دفاع آنزیم‌های پاداکسندگی اشاره کرد. کاتالازها و پراکسیدازها از مهم‌ترین آنزیم‌های از بین برنده پراکسید هیدروژن به شمار می‌آیند (Shen *et al.*, 2010). در شرایط تنش کم‌آبی با بسته شدن روزنه‌ها ظرفیت انتقال الکترون نورساختی کاهش می‌یابد که این عامل موجب تجمع الکترون‌ها و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود. تولید گونه‌های فعال اکسیژن در یاخته‌های گیاهی در فرآیند تنش باعث پراکسایش لیپیدها، غیرطبیعی شدن پروتئین‌ها و اکسایش DNAها می‌شوند و گیاه برای رویارویی با این تغییرها، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را برای خنثی‌سازی فعالیت این رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد (Dat *et al.*, 2000). محققان در بررسی تنش کم‌آبی بر کدوی پوست کاغذی شامل (شاهد، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله میوه‌دهی) افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را مشاهده کردند (Naeimi *et al.*, 2013). در بررسی فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (Cm APX) و میزان بیان ژن کد کننده آن تحت تنش شوری در توده‌های خربزه (*Cucumis melo* L.) بومی سیستان، نتایج نشان داد که در سطح شوری ۲۵۰ mM بیان

بخش وسیعی از ایران تحت تأثیر اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار داشته و در سال‌های اخیر با افزایش شدت خشک‌سالی و محدودیت در فراهمی رطوبت تولید در بخش کشاورزی با مشکلات زیادی مواجه گردیده است. از جمله روش‌های نوین در علوم آب و خاک در رویارویی با شرایط کم‌آبی و کاهش اثر سوء ناشی از تنش خشکی، استفاده از بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و سوپرجاذب‌ها جهت افزایش جذب و نگهداری آب در خاک می‌باشد (Zohuriaan-Mehr *et al.*, 2010).

کودهای دامی یک منبع زیستی با ارزش هستند که علاوه بر مزایای مثبت بوم‌شناختی و محیطی در ایجاد پایداری در کشاورزی، باعث بهبود فیزیکی ساختمان خاک، افزایش قابلیت نگهداری و ذخیره‌سازی رطوبت، کاهش فرسایش آبی و بادی و افزایش موجودات مفید خاک می‌گردند (Singh and Sukul, 2019). تحقیقات صورت گرفته روی برخی گیاهان تیره کدوئین (هندوانه، طالبی و خیار) نشان داده است که افزایش مصرف کودهای شیمیایی و دامی باعث افزایش تعداد میوه در بوته و واحد سطح می‌گردد (Eifediyi and Remison, 2010). نتایج تحقیقات گذشته نشان داده است که کاربرد کود دامی یا کود ورمی‌کمپوست می‌تواند سبب افزایش غلظت عناصر غذایی و یا ماده آلی خاک شود و اثرات باقی‌مانده آن بر عملکرد محصول و ویژگی‌های خاک می‌تواند چندین سال پس از کاربرد کود دامی یا کمپوست باقی بماند (Bello *et al.*, 2019). محققان با بررسی سطوح مختلف آبیاری بر اساس تبخیر از تشتک تبخیر (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر) بر عملکرد دانه کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo*) اظهار داشتند آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بیشترین عملکرد دانه و میوه را به همراه داشت (Babayee *et al.*, 2012). افزایش تعداد دانه در میوه را می‌توان به دسترسی بیشتر مواد غذایی (کود) و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه در مراحل پیش از گل‌دهی نسبت داد (Razzaghifard *et al.*, 2017).

بنتونیت‌ها از جمله سوپر جاذب‌های طبیعی هستند که دارای تورم‌پذیری مناسب، چسبندگی و قدرت جذب رطوبت بسیار بالا بوده و فاقد مواد شیمیایی و سازگار با محیط‌زیست هستند (Pusch, 2015). مصرف توأم بنتونیت و کود دامی، هم در شرایط تنش و هم در شرایط مطلوب، محتوی کلروفیل گندم را نسبت به شاهد افزایش می‌دهد (Farmahini Farahani *et al.*

این رودخانه خارج از کشور (افغانستان) قرار گرفته، بهره‌مندی اندک روستاییان از ماشین‌آلات کشاورزی مدرن، عدم وجود بیمه تولیدات بخش کشاورزی و کم‌صرفه بودن اقتصاد کشاورزی استان در مقایسه با فعالیت‌های غیر کشاورزی است (Shihaki Tash, 2016). به طور کلی با توجه اهمیت خربزه و نیاز مردم به این محصول و از طرفی با توجه به آب‌بر بودن این محصول و با در نظر گرفتن شرایط کم‌آبی کشور، نیاز به اقداماتی جهت افزایش عملکرد و مدیریت منابع آب و کود احساس می‌شود، بنابراین با توجه به اهمیت تولید خربزه و سطح کشت وسیع آن در منطقه سیستان، این تحقیق به منظور بررسی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی خربزه تحت شرایط تنش خشکی توام با مصرف کود دامی و بنتونیت در شهرستان هیرمند اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی خربزه تحت شرایط کاربرد کود دامی و بنتونیت طی بهار و تابستان دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی سازمان جهاد کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان هیرمند واقع در سیستان با موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا انجام شد. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی نمونه خاک

Table 1- Chemical and physical properties of soil samples

بافت خاک Soil Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	نیترژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب K (mg.kg ⁻¹)	کربن آلی O.C (%)	روی Zn (ppm)	مس Cu (ppm)	منگنز Mn (ppm)	آهن Fe (ppm)
Loam	7.84	2.99	0.03	3.4	120	0.34	0.34	0.79	9.35	2.08

۲۵ درصد رطوبت خاک با استفاده از میانگین بلندمدت داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی زابل و از رابطه (۱) برآورد گردید (Vaziri et al., 2008).

$$ETc = ET_o \times Kc \quad \text{رابطه (۱)}$$

ETc = نیاز آبی خربزه؛ ET_o = تبخیر و تعرق گیاه مرجع؛

$$Kc = \text{ضریب گیاهی خربزه}$$

لازم به ذکر است مقادیر ET_o بر اساس روش استاندارد

فائو-پنمن - مانیتث برآورد گردید (Vaziri et al., 2008).

ژن Cm APX در هر سه توده نسبت به نمونه کنترل افزایش نشان داد اما این افزایش بیان در توده قندک و سفیدک در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. در سطح شوری ۲۵۰ mM بیان ژن Cm APX در هر سه توده مورد بررسی کاهش یافت. در این سطح شوری، بیان ژن Cm APX در توده سفیدک خط‌دار به صورت معنی‌داری نسبت به نمونه کنترل در سطح پنج درصد کاهش نشان داد (Montazerinezhad et al., 2013). در بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژی و کارایی مصرف آب توده‌های خربزه ایرانی، تنش کم‌آبی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را افزایش داده و محتوای نسبی آب برگ، عملکرد و میزان ویتامین ث را کاهش داد (Lotfi et al., 2017).

در حال حاضر از مهم‌ترین مشکلات و تنگناهای بخش کشاورزی استان سیستان و بلوچستان کمبود بارندگی، خشک‌سالی‌های متوالی، فقر منابع آب و خاک، پایین بودن سطح سواد و بالا بودن سن کشاورزان و دامداران استان، ضعف زیرساخت‌ها به ویژه در بخش تاسیسات ذخیره محصولات، مشکل بازاریابی و فروش بویژه در محصولات دارای مزیت نسبی استان، کمبود تاسیسات مهار و ذخیره‌سازی آب در سطح استان، بهره‌برداری سنتی و نادرست از تاسیسات آبی، کمبود منابع مالی و عدم مشارکت بخش خصوصی در اجرای پروژه‌ها، وابسته بودن منطقه سیستان به آب رودخانه هیرمند که منشا

این آزمایش به صورت اسپلیت-فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهرستان هیرمند طی دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری پس از تخلیه ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت خاک به عنوان کرت اصلی و کاربرد بنتونیت در سطوح ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار و استفاده از کود دامی به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند.

نیاز آبی گیاه برای تیمار شاهد شامل آبیاری پس از تخلیه

از برداشت با ترازوی دیجیتال وزن شدند و عملکرد میوه به صورت کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید (Barzegar *et al.*, 2011).

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها، مقدار ۰/۲ گرم بافت تازه گیاهی در هاون چینی ساییده شد و پس از افزودن ۲۰ میلی‌متر استون ۸۰ درصد به آن، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه، سانتریفیوژ گردید و جذب محلول بالای در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کارتنوئیدها توسط اسپکتوفتومتر معین شد. سپس با استفاده از روابط زیر کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بدست آمد (Arnon, 1965).

رابطه (۲)

$$\text{Chlorophyll a} = (11/75 \times A_{664} - 2/350 \times A_{645})$$

رابطه (۳)

$$\text{Chlorophyll b} = (18/61 \times A_{645} - 3/960 \times A_{664})$$

رابطه (۴)

$$\text{Carotenoides} = 1000(A_{470}) - 2/270 (\text{mg chl. a}) - 81/4(\text{mg chl. b})/227$$

برای اندازه‌گیری میزان پرولین آزاد بافت برگ ۳۵ روز پس از اعمال تنش خشکی، ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ وزن شده و در هاون چینی در محلول آبی اسید سولفوسالیسیلیک سائیده شده و مخلوط هموژنیزه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از آن، نمونه‌ها را به مدت یک ساعت در حمام آب ۱۰۰ درجه سلسیوس انتقال داده و بلافاصله پس از خارج کردن از حمام آب به مدت چند دقیقه در حمام یخ قرار گرفتند. نمونه‌ها تکان داده شدند تا کاملاً یکنواخت شوند. سپس، در داخل لوله آزمایش دو فاز رویی و زیرین کاملاً از هم قابل تشخیص شده و فاز رویی را که به رنگ قرمز و حاوی پرولین محلول در تولوئن بود برداشته و در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد (Bates *et al.*, 1973). غلظت پرولین بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ بیان گردید.

ارزیابی فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس روش (Cakmak and Horst, 1991) انجام گرفت. در این روش مقدار ۰/۲ گرم بافت منجمد شده برگ به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ گردید. فعالیت کاتالاز با توجه به روند تجزیه پراکسید هیدروژن و در

پس از عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک و تسطیح)، کرت‌بندی انجام شد. فاصله بین کرت‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی به طول ۶ متر و عرض ۳ متر شامل ۴ ردیف کاشت بود. پس از ایجاد جوی و پشته عملیات آبیاری انجام و پس از گاورو شدن زمین کشت بذور روی ۲ ردیف کاشت در دو طرف جوی در ناحیه داغ آب به فاصله ۷۵ سانتی‌متر انجام شد. مقدار کود شیمیایی بر اساس توصیه کودی و نتایج آنالیز نمونه خاک (جدول ۱) در هر کرت فرعی شامل ۱۲ کیلوگرم کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل، ۱۲ کیلوگرم کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و ۸ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع اوره ۴۶ درصد همزمان با عملیات کاشت مورد استفاده قرار گرفت. کلیه عملیات داشت از قبیل تنک کردن و هرس بوته‌ها، خاک‌دهی پای بوته، وجین علف‌های هرز و کنترل آفات و بیماری‌ها، با توجه به شیوه‌ها و توصیه‌های عمومی انجام گرفت. عملیات آبیاری با استفاده از تانسیمومتر و بلوک‌های گچی در مرحله شروع گل‌دهی گیاه انجام شد (Barzegar *et al.*, 2011). ماده بنتونیت از شرکت ویوان خراسان رضوی تهیه شد. نسبت‌های مختلف بنتونیت با توجه به تیمارهای آزمایش به میزان ۲، ۳ و ۴ تن در هکتار و سطوح کود دامی به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار در هنگام کاشت با خاک مخلوط گردیدند (Farmahini Farahani *et al.*, 2017). رقم خربزه مورد استفاده از توده محلی به نام قندک زعفرانی بود که از سازمان جهاد کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان هیرمند تهیه شد (سازمان جهاد کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان هیرمند).

عملیات برداشت میوه‌ها یک هفته پس از رسیدگی فیزیولوژیک و با مشاهده تغییرات در رنگ یا شبکه‌بندی روی میوه انجام شد. جهت برآورد وزن خشک برگ و ساقه، وزن تر برگ و ساقه تعداد ۵ بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و پس از برداشت با ترازوی دیجیتال بر اساس گرم وزن شد، سپس نمونه‌ها در دمای ۶۵ درجه به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک گردید. در نهایت نمونه‌ها وزن شده و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد (Barzegar *et al.*, 2011). اندازه‌گیری طول میوه و عرض میوه در هر بوته با استفاده از متر بر حسب سانتی‌متر انجام شد. هم‌چنین میانگین تعداد میوه در بوته برای ۵ بوته در هر پلات اندازه‌گیری گردید. به منظور ارزیابی عملکرد میوه، تعداد ۵ میوه از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و پس

و شیمیایی خاک بهبود یافته و گیاه در سال دوم با استفاده از این بهبود شرایط توانسته رشد بهتری نماید. در برخی پژوهش‌ها نیز افزایش نرخ فتوسنتز در شرایط کاربرد کودهای آلی شامل کود اسبی و ضایعات کمپوست خانگی (Jannoura *et al.*, 2014) گزارش شده است. این نتایج هم‌سو با تحقیق دیگر محققان است. نتایج مطالعه دیگری نشان داد که کم‌آبیاری به طور قابل توجهی عملکرد ماده خشک را به میزان ۱۰ درصد در سال ۲۰۰۸ و ۹ درصد در سال ۲۰۰۹ کاهش داد (Gholamhoseini *et al.*, 2013). در پژوهش دیگری گزارش گردید که تیمارهای تنش آبی، زئولیت و هیدروژل سوپر جاذب تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشتند. شاخص‌های اندازه‌گیری شده افزایش عملکرد و راندمان مصرف آب را در هنگام استفاده زئولیت و هیدروژل سوپر جاذب نشان دادند (Moradi-Ghahderijani *et al.*, 2017). همچنین نتایج پژوهش دیگری بر آفتابگردان نشان داد که برهمکنش تیمارهای آبیاری و حاصلخیزی خاک بر عملکرد ماده خشک معنی‌دار بود (Khodaii Jaghan, 2015).

تعداد میوه در بوته

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تعداد میوه در بوته خربزه با احتمال خطای یک درصد تحت اثر سال و اثرات متقابل آبیاری، بنتونیت و کود دامی قرار گرفت (جدول ۲). به طوری که بیشترین تعداد میوه در بوته در سال دوم (۱/۴۰ عدد) و در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۴ تن در هکتار کود دامی (۱/۶۸ عدد) به دست آمد. در مقابل کمترین تعداد میوه در بوته در سال اول آزمایش (۱/۱۳ عدد) و تحت تأثیر آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت و ۲۰ تن در هکتار کود دامی (۰/۸۳ عدد) مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاهش آبیاری در سال اول آزمایش به طور قابل ملاحظه‌ای موجب کاهش فتوسنتز گیاه نسبت به سال دوم آزمایش شده که در نهایت بر تعداد میوه در بوته خربزه اثر می‌گذارد. به نظر می‌رسد که در شرایط عدم وجود تنش آبی در طول دوره پر شدن میوه‌ها، گیاه می‌تواند مواد فتوسنتزی بیشتری به میوه‌ها منتقل کند. در نتیجه باعث افزایش وزن میوه و عملکرد آن‌ها خواهد شد. کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت بدلیل ظرفیت بالای نگهداری آب هنگامی که با خاک مخلوط می‌گردد، باعث افزایش آب قابل دسترس ریشه و هم‌چنین جذب

نتیجه کاهش جذب در ۲۴۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر سنجیده شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس روش (Chance and Maehly, 1995) ارزیابی شد. تغییر رنگ مخلوط واکنش و افزایش در جذب نوری در طول موج ۴۷۰ نانومتر انجام گرفت. پس از جمع‌آوری داده‌های حاصل از آزمایش، بررسی آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) و ترسیم جداول با استفاده از نرم‌افزار Word انجام گرفت. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن خشک ساقه و برگ

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که وزن خشک ساقه و وزن خشک برگ خربزه با احتمال خطای یک درصد تحت اثرات متقابل سال، آبیاری، بنتونیت و کود دامی قرار گرفت (جدول ۲). به طوری که بیشترین وزن خشک ساقه (۱۵/۴۰ گرم) و وزن خشک برگ (۲۶/۴۴ گرم) در سال دوم آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۳ تن در هکتار بنتونیت و به ترتیب ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. در مقابل، کمترین وزن خشک ساقه در سال اول آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت و ۴۰ تن در هکتار کود دامی (۰/۳۳ گرم)؛ و نیز کمترین وزن خشک برگ در سال اول آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت و ۳۰ تن در هکتار کود دامی (۶/۴۹ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). با کاهش آب قابل دسترس گیاه در اثر تنش آبی تقسیم سلولی و افزایش اندازه سلول، در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال کاهش می‌یابد و در نتیجه آن به طور کلی رشد رویشی گیاه کاهش محسوسی خواهد یافت و گیاه وزن خشک کمتری خواهد داشت. افزایش وزن خشک ساقه و برگ در سال دوم آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۳ تن در هکتار بنتونیت و ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کود دامی را می‌توان به نرخ فتوسنتزی بالاتر و تولید ماده خشک بیشتر با توجه به اثرات مثبت آبیاری و کارایی مصرف آب بالاتر، بنتونیت و کود دامی بر مطلوبیت شرایط رشد گیاه نسبت داد. در سال دوم بدلیل ایجاد فرصت کافی در انجام فعل و انفعالات خاک در سال اول، شرایط فیزیکی

مواد غذایی شده و در نتیجه تعداد میوه افزایش یافته است. در یک مطالعه دیگر در بررسی تأثیر تنش خشکی تحت شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (تبخیر و تعرق گیاهی (ET_c))، کاهش تعداد میوه و عملکرد قابل فروش خربزه گزارش گردید (Sharma *et al.*, 2014). اثرات بنتونیت بر رشد و عملکرد خربزه نشان داد که کاربرد این ماده در شرایط تنش، باعث بهبود صفات رویشی و کاهش اثرات تنش خشکی و عملکرد آن می‌گردد (Nastari Nasrabadi *et al.*, 2015).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات زراعی خربزه تحت تأثیر سال × آبیاری × بنتونیت × کود دامی

Table 2- Analysis of variance of melon agronomic characteristics under the influence of year × irrigation × bentonite × animal manure

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of Squares					
		وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaves dry weight	میوه در بوته Fruit per plant	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	عملکرد کل Total yield
سال Year	1	19.81 **	5654.2 **	3.059 **	14.42 **	6.00 ns	0.457 **
تکرار (سال) Replication (Year)	4	0.347 ns	9.37 ns	0.104 ns	2.69 ns	1.28 ns	0.040 *
آبیاری Irrigation	2	57.52 **	78.95 **	1.725 **	42.78 **	15.19 **	2.024 **
سال × آبیاری Year × irrigation	2	25.16 **	146.32 **	1.649 **	73.68 **	30.41 **	2.681 **
تکرار × آبیاری (سال) Replication × irrigation (Year)	8	0.173 ns	9.33 ns	0.118 *	1.93 ns	1.79 ns	0.004 ns
بنتونیت Bentonite	2	24.53 **	39.80 **	0.746 *	3.13 ns	6.73 *	0.251 **
آبیاری × بنتونیت Irrigation × Bentonite	4	17.19 **	30.17 **	0.065 ns	21.53 **	15.73 **	0.084 **
سال × بنتونیت Year × Bentonite	2	34.03 **	16.09 *	0.388 **	2.03 ns	0.045 ns	0.391 **
سال × آبیاری × بنتونیت Year × Irrigation × Bentonite	4	46.52 **	25.30 **	0.242 **	15.51 **	13.71 **	0.132 **
کود دامی Animal manure	2	32.31 **	16.25 *	1.125 **	10.60 **	14.44 **	0.207 **
آبیاری × کود دامی Irrigation × Animal manure	4	2.65 **	7.77 ns	0.068 ns	2.19 ns	3.05 ns	0.279 **
بنتونیت × کود دامی Bentonite × Animal manure	4	22.87 **	9.46 ns	0.139 *	0.273 ns	5.23 *	0.277 **
سال × کود دامی Year × Animal manure	2	33.88 **	11.48 ns	1.490 **	8.16 *	4.28 ns	0.072 **
سال × آبیاری × کود دامی Year × Irrigation × Animal manure	4	20.59 **	12.87 *	0.025 ns	12.80 **	6.69 **	0.373 **
سال × بنتونیت × کود دامی Year × Bentonite × Animal manure	4	44.44 **	8.07 ns	0.014 ns	5.57 *	9.99 **	0.275 **
آبیاری × بنتونیت × کود دامی Irrigation × Bentonite × Animal manure	8	13.89 **	23.32 **	0.160 **	7.63 **	1.72 ns	0.143 **
سال × آبیاری × بنتونیت × کود دامی Year × Irrigation × Bentonite × Animal manure	8	12.26 **	17.19 **	0.049 ns	12.51 **	3.35 *	0.229 **
خطای آزمایشی Error	96	0.56	4.90	0.053	1.79	1.56	0.013
ضریب پراکندگی Coefficient of Variation (%)	-	11.10	13.05	18.17	10.32	12.71	9.48

ns: غیر معنی‌دار؛ * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns: not significant; * and **: significant at five and one percent probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات زراعی خربزه تحت تاثیر آبیاری × بنتونیت × کود دامی

Table 3- Means Comparison of melon agronomic characteristics under the influence of year × irrigation × bentonite × animal manure

تیمارهای آزمایشی Treatments	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)		وزن خشک برگ Leaves dry weight (g)	
	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
	I ₁ B ₁ A ₁	2.98 st	11.49 c	7.18 op
I ₁ B ₁ A ₂	2.586 t	4.323 pqr	6.49 p	21.35 b-e
I ₁ B ₁ A ₃	0.33 u	7.003 g-j	6.85 op	22.86 a-d
I ₁ B ₂ A ₁	3.356 rst	5.70 j-p	7.97 nop	22.85 a-d
I ₁ B ₂ A ₂	5.74 j-p	6.936 g-j	7.35 op	18.79 def
I ₁ B ₂ A ₃	5.41 k-q	9.360 de	7.59 op	17.60 efg
I ₁ B ₃ A ₁	4.973 n-q	7.413 ghi	8.94 l-p	21.80 bcd
I ₁ B ₃ A ₂	6.07 i-n	5.180 l-q	8.70 m-p	21.55 b-e
I ₁ B ₃ A ₃	5.86 j-o	7.776 fgh	14.82 ghi	22.85 a-d
I ₂ B ₁ A ₁	4.833 n-q	5.30 k-q	8.47 m-p	23.56 abc
I ₂ B ₁ A ₂	6.213 i-n	5.686 j-p	8.73 m-p	21.34 b-e
I ₂ B ₁ A ₃	5.636 j-p	4.813 n-q	13.24 h-l	23.04 a-d
I ₂ B ₂ A ₁	6.58 h-m	6.28 i-n	9.57 k-p	24.32 abc
I ₂ B ₂ A ₂	9.30 de	6.69 g-k	13.46 h-k	23.86 abc
I ₂ B ₂ A ₃	10.15 d	11.94 c	9.62 k-p	22.78 a-d
I ₂ B ₃ A ₁	5.88 j-o	4.49 o-r	10.55 i-p	22.65 a-d
I ₂ B ₃ A ₂	4.88 n-q	6.20 i-n	12.76 h-m	19.97 c-f
I ₂ B ₃ A ₃	7.78 fgh	11.41 c	11.18 i-o	25.23 ab
I ₃ B ₁ A ₁	4.45 o-r	8.983 def	11.17 i-o	25.74 ab
I ₃ B ₁ A ₂	5.09 m-q	7.80 fgh	14.37 g-j	23.14 a-d
I ₃ B ₁ A ₃	6.61 h-l	12.26 c	13.07 h-l	24.99 ab
I ₃ B ₂ A ₁	6.276 i-n	8.076 efg	22.50 a-d	24.49 ab
I ₃ B ₂ A ₂	5.896 j-o	15.403 a	13.10 h-l	22.17 a-d
I ₃ B ₂ A ₃	6.706 g-k	8.886 def	16.59 fgh	26.44 a
I ₃ B ₃ A ₁	5.3767 k-q	4.83 n-q	12.39 h-m	25.70 ab
I ₃ B ₃ A ₂	4.0467 qrs	7.06 g-j	12.00 i-n	24.63 ab
I ₃ B ₃ A ₃	7.4333 ghi	13.79 b	10.08 j-p	21.58 b-e

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. تنش آبیاری پس از تخلیه ۲۵ (I₁)، ۵۰ (I₂) و ۷۵ (I₃) درصد رطوبت خاک به عنوان کرت اصلی و ترکیب کاربرد بنتونیت شامل ۲ (B₁)، ۳ (B₂) و ۴ (B₃) تن در هکتار و کود دامی شامل ۲۰ (A₁)، ۳۰ (A₂) و ۴۰ (A₃) تن در هکتار به عنوان کرت فرعی.

In each column, the means with similar letters, according to Duncan's Multiple Range Test, did not differ significantly at the five percent probability level.

Drought stress including 25 (I₁), 50 (I₂) and 75 (I₃) percent soil moisture discharge as the main plot and the combination of bentonite application including 2 (B₁), 3 (B₂) and 4 (B₃) tons per hectare Animal manure included 20 (A₁), 30 (A₂) and 40 (A₃) tons per hectare as subplots.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات زراعی خربزه تحت تاثیر آبیاری × بنتونیت × کود دامی

Continue of Table 3- Means Comparison of melon agronomic characteristics under the influence of year × irrigation × bentonite × animal manure

تیمارهای آزمایشی Treatments	تعداد میوه در بوته	طول میوه		عرض میوه		عملکرد کل	
	Fruit per plant	Fruit length (Cm)		Fruit width (Cm)		Total yield (ton.ha ⁻¹)	
	میانگین دو سال	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
	Means of two year	First year	Second year	First year	Second year	First year	Second year
I ₁ B ₁ A ₁	0.83 j	8.83 o	9.08 no	5.66 i	9.00 d-g	0.57 p	0.97 mn
I ₁ B ₁ A ₂	1.25 c-h	9.00 no	10.08 mno	6.83 ghi	9.16 d-g	1.11 j-m	1.02 k-n
I ₁ B ₁ A ₃	1.55 abc	12.10 f-m	11.25 i-o	7.40 f-i	11.35 a-d	1.54 de	1.18 g-m
I ₁ B ₂ A ₁	0.85 j	9.16 no	9.10 no	6.20 hi	9.76 b-f	0.65 op	0.99 lmn
I ₁ B ₂ A ₂	0.93 ij	11.76 g-m	12.46 e-m	9.73 b-f	10.01 b-e	0.66 op	1.10 klm
I ₁ B ₂ A ₃	1.13 e-j	12.50 e-m	12.98 d-l	10.80 a-d	10.03 b-e	1.13 i-m	1.23 f-k
I ₁ B ₃ A ₁	0.90 j	10.83 k-o	10.75 k-o	6.83 ghi	9.51 c-f	0.67 op	1.04 k-n
I ₁ B ₃ A ₂	1.08 f-j	11.50 h-n	12.98 d-l	10.06 b-e	9.76 b-f	0.73 op	1.04 k-n
I ₁ B ₃ A ₃	1.28 c-h	12.33 f-m	13.91 c-i	10.50 a-e	10.80 a-d	0.83 no	1.33 e-j
I ₂ B ₁ A ₁	1.00 hij	12.76 e-l	11.58 h-n	6.83 ghi	10.50 a-e	0.70 op	1.10 klm
I ₂ B ₁ A ₂	1.11 e-j	13.83 c-i	12.08 f-m	7.36 f-i	10.50 a-e	0.72 op	1.11 j-m
I ₂ B ₁ A ₃	1.30 c-h	13.96 c-i	13.75 c-i	9.75 b-f	10.80 a-d	0.85 no	1.34 d-i
I ₂ B ₂ A ₁	1.08 f-j	13.00 d-l	12.76 e-l	7.00 ghi	10.16 b-e	1.00 lmn	1.10 klm
I ₂ B ₂ A ₂	1.21 d-i	15.50 a-d	15.91 abc	7.00 ghi	11.00 a-d	1.10 klm	1.15 h-m
I ₂ B ₂ A ₃	1.41 a-e	16.10 abc	16.08 abc	9.00 d-g	11.40 a-d	1.13 i-m	1.43 def
I ₂ B ₃ A ₁	1.26 c-h	13.83 c-i	11.56 h-n	8.10 e-h	10.50 a-e	1.10 klm	1.08 klm
I ₂ B ₃ A ₂	1.48 a-d	14.41 a-g	12.46 e-m	9.16 d-g	10.70 a-d	1.23 f-k	1.35 d-g
I ₂ B ₃ A ₃	1.48 a-d	14.70 a-f	13.59 c-j	10.00 b-e	10.80 a-d	1.23 f-k	1.47 de
I ₃ B ₁ A ₁	1.03 g-j	13.00 d-l	12.60 e-m	10.06 b-e	9.73 b-f	1.00 lmn	1.40 d-g
I ₃ B ₁ A ₂	1.33 b-g	13.98 c-h	13.09 d-l	10.50 a-e	10.80 a-d	1.00 lmn	1.75 c
I ₃ B ₁ A ₃	1.55 abc	15.16 a-e	13.25 d-k	10.80 a-d	10.86 a-d	1.10 klm	2.00 b
I ₃ B ₂ A ₁	1.36 b-f	13.00 d-l	10.41 l-o	10.06 b-e	10.96 a-d	1.04 k-n	1.53 de
I ₃ B ₂ A ₂	1.36 b-f	14.33 b-g	10.91 j-o	10.16 b-e	11.50 a-d	1.15 h-m	1.76 c
I ₃ B ₂ A ₃	1.62 ab	16.10 abc	16.25 abc	10.86 a-d	12.26 ab	1.21 g-l	2.15 ab
I ₃ B ₃ A ₁	1.41 a-e	14.16 c-h	12.06 f-m	10.80 a-d	10.76 a-d	1.11 j-m	1.55 d
I ₃ B ₃ A ₂	1.61 ab	14.73 a-f	13.58 c-j	10.80 a-d	11.03 a-d	1.33 e-j	1.80 c
I ₃ B ₃ A ₃	1.68 a	16.91 ab	17.00 a	11.76 abc	12.86 a	1.36 d-g	2.20 a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

تنش آبیاری پس از تخلیه ۲۵ (I₁)، ۵۰ (I₂) و ۷۵ (I₃) درصد رطوبت خاک به عنوان کرت اصلی و ترکیب کاربرد بنتونیت شامل ۲ (B₁)، ۳ (B₂) و ۴ (B₃) تن در هکتار و کود دامی شامل ۲۰ (A₁)، ۳۰ (A₂) و ۴۰ (A₃) تن در هکتار به عنوان کرت فرعی.

In each column, the means with similar letters, according to Duncan's Multiple Range Test, did not differ significantly at the five percent probability level.

Drought stress including 25 (I₁), 50 (I₂) and 75 (I₃) percent soil moisture discharge as the main plot and the combination of bentonite application including 2 (B₁), 3 (B₂) and 4 (B₃) tons per hectare Animal manure included 20 (A₁), 30 (A₂) and 40 (A₃) tons per hectare as subplots.

طول و عرض میوه

کمترین طول میوه (۸/۸۳ سانتی‌متر) و کمترین عرض میوه

(۵/۶۶ سانتی‌متر) در سال اول آزمایش در شرایط آبیاری پس از

تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت

و ۲۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد (جدول ۳). استفاده

از ۴ تن در هکتار بنتونیت و ۴۰ تن در هکتار کود دامی در سال

دوم آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت

خاک باعث افزایش جذب عناصر غذایی و نگهداری آب در خاک

شده است. لذا به نظر می‌رسد به دنبال افزایش آب و فراهمی

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات متقابل

سال، آبیاری، بنتونیت و کود دامی بر طول و عرض میوه خربزه

در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری که

بیشترین طول میوه (۱۷ سانتی‌متر) و بیشترین عرض میوه

(۱۲/۸۶ سانتی‌متر) در سال دوم آزمایش در شرایط آبیاری پس

از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۴ تن در هکتار

بنتونیت و ۴۰ تن در هکتار کود دامی به دست آمد. در مقابل

افزایش نسبت به شاهد و در سال دوم آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۳ تن در هکتار بنتونیت همراه با ۴۰ تن در هکتار کود دامی به میزان ۱/۳۶ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت. در مقابل عملکرد میوه در سال اول آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۳ تن در هکتار بنتونیت همراه با ۲۰ تن در هکتار کود دامی به میزان ۱/۹۲ برابر نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۳). در این آزمایش تأثیرپذیری بیشتر وزن و عملکرد میوه در سال اول می‌تواند به رشد سریع‌تر شاخساره و فراهمی بیشتر عناصر غذایی در اثر آزادسازی عناصر کود دامی جهت استفاده گیاه و تأثیر فعل و انفعالات خاک در سال اول، و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و گیاه در سال دوم تحت شرایط آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک مربوط باشد. عدم تغییرات چشم‌گیر عملکرد میوه در سال دوم تحت سطوح مختلف آبیاری نشان‌دهنده این است که افزایش عملکرد بیشتر متأثر از سطوح بنتونیت و کود دامی بوده است. به نظر می‌رسد که عدم وجود تنش آبی باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه می‌شود و گیاه نیز در طول دوره پر شدن میوه‌ها، می‌تواند مقدار آسمیلات بیشتری را به میوه‌ها منتقل نماید. در نتیجه باعث افزایش وزن میوه و عملکرد آن‌ها خواهد شد (Ilkaee *et al.*, 2010).

در شرایط استفاده از بنتونیت به دلیل افزایش نگهداری آب موجود در محلول خاک از یک طرف و افزایش فراهمی عناصر غذایی موجود در کود دامی از طرف دیگر کارایی جذب عناصر افزایش یافته و در نتیجه باعث بهبود عملکرد میوه شده است، به طوری که بین سطوح آبیاری اختلاف چندانی مشاهده نمی‌شود. این نتیجه با نتایج مطالعه اثربخشی آلومینوسیلیکات‌های طبیعی در تعدیل اثرات تنش خشکی بر پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت مطابقت داشت (Kojic *et al.*, 2012). نتایج حاصل از اندازه‌گیری آن‌ها بر پتانسیل آب و محتوای پرولین نشان می‌دهد که عناصر غذایی در شرایط تنش آبی اثر محافظتی بر ریشه و برگ گیاهان ذرت دارند و این تأثیر در برگ‌ها آشکارتر است. در مطالعات دیگری روی خربزه با کاهش آب قابل دسترس، تعداد میوه و عملکرد قابل فروش به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت (Barzegar *et al.*, 2011; Sharma *et al.*, 2014).

عناصر غذایی دسترس گیاه بر تولید مواد فتوسنتزی افزایش یافته و توانسته سبب افزایش توزیع، اختصاص و ارسال مواد فتوسنتزی به سوی اندام‌های مصرف‌کننده و در نتیجه بهبود طول و عرض میوه شود. می‌تواند کاهش وزن میوه بدلیل کاهش رشد گیاه و فتوسنتز همراه با پیری برگ‌ها در اثر تنش باشد. سایر محققان گزارش کردند که متوسط وزن میوه در طالبی و خربزه تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد کشاورزپور و رشیدی (Keshavarzpour and Rashidi, 2011; Mani, 2014).

تأثیر مثبت بنتونیت می‌تواند در نتیجه بهبود ساختار فیزیکی خاک و افزایش قدرت جذب و نگهداری آب توسط آن باشد که در نهایت موجب افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود. در یک پژوهش دیگر با کاربرد سوپرچادب افزایش قطر میوه خیار نسبت به شاهد گزارش گردید (Najafi Alishah *et al.*, 2013). تأثیر کود دامی در رشد گیاه را می‌توان به مقدار زیادی به مواد مغذی معدنی به‌ویژه نیتروژن جذب شده نسبت داد. علاوه بر این افزایش تجزیه مواد آلی و معدنی کردن فسفر موجود در مواد آلی و تبدیل آن‌ها به شکل قابل‌استفاده گیاه نقش کلیدی را در چرخه فسفر خاک ایفا کرده و در کنار استفاده از بنتونیت موجب تقویت ساختمان فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و در نهایت با افزایش آب و فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس گیاه بر فرایند فتوسنتز تأثیر مثبت گذاشته و می‌تواند سبب افزایش طول و عرض میوه شوند. نتایج بررسی دیگری نشان داد بیشترین عملکرد هندوانه ابوجهل در شرایط آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و مصرف ۶۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد (Marvi *et al.*, 2020).

عملکرد میوه

نتایج تجزیه واریانس مرکب در هر دو سال آزمایش نشان داد که اثرات متقابل سال، آبیاری، بنتونیت و کود دامی بر عملکرد میوه با احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد میوه در سال اول آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت همراه با ۲۰ تن در هکتار کود دامی با میانگین ۲/۲۰ تن در هکتار و ۷۴/۱ درصد

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژی گیاه خربزه تحت تاثیر سال × آبیاری × بنتونیت × کود دامی

Table 4- Analysis of variance of melon stem and leaves characteristics under the influence of year × irrigation × bentonite × animal manure

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of Squares					
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	پرولین Proline	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidase
سال Year	1	0.2987 **	0.3558 **	1.2987 **	0.0141 **	15.30 **	0.838 **
تکرار (سال) Replication (Year)	4	0.0917 **	0.0017 *	0.0863 **	0.0001 ns	1.197 *	0.046 ns
آبیاری Irrigation	2	0.4625 **	0.0343 **	0.4475 **	0.0079 **	117.7 **	1.096 **
سال × آبیاری Year × irrigation	2	0.2327 **	0.0610 **	0.5230 **	0.0141 **	79.54 **	1.263 **
تکرار × آبیاری (سال) Replication × irrigation (Year)	8	0.0938 **	0.0002 ns	0.0955 **	0.0001 *	0.165 ns	0.027 ns
بنتونیت Bentonite	2	0.2009 **	0.0168 **	0.3250 **	0.0064 **	21.11 **	1.426 **
آبیاری × بنتونیت Irrigation × Bentonite	4	0.1065 **	0.0293 **	0.2200 **	0.0107 **	94.32 **	0.764 **
سال × بنتونیت Year × Bentonite	2	0.3791 **	0.0137 **	0.4139 **	0.0075 **	21.81 **	2.631 **
سال × آبیاری × بنتونیت Year × Irrigation × Bentonite	4	0.1460 **	0.0056 **	0.1234 **	0.0105 **	201.2 **	0.700 **
کود دامی Animal manure	2	0.4413 **	0.0122 **	0.3523 **	0.0035 **	244.1 **	4.487 **
آبیاری × کود دامی Irrigation × Animal manure	4	0.2267 **	0.0213 **	0.2967 **	0.0211 **	74.12 **	1.870 **
بنتونیت × کود دامی Bentonite × Animal manure	4	0.0958 **	0.0303 **	0.1635 **	0.0186 **	96.50 **	1.240 **
سال × کود دامی Year × Animal manure	2	0.4401 **	0.0174 **	0.6332 **	0.0162 **	65.41 **	3.658 **
سال × آبیاری × کود دامی Year × Irrigation × Animal manure	4	0.0838 **	0.0058 **	0.0850 **	0.0224 **	84.62 **	0.548 **
سال × بنتونیت × کود دامی Year × Bentonite × Animal manure	4	0.0708 *	0.0449 **	0.0926 **	0.0286 **	63.01 **	2.630 **
آبیاری × بنتونیت × کود دامی Irrigation × Bentonite × Animal manure	8	0.0396 ns	0.0322 **	0.0967 **	0.0038 **	127.2 **	1.167 **
سال × آبیاری × بنتونیت × کود دامی Year × Irrigation × Bentonite × Animal manure	8	0.0633 **	0.0418 **	0.0890 **	0.0030 **	46.73 **	2.876 **
خطای آزمایشی Error	96	0.0229	0.0005	0.0230	0.0001	0.415	0.049
ضریب پراکندگی Coefficient of Variation (%)	-	14.19	5.41	10.25	4.44	7.40	14.813

ns: غیر معنی دار؛ * و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns: not significant; * And **: significant at five and one percent probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژی گیاه خربزه تحت تاثیر آبیاری × بنتونیت × کود دامی

Table 5- Means Comparison of melon physiological characteristics under the influence of year × irrigation × bentonite × animal manure

تیمارهای آزمایشی Treatments	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g ⁻¹)		کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g ⁻¹)		کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g ⁻¹)	
	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
	I ₁ B ₁ A ₁	0.49 s	0.78 m-r	0.27 t	0.35 n-q	0.80 u
I ₁ B ₁ A ₂	0.62 qrs	0.87 k-q	0.29 st	0.35 m-q	0.98 stu	1.49 f-m
I ₁ B ₁ A ₃	0.73 n-s	1.08 c-l	0.31 rst	0.46 def	1.09 p-t	1.64 c-j
I ₁ B ₂ A ₁	0.51 rs	0.88 k-q	0.29 st	0.39 i-m	0.90 tu	1.12 o-t
I ₁ B ₂ A ₂	0.67 p-s	0.96 h-o	0.31 rst	0.40 h-l	1.48 f-m	1.48 f-m
I ₁ B ₂ A ₃	0.73 o-s	1.14 b-k	0.32 q-t	0.45 d-g	1.65 c-j	1.53 d-l
I ₁ B ₃ A ₁	0.67 p-s	0.94 i-p	0.29 st	0.36 k-p	0.99 r-u	1.24 l-s
I ₁ B ₃ A ₂	1.04 e-m	1.15 a-k	0.31 rst	0.40 i-m	1.49 f-m	1.26 l-s
I ₁ B ₃ A ₃	1.19 a-j	1.30 a-g	0.41 h-l	0.46 def	1.50 e-m	1.61 c-j
I ₂ B ₁ A ₁	0.97 h-o	0.99 g-o	0.32 qrs	0.32 p-s	1.07 q-u	1.39 g-o
I ₂ B ₁ A ₂	1.24 a-i	1.02 e-o	0.39 j-n	0.40 h-l	1.36 i-q	1.42 g-n
I ₂ B ₁ A ₃	1.26 a-h	1.16 a-k	0.40 i-m	0.43 f-i	1.67 c-i	1.62 c-j
I ₂ B ₂ A ₁	0.92 j-p	0.80 l-q	0.37 l-p	0.41 h-k	1.27 l-s	1.13 n-t
I ₂ B ₂ A ₂	1.05 e-m	1.03 e-m	0.40 i-m	0.46 def	1.37 h-p	1.44 g-m
I ₂ B ₂ A ₃	1.38 a-d	1.17 a-k	0.41 h-l	0.88 a	1.76 b-f	1.62 c-j
I ₂ B ₃ A ₁	1.08 d-m	1.08 c-l	0.35 n-r	0.33 o-r	1.38 g-p	1.44 g-m
I ₂ B ₃ A ₂	1.07 e-m	1.10 c-l	0.38 j-o	0.43 f-i	1.54 d-l	1.67 c-h
I ₂ B ₃ A ₃	1.23 a-j	1.17 a-k	0.46 def	0.81 b	1.63 c-j	1.80 b-e
I ₃ B ₁ A ₁	1.02 e-n	1.01 f-o	0.37 k-o	0.41 g-j	1.40 g-o	1.35 j-q
I ₃ B ₁ A ₂	1.15 a-k	1.19 a-j	0.40 i-m	0.48 de	1.46 f-m	1.61 c-j
I ₃ B ₁ A ₃	1.32 a-f	1.41 ab	0.46 d-g	0.57 c	1.76 b-f	1.88 bc
I ₃ B ₂ A ₁	1.14 a-k	1.15 a-k	0.34 o-r	0.44 e-h	1.28 k-r	1.62 c-j
I ₃ B ₂ A ₂	1.19 a-j	1.27 a-h	0.37 k-p	0.46 def	1.58 c-k	1.76 b-f
I ₃ B ₂ A ₃	1.25 a-i	1.43 ab	0.44 f-i	0.49 d	1.62 c-j	2.02 ab
I ₃ B ₃ A ₁	0.93 j-p	1.21 a-j	0.37 k-p	0.40 h-l	1.20 m-s	1.68 c-g
I ₃ B ₃ A ₂	1.11 c-k	1.45 a	0.37 k-o	0.45 d-g	1.48 f-m	1.83 bcd
I ₃ B ₃ A ₃	1.39 abc	1.32 a-e	0.38 j-n	0.49 d	1.77 b-f	2.21 a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. تنش آبیاری پس از تخلیه ۲۵ (I₁)، ۵۰ (I₂) و ۷۵ (I₃) درصد رطوبت خاک به عنوان کرت اصلی و ترکیب کاربرد بنتونیت شامل ۲ (B₁)، ۳ (B₂) و ۴ (B₃) تن در هکتار و کود دامی شامل ۲۰ (A₁)، ۳۰ (A₂) و ۴۰ (A₃) تن در هکتار به عنوان کرت فرعی.

In each column, the means with similar letters, according to Duncan's Multiple Range Test, did not differ significantly at the five percent probability level.

Drought stress including 25 (I₁), 50 (I₂) and 75 (I₃) percent soil moisture discharge as the main plot and the combination of bentonite application including 2 (B₁), 3 (B₂) and 4 (B₃) tons per hectare Animal manure included 20 (A₁), 30 (A₂) and 40 (A₃) tons per hectare as subplots.

ادامه جدول ۵- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژی گیاه خربزه تحت تاثیر آبیاری × بنتونیت × کود دامی

Continue of Table 5- Means Comparison of melon physiological characteristics under the influence of year × irrigation × bentonite × animal manure

تیمارهای آزمایشی Treatments	پرولین Proline ($\mu\text{m.g}^{-1}$)		کاتالاز Catalase ($\text{OD.g}^{-1}.\text{FW.min}^{-1}$)		پراکسیداز Peroxidase ($\text{OD.g}^{-1}.\text{FW.min}^{-1}$)	
	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
	I ₁ B ₁ A ₁	0.422 a	0.258 d	10.83 gh	5.20 q-t	1.947 d-g
I ₁ B ₁ A ₂	0.306 c	0.243 e	15.30 d	7.33 mn	2.290 d	1.757 e-i
I ₁ B ₁ A ₃	0.184 ghi	0.156 m-p	32.60 a	12.57 ef	4.157 a	2.150 de
I ₁ B ₂ A ₁	0.240 e	0.243 e	13.53 e	5.40 qrs	1.317 j-p	0.733 s-v
I ₁ B ₂ A ₂	0.207 f	0.193 g	17.00 c	11.38 gh	1.617 f-k	1.293 j-p
I ₁ B ₂ A ₃	0.157 m-p	0.134 r-u	18.93 b	11.53 fg	3.527 b	2.133 de
I ₁ B ₃ A ₁	0.342 b	0.190 gh	5.67 pqr	3.98 uv	1.157 l-s	0.983 o-u
I ₁ B ₃ A ₂	0.183 g-j	0.153 nop	11.27 gh	8.43 klm	1.617 f-k	1.557 g-m
I ₁ B ₃ A ₃	0.176 ijk	0.134 r-u	14.80 d	9.67 ij	3.057 c	2.017 def
I ₂ B ₁ A ₁	0.184 ghi	0.151 opq	3.77 v	2.50 w	1.153 l-s	0.733 s-v
I ₂ B ₁ A ₂	0.170 j-m	0.121 uvw	8.30 klm	7.32 mn	1.233 k-q	1.127 m-t
I ₂ B ₁ A ₃	0.140 q-t	0.111 wx	14.73 d	9.17 jk	2.247 d	1.793 e-i
I ₂ B ₂ A ₁	0.183 g-j	0.145 oqr	5.88 opq	1.70 wx	0.950 p-u	0.733 s-v
I ₂ B ₂ A ₂	0.170 j-m	0.123 uvw	11.53 fg	6.74 nop	1.617 f-k	1.020 n-u
I ₂ B ₂ A ₃	0.167 k-n	0.126 tuv	14.71 d	8.74 jkl	2.823 c	1.933 d-g
I ₂ B ₃ A ₁	0.178 h-k	0.170 j-m	6.95 no	1.36 xy	0.823 q-v	0.790 r-v
I ₂ B ₃ A ₂	0.164 k-o	0.140 qrs	7.53 lmn	6.77 nop	1.317 j-p	0.747 r-v
I ₂ B ₃ A ₃	0.157 m-p	0.127 s-v	14.61 d	8.33 klm	2.793 c	1.930 d-g
I ₃ B ₁ A ₁	0.172 i-l	0.170 j-m	7.53 lmn	1.20 xyz	0.800 r-v	0.703 tuv
I ₃ B ₁ A ₂	0.157 m-p	0.133 r-u	11.63 fg	5.00 q-u	1.523 g-m	0.823 q-v
I ₃ B ₁ A ₃	0.131 r-v	0.098 yz	13.16 e	7.61 lmn	1.920 d-h	1.700 f-j
I ₃ B ₂ A ₁	0.172 i-l	0.161 l-o	7.22 mn	0.40 yz	0.603 uvw	0.593 uvw
I ₃ B ₂ A ₂	0.167 k-n	0.104 xy	10.28 hi	4.27 s-v	1.410 i-o	0.917 p-v
I ₃ B ₂ A ₃	0.160 l-o	0.089 z	11.72 fg	8.33 klm	1.660 f-k	1.590 f-l
I ₃ B ₃ A ₁	0.131 r-v	0.074 za	5.42 qr	0.10 z	0.493 vw	0.300 w
I ₃ B ₃ A ₂	0.119 vw	0.075 za	4.15 tuv	0.23 yz	1.450 i-n	1.177 l-r
I ₃ B ₃ A ₃	0.119 vw	0.071 za	11.05 gh	4.60 r-v	1.487 h-m	1.320 j-p

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

تنش آبیاری پس از تخلیه ۲۵ (I₁)، ۵۰ (I₂) و ۷۵ (I₃) درصد رطوبت خاک به عنوان کرت اصلی و ترکیب کاربرد بنتونیت شامل ۲ (B₁)، ۳ (B₂) و ۴ (B₃) تن در هکتار و کود دامی شامل ۲۰ (A₁)، ۳۰ (A₂) و ۴۰ (A₃) تن در هکتار به عنوان کرت فرعی.

In each column, the means with similar letters, according to Duncan's Multiple Range Test, did not differ significantly at the five percent probability level.

Drought stress including 25 (I₁), 50 (I₂) and 75 (I₃) percent soil moisture discharge as the main plot and the combination of bentonite application including 2 (B₁), 3 (B₂) and 4 (B₃) tons per hectare Animal manure included 20 (A₁), 30 (A₂) and 40 (A₃) tons per hectare as subplots.

افزایش فراهمی عناصر غذایی باشد که باعث فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و به دنبال آن وجود عناصر آوندی بیشتر جهت انتقال مواد پرورده به میوه گیاه می‌شود (Safavi *et al.*, 2016).

کلروفیل a, b، کل

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که غلظت کلروفیل

تحت تاثیر تنش خشکی، کاهش عملکرد میوه دو رقم خربزه ایرانی با کاهش آب قابل دسترس (Barzegar *et al.*, 2011)، افزایش عملکرد میوه خیار با کاربرد سوپر جاذب (Najafi Alishah *et al.*, 2013) و افزایش عملکرد میوه کدوی تخم کاغذی تحت تاثیر کاربرد کود دامی گزارش شده است (Safavi *et al.*, 2016). دلیل بیشتر بودن عملکرد میوه در اثر مصرف کود دامی می‌تواند در نتیجه رشد رویشی ناشی از

خطای یک درصد تحت اثرات متقابل سال، آبیاری، بنتونیت و کود دامی قرار گرفت (جدول ۴). پرولین در سال اول آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت و ۲۰ تن در هکتار کود دامی به میزان ۰/۴۲۲ میکرومول بر گرم وزن تر برگ با ۸۳/۱۷ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. از سوی دیگر کمترین میزان پرولین در سال دوم آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت و ۴۰ تن در هکتار کود دامی (۰/۰۷۱ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) مشاهده شد (جدول ۵). تجمع پرولین در برگ‌ها در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند تعادل آبی گیاه را از طریق تعدیل پتانسیل اسمزی حفظ کند. افزایش سطح نیتروژن آزاد شده از کود دامی موجب افزایش غلظت پرولین برگ شده است. پرولین به‌عنوان یکی از ترکیب‌های تنظیم‌کننده فشار اسمزی در حفظ فشار اسمزی و پایداری غشاء سلولی، مطرح است (Ashraf and Harris, 2013). می‌توان گفت تجمع پرولین در سال اول آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک به‌سرعت افزایش یافت و تجمع آن در برگ‌ها، تعادل آبی گیاه را از طریق تعدیل پتانسیل اسمزی حفظ کرد. تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند تا در دوره کوتاهی پس از اعمال تنش خشکی زنده مانده و بتواند پس از رفع تنش، رشد خود را بازیابی کند و بنابراین اثر مثبتی بر عملکرد خواهد داشت (Demiralay et al., 2013). تنش کم‌آبی باعث کاهش طول بوته، سطح برگ، وزن متوسط میوه و عملکرد و افزایش تجمع پرولین گردید (Delshad et al., 2013). در مطالعه اثر نیتروژن بر کدوی پوست تخم کاغذی، افزایش سطح نیتروژن موجب افزایش غلظت پرولین برگ شد (Aghaei and Ehsanzadeh, 2011).

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز

نتایج تجزیه مرکب آزمایش نشان داد که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز با احتمال خطای یک درصد تحت اثرات متقابل سال، آبیاری، بنتونیت و کود دامی قرار گرفت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به ترتیب ۳۲/۶۰ و ۴/۱۵ اُدسی بر

a, b و کل برگ خربزه با احتمال خطای یک درصد تحت اثرات متقابل سال، آبیاری، بنتونیت و کود دامی قرار گرفت (جدول ۴).

بر اساس نتایج و با توجه به مقادیر میانگین‌های کلروفیل a و کلروفیل b بیشترین غلظت کلروفیل کل در سال دوم آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت و ۴۰ تن در هکتار کود دامی به میزان ۲/۲۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر حاصل شد که نسبت به شاهد ۶۳/۸ درصد افزایش داشت. در مقابل کمترین غلظت کلروفیل کل (۰/۸۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در سال اول آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت و ۲۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد (جدول ۵). در سال دوم آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت خاک و کوددهی ۴۰ تن در هکتار کود دامی به دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی کازایی جذب عناصر افزایش یافته و در نتیجه موجب افزایش کلروفیل شده و از این طریق سطح برگ و فتوسنتز افزایش یافته است، به‌طوری‌که نسبت به سال اول آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. کاهش آبیاری فتوسنتز گیاه را مختل می‌کند که در نهایت بر فرایندهای رشد و فیزیولوژیک خربزه اثر می‌گذارد. در صورت محدود شدن دسترسی گیاه به منابع آبی، مقدار کلروفیل، سطح سبز و تولید مواد فتوسنتزی آن نیز کاهش می‌یابد.

به نظر می‌رسد بنتونیت بدلیل ظرفیت بالای نگهداری آب هنگامی‌که با خاک مخلوط می‌گردد، باعث افزایش آب قابل‌دسترس ریشه و هم‌چنین جذب مواد غذایی شده و در نتیجه تعداد میوه افزایش‌یافته است. در پژوهش دیگری تأثیر تنش آبی بر رشد و عملکرد طالبی معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با بهبود شرایط رطوبت خاک، ارتفاع گیاه، تعداد برگ در بوته، شاخص کلروفیل، محتوی قند و عملکرد افزایش یافت (Mirabad et al., 2013). همچنین مصرف توأم بنتونیت و کود دامی، هم در شرایط تنش و هم در شرایط مطلوب، محتوی کلروفیل گندم را نسبت به شاهد افزایش می‌دهد (Farmahini Farahani et al., 2017).

پرولین

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که میزان پرولین با احتمال

شده است (Habibi et al., 2006). در بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژی و کارایی مصرف آب توده‌های خربزه ایرانی، تنش کم‌آبی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را افزایش داده و محتوای نسبی آب برگ، عملکرد و میزان ویتامین ث را کاهش داد (Lotfi et al., 2017).

نتیجه‌گیری کلی

در هر دو سال آزمایش تنش خشکی به طور قابل ملاحظه صفات زراعی و فیزیولوژی گیاه خربزه را تحت تأثیر قرار داد. بر اساس نتایج عملکرد میوه در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت همراه با ۲۰ تن در هکتار کود دامی در سال اول آزمایش با میانگین ۲/۲۰ تن در هکتار و ۷۴/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. افزایش قابل ملاحظه تعداد میوه در بوته در سال دوم و در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت و ۴۰ تن در هکتار کود دامی با میانگین ۱/۶۸ عدد میوه به دست آمد. غلظت پرولین به میزان ۰/۴۲۲ میکرومول بر گرم وزن تر برگ با ۸۳/۱۷ درصد افزایش نسبت به شاهد در هر دو سال با مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به ترتیب به میزان ۳۲/۶۰ و ۴/۱۵ $\text{OD.g}^{-1}.\text{FW.min}^{-1}$ با ۹۹/۶۹ و ۹۲/۷۸ درصد افزایش نسبت به شاهد در سال زراعی ۱۳۹۸ با مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک و کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت مشاهده شد.

تأثیر کود دامی در رشد گیاه را می‌توان به مقدار زیادی به مواد مغذی معدنی به‌ویژه نیتروژن جذب شده نسبت داد. علاوه بر این افزایش تجزیه مواد آلی و معدنی کردن فسفر موجود در مواد آلی و تبدیل آن‌ها به شکل قابل‌استفاده گیاه نقش کلیدی را در چرخه فسفر خاک ایفا کرده و در کنار استفاده از بنتونیت موجب تقویت ساختمان فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و در نهایت با افزایش آب و فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس گیاه بر فرایند فتوسنتز تأثیر مثبت گذاشته و می‌تواند سبب افزایش طول و عرض میوه شوند. کاربرد ماده بنتونیت شرایط رطوبتی بستر را بهینه کرده و باعث افزایش میزان آب

گرم وزن تر در دقیقه^۱ با ۹۹/۶۹ و ۹۲/۷۸ درصد افزایش نسبت به شاهد در سال اول آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک و به ترتیب کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت و ۴۰ تن در هکتار کود دامی؛ و کمترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به ترتیب ۰/۱ و ۰/۳ آدسی بر گرم وزن تر در دقیقه در سال دوم آزمایش در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۲۵ درصد رطوبت خاک با کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت و ۲۰ تن در هکتار کود دامی به دست آمد (جدول ۵). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، افزایش تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز گردید و کود دامی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌ها برای دفاع گیاه در شرایط تنش خشکی شد، به‌عبارت‌دیگر گیاه به‌منظور تجزیه پراکسید هیدروژن و افزایش تحمل در مقابل رادیکال‌های فعال اکسیژن، غلظت این آنزیم‌ها را افزایش داد. هم‌چنین عناصر موجود در کود دامی دارای نقش‌های کاتالیزوری و تنظیم‌کنندگی بوده و به‌عنوان فعال‌کننده آنزیمی عمل کردند (Hassanpour and Niknam, 2014).

در بررسی تأثیر تنش آبی بر رشد گیاه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پونه کوهی معطر (*Mentha pulegium* L.) در مرحله گل‌دهی مشاهده گردید درحالی‌که در طول دوره تنش، غشای پلاسمایی دچار آسیب می‌شود، آنزیم پراکسیداز در جمع‌آوری گونه‌های فعال اکسیژن به منظور جلوگیری از آسیب بیش از حد بر روی غشای پلاسمایی فعال است (Hassanpour and Niknam, 2014). در آزمایش دیگری تنش خشکی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مالون دی‌آلدئید را در گشنیز افزایش داد، هم‌چنین برهمکنش آبیاری و سلنیوم اثر بسیار معنی‌داری بر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز داشت (Buick et al., 2013).

تشدید تنش خشکی و کاهش مصرف بنتونیت در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت خاک و کاربرد ۲ تن در هکتار بنتونیت، نشان‌دهنده این است که شرایط فوق، میزان آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز افزایش می‌یابد. مصرف پلیمر سوپرجاذب با کاهش دادن صدمات اکسیداتیو در گیاه، درصد نشست یونی غشاء و در نتیجه میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز را کاهش داده و موجب افزایش عملکرد

^۱ $\text{OD.g}^{-1}.\text{FW.min}^{-1}$

قابل دسترس گردید و از این طریق از میزان تنش خشکی وارده به گیاه کاسته و باعث بهبود ویژگی‌های مورد بررسی به همراه کاربرد کود دامی شد. با توجه به نتایج آزمایش به منظور دستیابی به نتایج مطلوب، آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت خاک، کاربرد ۴ تن در هکتار بنتونیت و ۲۰ تن در هکتار کود دامی برای کشت در منطقه هیرمند پیشنهاد می‌شود.

References

- Aghaei, A. and Ehsanzadeh, P., 2011. Effect of Water Deficit Stress and Nitrogen on Yield and some Physiological Parameters of Oilseed Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(3), pp.291-299. [In Persian]. doi: **20.1001.1.2008482.1390.42.3.8.3**
- Arnon, D.I., 1975. Copper enzymes increased insolated chloroplast polyphenoxidase increased (*Beta vulgaris* L.). *Plant Physiology*, 45: pp.1-15.
- Ashraf, M. and Harris, P.J.C., 2013. Photosynthesis under stressful environments: an overview. *Photosynthetica*, 51(2), pp.163-190. doi: **10.1007/s11099-013-0021-6**
- Babayee, S.A., Daneshian, J. and Baghdadi, H., 2012. Effect of plant density and irrigation interval on agronomical traits of *Cucurbita pepo*. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(8), pp.258-261. [In Persian].
- Barzegar, T., Delshad, M., Majd Abadi, A., Kashi, A. and Ghashghaie, J., 2011. Effect of water stress on growth, yield and some physiological parameters of Iranian melon. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 42(4), pp.357-363. [In Persian]. doi: **20.1001.1.2008482.1390.42.4.5.2**
- Basiri, A., 2008. Statistical designs in agricultural sciences. Volume 11. Shiraz University Press. 386 p. [In Persian].
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Tear, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39, pp.205-207.
- Bello, W.B., Adejuyigbe, C.O., Adigun, J.A. and Dare, M.O., 2019. Soil fertility status, nutrient uptake and maize (*Zea mays* L.) yield as influenced by animal manure and compost. *Journal of Organic Agriculture and Environment*, 7(1), pp.9-16.
- Buick, Z., Hassanpoure Darvishi, H., Mozafari, H. and Habibi, D., 2013. Effect of selenium foliar application on antioxidant enzymes activity and MDA in coriander (*Coriandrum sativum* L.) medicinal plant under drought stress conditions. *Crop Production Research*, 5(1), pp.35-48. [In Persian]. doi: **10.22108/ijpb.2022.131019.1265**
- Cakmak, I. and Horst, W., 1991. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glycine max* L.). *Plant Physiology*, 83, pp.463-468. doi: **10.1111/j.1399-3054.1991.tb00121.x**
- Chance, B. and Maehly, A.C., 1955. Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymology*, 2, 764-775.
- Dat, J., Vandenabeele, S., Vranová, E., Van Montagu, M., Inzé, D. and Van Breusegem, F., 2000. Dual action of active oxygen species during plant stress responses. *Cellular and Molecular Life Science*, 57, pp.779-795. doi: **10.1007/s000180050041**

- Delshad, M., Barzegar, T., Kashi, A. and Haghbin, K., 2013. Effect of Fruit site on the Stalk upon Yield and Fruit Quality in two Iranian Melon Cultivars under Normal vs. Water Stress Conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 44(2), pp.169-178. [In Persian]. doi: **10.22059/ijhs.2013.35050**
- Demiralay, M., Sağlam, A. and Kadioğlu, A., 2013. Salicylic acid delays leaf rolling by inducing antioxidant enzymes and modulating osmoprotectant content in *Ctenanthe setosa* under osmotic stress. *Turkish Journal of Biology*, 37(1), pp.49-59. doi: **10.3906/biy-1205-16**
- Eifediyi, E.K. and Remison, S.U., 2010. Growth and Yield of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) as Influenced by Farmyard Manure and Inorganic Fertilizer. *Researcher*, 2(4), pp.1-6.
- Farmahini Farahani, M., Mirzakhani, M. and Sajedi, N., 2017. Effect of Water Absorbent Materials on some Agronomic Traits and Seed Protein of Wheat Under Water Deficit Stress. *Plant Production Thechnology*, 9(2), pp. 27-37. [In Persian].
- Gaber, M.A., 2010. Antioxidative defense under salt stress. *Plant Signal and Behavior*, 5, pp.369-374.
- Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H. and Farmanbar, E., 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. *Soil and Tillage Research*, 126, pp.193-202. doi: **10.1016/j.still.2012.08.002**
- Gholinegad, R., Sirousmehr, A. and Fakheri, B., 2014. Effect of drought stress and organic fertilizer on activity of some antioxidant enzymes, photosynthetic pigments, proline and yield of Borage (*Borago officinalis*). *Journal of Horticulture Science*, 28, pp.338-346. [In Persian].
- Hassanpour, H. and Niknam, V., 2014. Effects of water stress on plant growth and activity of antioxidant enzymes fragrant oregano (*Mentha pulegium* L.) at flowering stage. *Plant Process and Function Journal*, 8, pp.25-34. [In Persian].
- Ilkaee, M., Habibi, D., Paknejad, F., Khodabandeh, N., Aliakbar bojar, M. and Sedigi, F., 2010. Effect of Chloro Cholin Chloride (CCC) and spraying time on yield, physiological traits and antioxidant enzyme activity of corn (*Zea mays* cv. Sc 704). *Agroecology Journal*, 6(2), pp.11-18. [In Persian].
- IRNA, 2021. IRNA report, 31 december 2021. <http://zahedan.irib.ir/-/199>
- Jannoura, R., Joergensen, R.G. and Bruns, C., 2014. Organic fertilizer effects on growth, crop yield, and soil microbial biomass indices in sole and intercropped peas and oats under organic farming conditions. *European Journal of Agronomy*, 52, pp.259-270. doi: **10.1016/j.eja.2013.09.001**
- Keshavarzpour, F. and Rashidi, M., 2011. Response of crop yield and yield components of cantaloupe to drought stress. *World Applied Sciences Journal*, 15(3), pp.382-385.
- Khodaii Joghan, A., 2015. Response ecophysiology of sunflower to nutrient' s systems under different irrigation regimes. Ph.D. Thesis. Tarbiat Modares University. Tehran. Iran. 150 pp.[In Persian].
- Kojic, D., Pajevic, S., Jovanovic-Galovic, A., Purac, J., Pamer, E., Skondric, S., Milovac, S., Popovic, Z. and Grubor-Lajsic, G., 2012. Efficacy of natural aluminosilicates in moderating drought effects on the morphological and physiological parameters of maize plants (*Zea mays* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(1), pp.113-123.

- Lotfi, H., Barzegar, T. and Nekonom, F., 2017. Effect of water deficit stress on some physiological traits and water use efficiency of some Iranian melon landraces. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(4), pp.763-772. [In Persian]. doi: **10.22059/ijhs.2017.125634.781**
- Malekian, A., Valizadeh, E., Dastoori, M., Samadi, S. and Bayat, V., 2012. Soil water retention and maize (*Zea mays* L.) growth as effected by different amounts of Pumice. *Australian Journal of Crop Science*, 6(3), pp.450-454.
- Mani, F., 2014. Evaluation of drought stress on yield and physiological attributes in cantaloupe crop (*Cucumis melo* L.). *Indian Journal of Applied Research*, 4(12), pp.6-10. doi: **10.22034/saps.2021.47494.2722**
- Marvi, H., Rezvani moghadam, P., Jahan, M. and Armin, M., 2020. Effect of drought stress and application cow manure on yield, yield component and water use efficiency of bitter apple (*Citrullus colocynthis*). *Plant Ecophysiology (Arsanjan Branch)*, 12(40), pp.18-26. [In Persian].
- Mirabad, A.M., Lotfi, M. and Roozban, M.R., 2013. Impact of water-deficit Stress on growth, yield and sugar content of cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(22), pp.2778-2782.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7, pp.405-410.
- Montazerinezhad, S., Solouki, M. and Fakheri, B.A. 2013. The activity of ascorbate peroxidase (Cm APX) enzyme and expression level of it's encoding gene in salt stress condition in three Sistan melon Landraces (*Cucumis malo* L.). *Genetic Engineering and Biosafety Journal*, 2(2), pp.145-154. doi: **20.1001.1.25885073.1392.2.2.7.3**
- Moradi-Ghahderijani, M., Jafarian, S. and Keshavarz, H., 2017. Alleviation of water stress effects and improved oil yield in sunflower by application of soil and foliar amendments. *Rhizosphere*, 4, pp.54-61. doi: **10.1016/j.rhisph.2017.06.002**
- Naeimi, N., Yarnia, M. and Khalilvand Behrouzfar, E., 2013. The effects foliar application of methanol at different growth stages on kernel related traits in chickpea var. ILC 482. *Journal of Crop Ecophysiology*, 7(2), pp.147-158. [In Persian].
- Najafi Alishah, F., Golchin, A. and Mohebi, M., 2013. Effects of super absorbent polymers Akoasorb and irrigation on yield, water use efficiency and growth indices greenhouse cucumber. *Science and Technology of Greenhouse Culture*, 4(15), pp. 1-13. [In Persian].
- Nastari Nasrabadi, H., Nemati, H., Kafi, M. and Arouei, H., 2015. Effect of foliar application with salicylic acid on two. Iranian melons (*Cucumis melo* L.) under water deficit. *Journal of Crops Improvment*, 10(33), pp.3305-3309. [In Persian]. doi: **10.5897/ajar2015.10057**
- Pazoki A., 2016. Effect of zeolit application on the amount of damage biomarkers, relative content of leaf water, electrolytes leakage and chlorophyll of rapeseed under water deficit tension conditions. *Crop Physiology Journal*, 7(28), pp.33-44. [In Persian].
- Pusch, R., 2015. Bentonite clay: Environmental properties and applications. CRC Press, Taylor and Francis group, Boca Raton, FL, USA. 360 p.
- Rafezi, R., 2014. Cultivation of melons and cantaloupes. Technical Journal. Agricultural Research, Education and

- Extension Organization, Seed and Plant Breeding Research Institute. 107 p.
- Razzaghifard, S., Gholipouri, A., Tobeh, A. and Meshkini, M., 2017. Yield and Yield Components of Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Influenced by Mycorrhiza, Vermicompost and Nanofertilizer. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26(4), pp.113-128. [In Persian].
- Safavi, F., Galavi, M., Ramroodi, M. and Asgharipoor Chaman, M.R., 2016. Effect of super absorbent polymer, potassium and manure animal to drought stress on qualitative and quantitative traits of pumpkin (*Cucurbita pepo*). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 5(4), pp.330-335.
- Sharma, S.P., Leskovara Daniel, I., Crosby Kevin, M., Volderb, A. and Ibrahim, A.M.H., 2014. Root growth, yield, and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 136, pp.75-85. doi: 10.1016/j.agwat.2014.01.008
- Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Enej, A.E. and Li, J., 2010. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *Plant Physiology*, 167, pp.1248-1252. doi: 10.1016/j.jplph.2010.04.011
- Shihaki Tash, M., 2016. Summary of studies and actions of Sistan and Baluchestan Province Business Development and Sustainable Employment Plan (Takapo). Ministry of Cooperatives, Labor and Social Welfare, Deputy Minister of Entrepreneurship and Employment, Secretary of Takapo Project, Report Code: 1009-96. 19 p.
- Singh, L. and Sukul, P., 2019. Impact of vermicompost, farm yard manure, fly ash and inorganic fertilizers on growth and yield attributing characters of maize (*Zea Mays* L.). *Plant Archive*, 19(2), pp.2193-2200.
- Zohuriaan-Mehr, J., Omidian, H., Doroudiani, S. and Kabiri, K., 2010. Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel materials, *Journal of Materials Science*, 45, pp.5711-5735. [In Persian]. doi: 10.1007/s10853-010-4780-1

Evaluation of the effect of drought stress on agronomic and physiological characteristics of melon under application of animal manure and bentonite

Habib Rostami¹, Mahdi Dahmardeh^{2*}, Mohammad Galavi², Mahmoud Ramroudi²,
Mohammad Reza Naroui Rad³

¹ Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

² Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

³ Genetics and Plant Breeding, Agricultural and Natural Resources Research Center of Zabol, Zabol, Iran

*Corresponding Author: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir

Received: 8 October 2021 Accepted: 2 January 2022

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.309564.1141

Abstract

Introduction: A large part of Iran is affected by arid and semi-arid climate and drought has caused many problems in the agricultural sector. The present study aimed to investigate the characteristics of melon under drought stress conditions using animal manure and bentonite.

Materials and Methods: This experiment was conducted as a split-factorial based on a randomized complete block design with three replications in Hirmand city, Iran, during the two cropping years of 2019-2020. Experimental treatments include irrigation after 25, 50, and 75% soil moisture discharge as the main plot and application of bentonite at levels of 2, 3, and 4 t.ha⁻¹ and application of animal manure at the rate of 20, 30, and 40 ton.ha⁻¹ were considered as subplots. According to the results, in the first year of the experiment, fruit yield increased by 2.02 times compared to the control under 50% soil moisture discharge with the application of 4 t.ha⁻¹ of bentonite with 20 ton.ha⁻¹ of animal manure.

Results and Discussion: The results showed that the fruit yield in irrigation conditions after draining 50% of soil moisture with the application of 4 t.ha⁻¹ of bentonite along with 20 ton.ha⁻¹ of animal manure in the first year of the experiment with an average of 2.20 ton.ha⁻¹ and 74.1% compared to the control showed an increase. In order to achieve higher fruit yield, irrigation after draining 50% of soil moisture, application of 4 t.ha⁻¹ of bentonite and 20 ton.ha⁻¹ of animal manure are suggested for cultivation in Hirmand region. In this experiment, the greater effectiveness of fruit weight and yield in the first year can be attributed to the faster growth of shoots and the availability of more nutrients due to the release of manure elements for plant use and the effect of soil interactions in the first year, and the improvement of physical conditions and Soil and plant chemistry in the second year under irrigation conditions after draining 50% of soil moisture. The reason for the higher fruit yield due to the consumption of animal manure can be the result of the vegetative growth caused by the increase in the availability of nutrients, which causes photosynthesis and the production of more photosynthetic substances, followed by the presence of more vascular elements to transfer the cultivated substances to the fruit of the plant. Based on the obtained results, the increase in drought stress increased the activity of catalase and peroxidase enzymes, and the animal manure increased the activity of enzymes to defend the plant under drought stress conditions, in other words, the plant decomposes hydrogen peroxide and increases tolerance against radicals.

Conclusion: The effect of animal manure on plant growth can be largely attributed to mineral nutrients, especially absorbed nitrogen. In addition to this, increasing the decomposition of organic materials and mineralization of phosphorus in organic materials and converting them into usable form for plants plays a key role in the soil phosphorus cycle, and along with the use of bentonite, it strengthens the physical, chemical and biological structure of the soil, and finally By increasing the amount of water and the availability of nutrients available to the plant, it has a positive effect on the process of photosynthesis and can increase the length and width of the fruit. According to the results of the experiment, in order to achieve the desired results, irrigation after draining 50% of the soil

moisture, application of 4 tons per hectare of bentonite and 20 tons per hectare of manure are suggested for cultivation in Hirmand region.

Keywords: Catalase, Chlorophyll, Fruit yield, Proline, Super absorbent