Archive of SID

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۰ شماره ۳ / سال ۱۳۹۹/ صفحات ۱۱۱-۸۷

ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، آلی و شیمیایی در سطوح مختلف آبیاری

طه ایزان[۱]، عبدالله جوانمرد[۲]، فریبرز شکاری[۳]، ناصر صباغ نیا[۳]، امین عباسی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/٤/۱٤

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۳- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
٤- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه
مسئول مکاتبه: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

چکیده

اهداف: جنبه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی کاربرد کودهای شیمیایی، محققان و کشاورزان را به استفاده از منابع کودی جایگزین تشویق نموده است. اهداف این پژوهش، ارزیابی اثرات کودهای زیستی، شیمیایی و آلی به صورت انفرادی و تلفیقی بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) در سطوح مختلف آبیاری بود.

مواد و روش‌ها: آزمایشی دوساله به صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی پیرانشهر واقع در استان آذربایجان غربی در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل آبیاری در ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و کرت‌های فرعی شامل تیمارهای کودی: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده (۲۵۵، ۲۵ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم)، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، کود زیستی بیوسوپر+ ازتوباکتر، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر، ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده و ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، تنش شدید (۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) سبب کاهش قابل ملاحظه ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، کلروفیل a، کلروفیل b، مقدار نسبی آب، وزن طبق و تعداد دانه در طبق گردید. بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان (٤۲۳۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری نرمال (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. همچنین کمترین عملکرد دانه آفتابگردان (۳۰۵۱ کیلوگرم در هکتار) در تنش شدید و با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مشاهده شد. علاوه بر این، بیشترین (٦٤/۳ گرم) و کمترین وزن هزار دانه (٤۱/٤ گرم) به‌ترتیب در آبیاری نرمال با کاربرد ۱۵ تن

www.SID.ir

Archive of SID

در هکتار ورمی‌کمپوست+ کودهای زیستی+ ۵۰ درصد کود شیمیایی و در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین درآمد ناخالص با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۲۵۵، ۲۵ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) و کودهای زیستی در شرایط آبیاری نرمال حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اقتصادی، تنش شدید، ظرفیت مزرعه‌ای، عملکرد دانه، کاربرد تلفیقی، کشاورزی پایدار

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of Yield, Yield Components and Some Physiological Traits of Sunflower with Integrative Application of Biological, Chemical, and Organic Fertilizers under Different Irrigation Levels

Taha Izan[1], Abdollah Javanmard[2], Fariborz Shekari[3],Naser Sabaghnia[3], Amin abbasi[4]

Received: December 31, 2019 Accepted: July 4, 2020
1-Ph.D student of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
3-Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
4-Assis. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
Corresponding Author Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

Abstract

Background and objectives: The environmental and economic impacts of chemical fertilizers application have encouraged agronomists and growers to evaluate the use of alternative nutrient sources. The objectives of this study were to evaluate the effects of biological, chemical and organic fertilizers, as alone and integrative application on yield, yield components and physiological traits of sunflower under different irrigation levels.

Materials and methods: A two- field experiments were carried out as split plot based on randomized complete blocks design (RCBD) with three replications at the Piranshahr agricultural research station, West Azarbaijan province, Iran, during during 2016 and 2017. The main plots included different irrigation levels (Irrigation at 85, 70 and 55% field capacity) and the sub plots were including different fertilization levels: 100% of recommended chemical fertilizer (255, 25 and 25 kg ha-1 urea, triple superphosphate and potassium sulfate, respectively), 10 ton ha-1 vermicompost, 15 ton ha-1 vermicompost, biosuper+ azotobacter biofertilizer, 10 ton ha-1 vermicompost+ biosuper+ azotobacter, 15 ton ha-1 vermicompost+ biosuper+ azotobacter, 10 ton ha-1 vermicompost+ biosuper+ azotobacter, 10 ton ha-1 vermicompost+ biosuper+ azotobacter+ 50% chemical fertilizer and 15 ton ha-1 and vermicompost+ biosuper+ azotobacter+ 50% chemical fertilizer.

Results: The results demonstrated that the irrigation at 55% of field capacity significantly decreased the plant height, stem diameter, head diameter, thousand seed weight, seed yield, biological yield, chlorophyll a, chlorophyll b, relative water content, head weight and number of seeds per head of sunflower. The highest achene yield of sunflower (4230 kg ha-1) was achieved in the normal irrigation with application of 15 ton ha-1 vermicompost+ biosuper+ azotobacter+ 50% chemical fertilizer. Also, the lowest achene yield (3051 kg ha-1) was observed in the severe stress conditions (Irrigation at 55% of field capacity) with application of chemical fertilizer. In addition, the highest (46.3 g) and the lowest (41.4) thousand seed weight was achieved in the irrigation at 85% field capacity with application of 15 ton ha-1 vermicompost+ biosuper+ azotobacter+ 50% chemical fertilizer and irrigation at 55% field capacity with application of chemical fertilizer, respectively.

Conclusion: The results of this study showed that the highest gross return was achieved by application of 100% chemical fertilizer (255, 25 and 25 kg ha-1 urea, triple superphosphate and potassium sulfate, respectively) and biofertilizers in the normal irrigation conditions (85% of field capacity).

Keywords: Achene Yield, Economic Analysis, Field Capacity, Integrate Application, Sustainable Agriculture, Severe Stress.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) یکی از پنج گیاه دانه روغنی مهم است که به دلیل مقاوم بودن به خشکی و سازگاری با شرایط آب و هوایی مختلف، در ٦٠ کشور جهان کشت شده و سطح زیر کشت زیادی را به خود اختصاص داده است. سطح زیر کشت جهانی آن بالغ بر ٢٦ میلیون هکتار با میانگین عملکرد ١٩٤٨ کیلوگرم در هکتار و کل تولید دانه آفتابگردان در جهان بالغ بر ٥١ میلیون تن در سال ٢٠١٨ بوده است. مساحت زیر کشت این گیاه در ایران ٤٠ هزار هکتار با عملکردی حدود ١٠٠٠ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (فائو ٢٠١٨).

کاربرد کودهای شیمیایی جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، از عملیات متداول در سیستم‌های کشاورزی مرسوم محسوب می‌شود که یکی از نتایج منفی آن طی سال‌های اخیر، بحران آلودگی‌های زیست‌محیطی، به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده است (آرماک و همکاران ٢٠١٨).

کودهای زیستی به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی، نقش مثبت و غیرقابل انکاری در مدیریت پایدار خاک و در نهایت پایداری کل سیستم دارند. استفاده از باکتری‌ها (*ازتوباکتر*[1]، *آزوسپریلیوم*[2] و *سودوموناس*[3]) باعث افزایش کارایی کودهای نیتروژن و فسفر و در نتیجه بهبود رشد چندین گیاه زراعی مثل آفتابگردان و ذرت شده‌اند. *ازتوباکتر* نه تنها در تثبیت نیتروژن بلکه در تولید هورمون‌های رشد، ترکیبات ضد قارچی، سیدروفورها و حل‌کنندگی فسفات نیز مؤثر است. همچنین در بین باکتری‌های حل‌کننده فسفات، باکتری جنس *سودوموناس*، به افزایش سرعت جوانه‌زنی، افزایش رشد ریشه، افزایش سطح برگ، افزایش مقاومت به خشکی، افزایش فعالیت میکروبی و فراهمی عناصر غذایی منجر می‌شود (یانگ و همکاران ٢٠١٥). میرزاخانی و ساجدی (٢٠١٥) گزارش کردند که با مصرف کود زیستی فسفاته به جای کودهای شیمیایی فسفاته در هفت استان کشور، مشخص شد که کود زیستی فسفاته به راحتی قابل رقابت با کودهای شیمیایی فسفاته بود و به طور متوسط افزایش عملکرد دانه نسبت به کود شیمیائی سوپر فسفات تریپل ٥٧٦ کیلوگرم در هکتار بوده است. همچنین در پژوهش شوقی کلخوران و همکاران (٢٠١٠)، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن و میزان پروتئین دانه آفتابگردان به طور معناداری در روش‌های تلفیقی بیشتر از تیمارهای شیمیایی و آلی بود. بیشترین و کمترین میزان روغن (٥١/٠ و ٤٦/٣ درصد) به‌ترتیب در تیمار ١٠٠ درصد آلی و تیمار ٥٠ درصد کود آلی+ ٥٠ درصد کود شیمیایی حاصل شد، در حالی که در رابطه با میزان پروتئین (٢٠/٩ و ١٨/٣ درصد) نتیجه معکوس بود. با افزایش سهم کود آلی در روش‌های مختلف تغذیه‌ای و با استفاده از کود زیستی باکتریایی، میزان اسیدهای چرب اشباع به طور معناداری کاهش و اسیدهای چرب غیراشباع (اولئیک و لینولئیک) افزایش یافتند.

علاوه بر کودهای زیستی می‌توان از جایگزین دیگری از قبیل ورمی‌کمپوست به جای کودهای شیمیایی استفاده نمود. بالا بودن میزان عناصر غذایی مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با سایر کودهای آلی و به علاوه دارا بودن عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز از مزایای ورمی‌کمپوست محسوب می‌گردد (حسین‌زاده و همکاران ٢٠١٦). پژوهش‌های متعدد نشان داده است که اصلاح خاک با مواد آلی، به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی نظیر قابلیت نگهداری بالای آب، ظرفیت تبادل کاتیونی، افزایش جذب عناصر غذایی و سایر شاخص‌های سودمند فیزیکی، شیمیایی و زیستی، منجر به افزایش پایداری تولیدات کشاورزی در شرایط نامساعد محیطی می‌گردد (غلام‌حسینی و همکاران ٢٠١٣ و ارماک و همکاران

[1] Azotobacter
[2] Azospirillum
[3] pseudomonas

www.SID.ir

Archive of SID

۲۰۱۸). اسماعیلیان و همکاران (۲۰۱٤) با کاربرد کودهای آلی، شیمیایی و تلفیق آن‌ها بر گیاه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی، گزارش کردند که تیمار کودهای آلی (۲۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی) و تیمار تلفیقی (۱۵ تن در هکتار کود گاوی+ نصف کود شیمیایی توصیه شده) عملکرد و ویژگی‌های رشد گیاه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی را به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش دادند. در پژوهشی کاظم‌علیلو و همکاران (۲۰۱٤) نتیجه گرفتند که تنش کم‌آبی سبب کاهش معنی‌دار شاخص کلروفیل برگ، شاخص سطح برگ، عملکرد زیستی، ارتفاع بوته و قطر ساقه آفتابگردان شد ولی مصرف سوپرفسفات‌تریپل و لجن فاضلاب به عنوان کود آلی تمامی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. به طوری که در هر دو آبیاری مطلوب و محدود، بیشترین شاخص کلروفیل برگ، شاخص سطح برگ، عملکرد زیستی، ارتفاع بوته و قطر ساقه از تیمارهای تلفیقی به‌دست آمد که در شرایط آبیاری مطلوب به‌ترتیب ٤۰ ،۱٤۱ ،۷۵ ،۲٦ و ٤۷ درصد و در شرایط آبیاری محدود ۵۱ ،٦۵ ،۱۱٤ ،۳٦ و ٦۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافتند. همچنین در پژوهشی دیگر توسط کاظم‌علیلو و همکاران (۲۰۱۸)، مشاهده شد که کاربرد تلفیقی سوپرفسفات تریپل و لجن فاضلاب به عنوان کود آلی در تعدیل اثرات منفی تنش خشکی در آفتابگردان بسیار مؤثر بوده است. آن‌ها برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، افزایش عملکرد دانه آفتابگردان و توسعه کشاورزی پایدار، در شرایط آبیاری مطلوب، کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به همراه ۵٦/۷ تن در هکتار لجن فاضلاب و در شرایط آبیاری محدود، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بهمراه ۵٦/۷ تن در هکتار لجن فاضلاب توصیه نمودند.

موضوع مهمتر از تولید، تخصیص بهینه و بازده اقتصادی نهاده‌های مصرفی است. از دیدگاه اقتصادی، تنها افزایش کارایی مصرف نهاده کافی نیست، بلکه به ازای مصرف هر واحد از نهاده، درآمد مناسبی نیز باید نصیب کشاورز شود (محمدی و همکاران ۲۰۱۱). معمولاً کشاورزان تا زمانی که درآمد حاصل از مصرف هر واحد نهاده با هزینه ناشی از مصرف آن برابر شود، به مصرف آن نهاده ادامه می‌دهند. با این حال واکنش عملکرد به مقادیر بالای نهاده‌ها (مانند آب و کود نیتروژن) از قانون بازده نزولی پیروی می‌کند و با نزدیک شدن به حداکثر عملکرد، واکنش عملکرد به مصرف هر واحد نهاده، کاهش می‌یابد، بنابراین حتی با وجود افزایش درآمد خالص، ممکن است کارایی مصرف نهاده کاهش یابد (رودنیک و همکاران ۲۰۱٦). در نهایت هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای زیستی و آلی با شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان در سطوح مختلف آبیاری و ارزیابی اقتصادی کاربرد تیمارهای مختلف بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در طی دو سال زراعی (۱۳۹۵ و ۱۳۹٦) در مزرعه‌ی پژوهشی اداره حفاظت محیط زیست واقع در ۳ کیلومتری شهرستان پیرانشهر با طول جغرافیایی ٤۵ درجه و ۹ دقیقه و ٤۵ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٤۰ دقیقه و ۳۱ ثانیه و ارتفاع از سطح دریا ۱٤٦۱ متر و متوسط بارندگی سالیانه ٦۷۳ میلیمتر با اقلیم کوهستانی سرد و مدیترانه‌ای، برخوردار از خاک رسی- لومی و pH حدود ۷/۵ اجراشد. قبل از اجرای آزمایش یک نمونه خاک مرکب از محل اجرای آزمایش و ورمی‌کمپوست تهیه و نسبت به اندازه‌گیری عناصر غذایی ماکرو و میکرو اقدام گردید (جدول۱). غلظت نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم و منیزیم به‌ترتیب با روش‌های کجلدال (جونز ۲۰۰۱)، عصاره‌گیری با بیکربنات سدیم (اولسن و سومرس ۱۹۸۲)، عصاره‌گیری با استات آمونیم یک نرمال (کنودسن و همکاران ۱۹۸۲) صورت پذیرفت و سپس غلظت فسفر، پتاسیم و منیزیم عصاره‌ها با اسپکتروفتومتر و فلیم فوتومتر اندازه‌گیری

www.SID.ir

Archive of SID

شدند. جهت مشخص کردن غلظت کل آهن، روی، منگنز و مس دو گرم خاک در ۲۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ٤ مولار به مدت ١٦ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس عصاره‌گیری شد (اسپسیتو و همکاران ۱۹۸۲). سپس برای تعیین آهن، روی، منگنز و مس قابل جذب خاک از عصاره‌گیر DPTA استفاده گردید و در نهایت با دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu, AA-670 در آزمایشگاه علوم خاک دانشگاه مراغه قرائت صورت پذیرفت (لیندسی و همکاران ۱۹۸۷). همچنین جهت تعیین ظرفیت مزرعه‌ای[4]، نقطه پژمردگی دائم[5] و جرم مخصوص ظاهری[6] خاک محل آزمایش، ابتدا از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک با سیلندرهای هفت سانتی‌متری به تعداد دو سیلندر خاک دست نخورده از چند نقطه مزرعه به تصادف انتخاب و به آزمایشگاه علوم خاک دانشگاه مراغه منتقل شدند و در نهایت جرم مخصوص ظاهری خاک، درصد حجمی رطوبت در ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب ۳۲/۱ گرم در سانتی‌متر مکعب، ٢٤/٥ و ۱۰/۱ درصد مشخص گردید. این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری در سه سطح: آبیاری در ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و آبیاری در ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و کرت‌های فرعی شامل تیمارهای مختلف کودی در هشت سطح: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (F_1)، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (F_2)، ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (F_3)، کاربرد کودهای زیستی بیوسوپر+ ازتوباکتر (F_4)، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر (F_5)، ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر (F_6)، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی (F_7) و ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی (F_8) بودند. ورمی‌کمپوست مورد استفاده از شرکت کیمیا پارس تهیه و یک ماه قبل از کشت آفتابگردان همزمان با شخم، تسطیح و آماده‌سازی زمین براساس نوع تیمار با خاک مخلوط شد. با توجه به اینکه سطح بحرانی فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس در خاک برای آفتابگردان به‌ترتیب ۱۲، ۳۵۰، ۷، ۲، ۵ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (ملکوتی و همکاران ۲۰۰۰). بنابراین طبق جدول ۱، غلظت آهن، روی، منگنز و مس در خاک بیشتر از سطح بحرانی بود. با توجه به آزمون خاک، ۸۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت مصرف شد. همچنین بصورت سرک ۸۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مرحله ۸ برگی (V_8) و ۸۵ کیلوگرم در هکتار هم در آغاز گلدهی (R_1) مصرف گردید. کود زیستی بیوسوپر (محتوی *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس* و *باسیلوس*) و *ازتوباکتر* بصورت بذرمال مورد استفاده قرار گرفتند. به این‌ترتیب که محتوی کود زیستی با نسبت معینی آب طبق دستورالعمل به‌طور یکنواخت با بذور آغشته و سپس در سایه خشک و بلافاصله در سال ۱۳۹۵ و ١٣٩٦ به‌ترتیب در ۱۷ و ۲۵ فروردین‌ماه کشت شدند. رقم مورد استفاده Fantazija بود که زودرس و تا حدودی مقاوم به خشکی می‌باشد. این رقم در انستیتوی گیاهان زراعی و سبزی نویساد صربستان اصلاح شده که در سال ۱۳۹۵ از طرف وزارت جهاد کشاورزی معرفی گردید. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط کشت با طول چهار متر در نظر گرفته شد. فاصله بین پشته‌ها و بوته‌ها بر روی ردیف به گونه‌ای ثابت برای همه کرت‌های آزمایش به‌ترتیب ٦٠ و ۳۰ سانتی متر لحاظ شد. جهت جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، فواصل بین کرت‌های اصلی، فرعی و بین بلوک‌ها به‌ترتیب ۲، ۰/۵ و ۲ متر در نظر گرفته شد. پس از کاشت، آبیاری به صورت

1- Field Capacity
2- Permanent Wilting Point
3- Bulk density

www.SID.ir

Archive of SID

یکنواخت تا مرحله ۸ برگی ادامه یافت. سپس آبیاری بر پایه میزان رطوبت خاک اعمال گردید. با توجه به تیمارهای آبیاری، میزان دقیق آب آبیاری با استفاده از روش بی‌نامی و آفن (۱۹۸۳) تعیین گردید. سپس زمان‌های آبیاری مزرعه با اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنی از طریق نمونه گیری خاک در یک نوبت در وسط هر روز از عمق توسعه ریشه در تیمارهای مختلف و رسیدن به رطوبت مورد نظر تعیین گردید (مارتین و همکاران ۱۹۹۰). میزان آب آبیاری برای هر کرت با در نظر گرفتن عمق توسعه ریشه (٦٠ سانتی‌متر)، مساحت کرت و رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای بر حسب متر مکعب محاسبه شد (رستمزا و همکاران ۲۰۱۱).

$$In = \frac{(Fci - \Theta i) \times \mathrm{D} \times \mathrm{A}}{100} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

In : حجم آب مصرفی، Fci: رطوبت خاک در شرایط ظرفیت زراعی، Θi: مقدار رطوبت خاک در شرایط نمونه‌برداری، D: عمق مناسب نفوذ ریشه و A: سطح کرت مورد استفاده.

انتهای کرت‌ها برای جلوگیری از خروج آب به طور کامل بسته شدند. برای جلوگیری از تاثیر بارندگی‌ها بر روی کشتزار آزمایشی و اثرات آنها بر تیمارهای خشکی، پوشش‌های پلاستیکی با توجه به پیش‌بینی‌های هواشناسی در روزهایی با احتمال بارش بر روی کشتزار در نظر گرفته شد. همچنین جهت یکنواختی شرایط محیطی در بین سطوح مختلف آبیاری، پوشش‌ها بی‌درنگ پس از سپری شدن روزهای بارانی برداشته می‌شد

مقدار آب استفاده شده به‌ترتیب برای آبیاری در ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای در سال اول ٥٦١٦، ٤٩٠٧ و ۳۷۹۲ مترمکعب در هکتار و در سال دوم ٥٩٨٤، ٥٢٤٢ و ٤٠٠٢ مترمکعب در هکتار بود. به هنگام برداشت (اواخر شهریور) نمونه‌برداری فقط از سه ردیف وسطی (با احتساب حذف ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر ردیف) صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک و پارامترهای رشدی ۵ بوته از هر کرت انتخاب و صفات طول بوته، قطر طبق، قطر ساقه، تعداد دانه در طبق اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری کلروفیل، نمونه‌های برگی به مدت چهار ساعت در دمای ٦٥ درجه سانتی‌گراد در ٤ میلی‌لیتر از دی متیل سولفوکسید غوطه‌ور گردید (نیکی ۲۰۱۰). سپس میزان جذب آن‌ها در طول موج‌های ٦٦٥، ٦٤٩ و ٤٨٠ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100-vis) ثبت شد. مقادیر کلروفیل a و b بر اساس معادلات ولبورن (۱۹۹٤) و کلروفیل کل طبق معادله آرنون (۱۹٤۹) محاسبه گردید. همچنین برای اندازه‌گیری مقدار نسبی آب برگ در هر تکرار، چهار دیسک برگ تازه به قطر یک سانتیمتر از آخرین برگ توسعه یافته تهیه و به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن تر آنها مشخص گردید. دیسک‌های برگی به مدت ٢٤ ساعت در دمای اتاق و نور کم در داخل آب مقطر غوطه‌ور و سپس نمونه‌ها به سرعت و با دقت با دستمال کاغذی خشک و وزن برگ آماس شده اندازه‌گیری گردید. در نهایت دیسک‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ٢٤ ساعت خشک و سپس توزین گردید و مقدار نسبی آب با استفاده از رابطه شونفلد و همکاران (۱۹۸۸) محاسبه گردید.

(رابطه ۲) =مقدار نسبی آب ((وزن خشک− وزن اشباع) / (وزن خشک − وزن تر))×۱۰۰

(رابطه ۳) شاخص برداشت = [عملکرد بیولوژیکی/عملکرد اقتصادی] × ۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

بعد از اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌های آزمایش، آنالیز با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS و SPSS انجام شد. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با آزمون چند دامنه دانکن انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش و کود آلی ورمی‌کمپوست

نمونه	عمق (سانتی‌متر)	بافت خاک	نقطه پژمردگی (%)	ظرفیت مزرعه‌ای (%)	pH	درصد کربن آلی	درصد ازت کل	هدایت الکتریکی	فسفر	پتاس	آهن	منگنز	روی	مس	منیزیم
									(mg.Kg^{-1})						
خاک	۰-۳۰	سیلتی رسی لومی	۱۰/۱	۲٤/٥	۷/٥	۱/۲	۰/۱۱	۰/٦	۱۱/۳	۳۱۰	۹/٥	۸/۳۷	۱/۹۸	/٦۲ ۱	–
	۳۰-٦۰	سیلتی رسی لومی	۱۰/٤	۲٤/٥٦	۷/٥	۱/۱	۰/۱۱	۰/٦	۱۰/۱	۳۰۱	۸/۳٥	٥/٤۲	۱/۸۹	/٤٥ ۱	–
ورمی‌کمپوست	–	–	–	–	۷/۸	۱٦/۸	۱/۳۷	۲/٦٥	۷۹۰۰	۱۲۲۰۰	۳٤۰ ۰	۳۹٤	۱٦۰	۱/٥ ٤	٦۳۰۰

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر معنادار سال، سطوح مختلف آبیاری، سطوح کود و اثر متقابل کود× آبیاری قرار گرفت (جدول۲). تیمار آبیاری نرمال (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ کودهای زیستی بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی با میانگین ۱۳۱۹/۳ گرم در مترمربع و تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی همراه با آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای با میانگین ۸۹۰/٦ گرم در مترمربع به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها است. با کاهش رشد سلول اندازه اندام محدود شده و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان با اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (جلیلیان و همکاران ۲۰۱۲). به‌علاوه در شرایط کم‌آبی جذب مواد و عناصر غذایی کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. به دنبال کاهش سطح برگ، جذب نور کمتر و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (کورل و همکاران ۲۰۱۲). شاتا و همکاران (۲۰۰۷) افزایش ۱۵ درصدی عملکرد بیولوژیک گیاه ذرت را در تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی همراه با کود آلی و زیستی گزارش کردند. اثرات مثبت و هم‌افزایی ورمی‌کمپوست و باکتری‌ها باعث افزایش فعالیت باکتری‌های موجود در خاک شده و باکتری‌ها در ناحیه ریزوسفر از طریق مکانیسم‌هایی مانند تولید هورمون‌های محرک رشد سبب افزایش رشد می‌گردند (چن ۲۰۰٦). علاوه بر این، به دلیل اثر مثبت آن‌ها بر بستر رشد، افزایش سطح ریشه و جذب بیشتر عناصر غذایی موجب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی، رشد و عملکرد گیاه خواهند شد (عبدالعزیز و همکاران ۲۰۰۷).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲) نشان داد که عملکرد دانه آفتابگردان تحت تأثیر معنادار سطوح مختلف آبیاری، کود، آبیاری× سال، کود× آبیاری و کود× سال قرار گرفت. بیشترین میزان عملکرد دانه آفتابگردان (٤۲۳۰ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری مطلوب (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و با کاربرد ۱۵ تن در هکتار

www.SID.ir

Archive of SID

ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. بعد از آن تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی قرار گرفت که با تیمارهای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و تیمار مصرف ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر در آبیاری مطلوب تفاوت معناداری نداشت. همچنین، کمترین میزان عملکرد دانه آفتابگردان (۳۰۵۱ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد. به طور کلی عملکرد دانه در شرایط تنش شدید (۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و تنش ملایم (۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) نسبت به آبیاری مطلوب (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) به‌ترتیب ۲۱/۲۵ و ۱۹/۷ درصد کاهش یافت (جدول ۳). عملکرد دانه آفتابگردان همبستگی بالایی با آب قابل دسترس در خاک دارد و با افزایش سطح کمبود آب، عملکرد به شدت کاهش می‌یابد و در شرایط کم‌آبی جذب عناصر عذایی از خاک به کندی صورت می‌گیرد. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش کمبود آب به کاهش وزن و تعداد دانه در طبق و قطر طبق نسبت داده شده است (جدول ۳). زیرا همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد از قبیل تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و قطر طبق وجود دارد (سیزن و همکاران ۲۰۱۱). تنش خشکی، مانند سایر تنش‌های محیطی، از طریق کاهش فتوسنتز و انتقال شیره پرورده به دانه باعث کاهش طول دوره پرشدن دانه و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود. به نظر می‌رسد کاربرد کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست باعث بهبود شرایط فیزیکوشیمیایی خاک (غلامحسینی و همکاران ۲۰۱۳) و همچنین افزایش فعالیت و نفوذ ریشه گیاهان و در نهایت بهبود عملکرد می‌شوند (اوانیلو و همکاران ۲۰۰۸). در پژوهشی که توسط خدایی و همکاران (۲۰۱۸) صورت گرفت بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط آبیاری نرمال و با کاربرد ورمی‌کمپوست+ زئوکمپوست، ورمی‌کمپوست+ کود مرغی غنی شده با زئولیت و زئوکمپوست+کود مرغی غنی شده با زئولیت حاصل شد که دلیل آن را به کاهش آبشویی نیتروژن به دلیل ترکیب ورمی‌کمپوست با زئولیت نسبت دادند. همچنین شوقی کلخوران و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه گرفتند که تیمارهای تغذیه‌ای تلفیقی ۵۰ درصد آلی+ ۵۰ درصد شیمیایی و ۲۵ درصد آلی+ ۷۵ درصد شیمیایی عملکرد دانه بیشتری نسبت به تیمارهای تغذیه‌ای ۱۰۰ درصد شیمیایی و ۷۵ درصد آلی+ ۲۵ درصد شیمیایی داشتند و کمترین عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد کود آلی حاصل گردید. این موضوع را به دلیل ساکن‌سازی نیتروژن معدنی توسط کودهای آلی و کاهش قابلیت دسترسی به این عنصر به خصوص در مراحل اولیه رشد گیاه نسبت دادند.

در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، یدوی و همکاران (۲۰۱۶) نیز نتیجه گرفتند که با مصرف ورمی‌کمپوست، عملکرد دانه ذرت به دلیل وجود مقادیر بالاتر نیتروژن در دسترس افزایش یافت. زیرا نیتروژن برای تولید پروتئین‌های ساختاری گیاه ضروری هستند. علاوه بر این، ورمی‌کمپوست دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می‌باشد که این مواد از طریق بهبود دسترسی فراهمی عناصر غذایی خاص به ویژه آهن و روی و اثر مستقیم بر متابولیسم گیاهی باعث افزایش رشد و عملکرد می‌گردد (تارتورا ۲۰۱۰).

شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر معنادار سال، سطوح مختلف آبیاری، کود و اثر متقابل کود× سطوح آبیاری قرار گرفت (جدول۲). بیشترین شاخص برداشت در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد که اختلاف معناداری با تیمارهای کودی کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کودهای زیستی بیوسوپر+ ازتوباکتر در همان سطح آبیاری نداشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- واریانس صفات مورد مطالعه در آفتابگردان در سطوح مختلف فاکتورهای آبیاری و کودی طی دو سال زراعی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		عملکرد دانه	وزن طبق	میزان کلروفیل	قطر طبق	قطر ساقه	ارتفاع بوته	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق	شاخص برداشت	مقدار نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b
سال	۱	۳۸/۰۲ ns	٤/٥١ ns	۰/۸۲*	۰/۱٦*	۰/۰۲**	۲۳/۳٦**	۳۳۹۳**	۱/۳٦ ns	٦۰۹۷**	۰/۰۰۰۳**	۰/٦ ns	۱۳٥۱ ns	۱۳/۹ ns
تکرار	٤	۳٥/٦۳	۳/۸۳	۷/٥۹	۰/٥۳	۰/۰۰٥	۱/٤٦	۱٥۲۹	۱/٦۲	۱٤۲/۸٦	۰/۰۰۰۰۷	۰/۷۹	۱۷۱۲/٤	۳۳٤/۸
تنش	۲	۹٤۰۷٦**	۱۳۹٦۹**	٤٤/۱۰**	۷۷/۱۸**	۱/۷٥**	٥٥٤۱/۹**	۱۲۲۳۷۹٤**	۲۷۲۱**	۸٦٥۰۸٤**	۰/۰۰۳۹**	۲٦۱۲**	۲۸۸۷۹۹**	۳۳٤۳٥۳**
تنش× سال	۲	۲۰۸/۹**	٤/۰۰۲ ns	۰/۲۷۳ ns	۰/۱٤**	۰/۰۱**	۸/٥۹ns	۱۱۹۰*	۲/۱۹*	۹۰۷۷/۲**	۰/۰۰۰۲ ns	٥/۰۷**	۱۳۷/٤ ns	۲۹٥/۹ns
تنش× تکرار	۸	٥۲/۳٤	۱۲/٥۱	۱/۸٦	۰/۰٥	۰/۰۰۱	۱٤/۲۰	۷٥۲/٦٦	۱/٥۱	۹۳۱/۳	۰/۰۰۰۱	۰/۹٤	۹۸۰/٤	۳۲۱/۱
کود	۷	۱۳۱٦**	۱۷٤/٦**	۸/۰٥**	۱/٦۹**	۰/۱۳**	۲۷۲/٥**	۲٦۷٥۹**	۹۳/۲۸**	۳۳۱۲۱ **	۰/۰۰۰۲**	۱۳/۸**	٦۸۱٥٦**	٥٥٦۷۲**
کود× تنش	۱٤	۱۹٥/٤**	۲٥/٥**	۲/٤۰**	۰/۷۱**	۰/۰۱**	۳٤/۲**	۳۲٥۹**	۱٥/۸۹**	۲٤۱۸**	۰/۰۰۰۰۹**	٥/۰٦**	۱۱۰٦۰**	٦۰۱۹**
کود× سال	۷	٤٤/۱۸**	۱/۲۱ ns	۰/۳۷ ns	۰/۹۸*	۰/۰۰٤*	٦/۱۰ns	۳٤٤/۲ns	۰/٥٥۱ ns	۱۹٤٥**	۰/۰۰۰٤ ns	۰/۱۳ns	٥۳۸/۲ns	۲۸۸/٦ns
کود× تنش× سال	۱٤	۱۷/۹۰ ns	۲/۱۲ ns	۰/۱٥ ns	۰/۰٤۹ ns	۰/۰۰۲ ns	٥/۰٥ns	۱۳٥/۰٤ns	۰/٦۹۸ ns	٤۱۸/۹ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/٤۰ns	٤۱۲/٦ns	٥۱/۷ns
خطا	۸٤	۱۲/۷۳	۳/٤٦	۰/۲۱	۰/۰۳۷	۰/۰۰۱	۳/۲۸	۲٦۹/۷	۰/٦٥	٦۰۲/۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/٥۱	٦۸۱/٦	۳۰٤/٤
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۹٥	۱/۹۳	۱/۲٦	۱/۱٦	۱/۹٥	۱/۱٤	۱/٤۳	۱/۰	۲/٦۸	۱/۷٤	۰/۹۸	۸/٥٤	۷/٤۱

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

همچنین، کمترین شاخص برداشت نیز با کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی در آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد. به دلیل اینکه شاخص برداشت حاصل نسبت عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک می‌باشد، لذا تغییرات این دو پارامتر تاثیر عمده‌ای بر شاخص برداشت دارند. بیشتر بودن شاخص برداشت در تیمار تنش کم‌آبی را می‌توان به کم بودن عملکرد بیولوژیک در این تیمار نسبت داد. این مسئله می‌تواند بدین دلیل باشد که در شرایط کمبود نیتروژن و تنش آب نه تنها مواد تولید شده در کل اندام گیاه کمتر بوده بلکه اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام اقتصادی نیز به همان نسبت کاهش می‌یابد. البته انتقال مواد به دانه‌ها ممکن است تحت تاثیر مستقیم تنش موقت کمبود آب قرار نگرفته و کوتاه شدن دوره پرشدن دانه علت اصلی اختصاص کمتر مواد به دانه در این شرایط باشد (وو و همکاران ۲۰۰۵).

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تعداد دانه در طبق تحت تأثیر معنادار سال، سطوح مختلف آبیاری، کود، کود× سال، تنش × سال و کود× تنش واقع شد. بیشترین تعداد دانه در طبق (۱۱۰۰) در آبیاری عادی (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده حاصل شد که تفاوت معناداری با تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی در همان سطح آبیاری نداشت. کمترین مقدار تعداد دانه در طبق (۷۲٤) نیز در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مشاهده شد که با تیمار مصرف کود زیستی بیوسوپر+ ازتوباکتر تفاوت معناداری نداشت. به طور کلی تعداد دانه در طبق در شرایط آبیاری عادی (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) نسبت به تنش ملایم (۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و تنش شدید

www.SID.ir

Archive of SID

(۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) به‌ترتیب ۱۵/۱۴ و ۲۵/۲۲ درصد افزایش یافت (شکل ۳). سلیمان زاده و همکاران (۲۰۱۰) نتایج مشابهی با کاربرد کودهای زیستی گزارش کردند آن‌ها افزایش تعداد دانه در طبق را بر اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر هفت درصد گزارش نمودند. حسن زاده و همکاران (۲۰۰۸) نیز افزایش ۱۷ درصدی تعداد دانه در سنبله جو را تحت تأثیر باکتری محرک رشد گزارش نمودند.

وزن هزاردانه

وزن هزاردانه به طور معناداری تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری، کود، سطوح آبیاری× سال و کود× سطوح آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین (٦٤/٣ گرم) و کمترین (٤١/٤ گرم) وزن هزار دانه به‌ترتیب در آبیاری نرمال (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای)+ کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی و در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای+ کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مشاهده شد. تنش ملایم و تنش شدید، وزن هزاردانه را نسبت به

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه روی آفتابگردان تحت تأثیر ترکیب تیماری سطوح آبیاری و کود

سطوح آبیاری	سطوح کودی	ارتفاع (cm)	قطر ساقه (cm)	قطر طبق (cm)	شاخص SPAD	وزن طبق (gr)	عملکرد دانه ($t.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($Kg.ha^{-1}$)
آبیاری در ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	F1	١٦٩ c	٢/١٠ cd	١٨/٠٥ c	٣٩/٦٦ a	١١٥/٥ b	٤/١٥١bc	١٢٨٣/٥ b
	F2	١٦٥ fe	٢/٠١ fg	١٧/٦١ fg	٣٩/٦ a	١١٠/٥ e	٤/٠٩٣ d	١٢٦٠/٣ c
	F3	١٦٥/٣ e	٢/١٤ bc	١٧/٥٦ e	٣٩/٥٥ a	١١١/٥ de	٤/٠٩٨d	١٢٥٢/٦ cd
	F4	١٦١/١ gh	١/٩٧ gh	١٧/٢ gh	٣٩/٥٨ a	١٠٧/٦ f	٤/٠٤٣ e	١٢٢٤/١e
	F5	١٦٧/٨ c	٢/١٧١ b	١٧/٦٤ cd	٣٩/٥١ a	١١٢/٩ cd	٤/١١٥ cd	١٢٨٤ b
	F6	١٦٨/٦ c	٢/١٧٨ b	١٧/٨٢ cd	٣٩/٥٥ a	١١٤/٦ bc	٤/١٤٦ bc	١٢٨٢/٦b
	F7	١٧٣/١ b	٢/٢٩ a	١٨/٢٢ b	٣٩/٥٣ a	١١٨/٧ a	٤/١٧٣ b	١٣١٠/٦a
	F8	١٧٥/٣٣ a	٢/٣٠ a	١٨/٢٨ a	٣٩/٧٥ a	١٢٠/١ a	٤/٢٣٠ a	١٣١٩/٣a
آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	F1	١٥٩/٣ hi	١/٨٢ kl	١٧/٠٥ kl	٣٣/٨٨ hi	٩٣/٤ ij	٣/٨٠١ h	١١٩٩/٥ f
	F2	١٥٧/٣ ji	١/٨٤ jk	١٦/٤٥ jk	٣٥/٢٠ d	٩٢/٧ j	٣/٧٢١ j	١١٦٧/١ g
	F3	١٥٧/٨ i	١/٨٧ j	١٦/٥٦ j	٣٥/١٥ de	٩٣/٠٦ ij	٣/٧٥٠ ji	١١٦٩/٣ g
	F4	١٥٥/٦ j	١/٨٣٣ kl	١٦/٢٥ kl	٣٤/٦٥ ef	٩٣/٠١ ij	٣/٦٥٣ k	١١٢٣/٨ h
	F5	١٦٣/١fg	١/٩٣ hi	١٦/٥٦ hi	٣٥/٦٠ cd	٩٤/٩ hi	٣/٧٨٣ hi	١١٧٦/٣ g
	F6	١٦٣ fg	١/٩٢ i	١٦/٦٥ i	٣٥/٩٣ c	٩٦/٣ gh	٣/٧٦١ h-j	١١٨٢/٨fg
	F7	١٦٥/٣ e	٢/٠٥ fe	١٧/١٣ e	٣٦/٨١ b	٩٧/٣ g	٣/٨٩٨g	١٢٣٦ de
	F8	١٦٦/٦ de	٢/٠٨ de	١٧/٢٧ de	٣٦/٨٠ b	٩٧/٧ g	٣/٩٥٥f	١٢٤٥ cd
آبیاری در ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	F1	١٣٨/٣ n	١/٦٦ n	١٤/١٤ n	٣١/٢٦ j	٧٣/٥ n	٣/٠٥١ p	٨٩٠/٦ m
	F2	١٤٧/١ l	١/٧٣ m	١٥/١٨ m	٣٣/٤٦ i	٧٨/١ m	٣/٢٠٦ n	٩٣٢/٨ l
	F3	١٤٧/٦ l	١/٧٤ m	١٥/٣٥ m	٣٣/٥١ i	٧٨/٠٣ m	٣/٢٢٨n	٩٣٢/٨ l
	F4	١٤٣/٦ m	١/٧١ m	١٥/٢ m	٣٣/٣٦ i	٧٦/٣ m	٣/١٥٣o	٩٢٩/٨ l
	F5	١٤٨/٥ l	١/٨٠ l	١٥/٣٦ l	٣٤/٠٥ gh	٨٢/٣ l	٣/٢٧٠ m	٩٧٥ k
	F6	١٤٧/٣ l	١/٨٢٣ kl	١٥/٤٨ kl	٣٤/٢٦ f-h	٨٢/٣ l	٣/٢٧٣m	٩٩٢/٦ k
	F7	١٥١ k	١/٨٢ kl	١٥/٦٣ kl	٣٤/٤٥ fg	٨٣/٧ kl	٣/٤٠١ l	١٠٢٩/٥ j
	F8	١٥٢/٨ k	١/٨٣٨ j-l	١٥/٨٢ j-l	٣٤/٥٥ fg	٨٤/٨ k	٣/٤٤١ l	١٠٥١/٨ i

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۳

سطوح آبیاری	سطوح کودی	شاخص برداشت (%)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در طبق	مقدار نسبی آب (%)	کلروفیل a	کلروفیل b
	F1	۳۲/۳ d-i	٦۲/۳۰ b	۱۰٦۸/۸ bc	۷۹/۲٦ a	۲٤۷/٥ g-i	۱۷۰/٤ i
	F2	۳۲/٤ d-h	٥۹/٥۳ c	۱۰٦۳ c	۷۹/۰۳ a	۲٥٦/۸ gh	۲۷٤/۱ e
آبیاری در ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	F3	۳۲/٦ d-f	٥۹/۷٥ c	۱۰۲۳/۳ de	۷۹/۰٦ a	۳۱۰/٤ f	۲٤۱/٥ fg
	F4	۳۲/۹ cd	٥۷/۲۳ d	۱۰۱۳/۸ e	۷۹/۰۳ a	۳۲٥/۲ f	۲٤۳/۸ fg
	F5	۳۲/۰ g-j	٦۱/٦٥ b	۱۰٤۲/۸ cd	۷۹/۲٥ a	٤۱۸ cd	۲۳٤/۰٦ fg
	F6	۳۲/٥ d-g	٦۲/۲۳ b	۱۰٥۳/۳ c	۷۹/۰٦ a	٤٥۰/۱ b	۳۲۱/۸ d
	F7	۳۱/٥ g-j	٦۳/۷٥ a	۱۰۹۱/۸ ab	۷۹/۱۱ a	٤٦٥/۲ ab	۳۳٦/۳ cd
	F8	۳۲/۰ g-j	٦٤/۳۸ a	۱۱۰۰/۳ a	۷۹/۲٥ a	٤۸۸/۱ a	۳٦۱/٤ b
	F1	۳۱/٦ ji	٥٤/۲۳ f	۸۷۲/۳ h	۷۲/۱۳ e	۲۳۸/٦ h-k	۱۹٥/۹ h
	F2	۳۱/۸ h-j	٥۲/۷۳ hi	۸٦٦ h-j	۷۳/٥٦ d	۲۷٤/٥ g	۲٥۲/٥ f
آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	F3	۳۲/۰ f-j	٥۳/۰۸ gh	۸۷۱/۱ hi	۷۳/٤۸ d	۲٥٤ gh	۲٤۹/۸ f
	F4	۳۲/٤ d-h	٥۱/۸٦ ij	۸۳۷/۸ jk	۷۳/۱٦ d	۳۱۱/۳ ef	۲۲٥/۸ g
	F5	۳۲/۱ f-j	٥۳/٦۸ fg	۹۱۲/٥ g	۷۳/۸٦ cd	۳۳۷/۳ f	۳۲٤/۷ d
	F6	۳۱/۷ ji	٥۳/۸٦ fg	۹۱٤/۸ g	۷۳/۸٥ cd	۳٥۸/۸ e	۳٥۱ cb
	F7	۳۱/۹ j	٥٥/٦۳ e	۹٤٦/۸ f	۷٤/٤۱ bc	٤۰٥/۱ d	٤۰۹/٤ a
	F8	۳۱/۷ ji	٥٦/۰۸ e	۹٤٥/٦ f	۷٤/۹٦ b	٤۳۷/٦ bc	۳۳۹/٥ cd
	F1	۳٤/۲ a	٤۱/٤۱ n	۷۲٤/۸ m	٦۱/۳۸ i	۲۱۰/۳ kl	۱۰۲/۷ k
	F2	۳٤/۳ a	٤٤/٤٦ lm	۷٦۸/۱ l	٦٤/۰۱ h	۱۹۸/٥ l	۱۰۷/۷ jk
آبیاری در ٥٥ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	F3	۳٤/٥ a	٤٤/۸۸ l	۷٦۰/۸ l	٦۳/٦۰ h	۱۹٦/۸ l	۱۱٦/۳ jk
	F4	۳۳/۹ ab	٤۳/۹۰ m	۷٥۱ lm	٦۳/٤۸ h	۲۱۷/۸ i-l	۱۱۳/۰۷ jk
	F5	۳۳/٥ bc	٤٦/۲۰ k	۸۱۷/۱ k	٦٤/۹۸ g	۲۰۰/۳ l	۱۲٦/۷ j
	F6	۳۲/٥ c-e	٤٦/۱۸ k	۸۱۷/۱ k	٦٥/۲۸ g	۲۱۷/۳ j-l	۱٥٤/۹ i
	F7	۳۲/۹ cd	٥۱/٤۸ j	۸٤۰/٥ jk	٦٦/۹٦ f	۲٤٦/۲ g-j	۱٦۳/۷ i
	F8	۳۲/٥ d-g	٥۱/۸۱ ij	۸٤٤ i-k	٦٦/٥٦ f	۲٦۹/۳ g	۲۳۳/٤ fg

آبیاری نرمال بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش دادند به طوری که وزن هزار دانه در تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب ۱۲/۱۵ و ۲٤/٥ درصد کاهش یافت. کاهش مقدار آبیاری از طریق کوتاه کردن دوره پرشدن دانه موجب کاهش وزن هزار دانه می‌گردد. وزن دانه تحت تاثیر تعداد سلول و اندازه آن‌ها قرار می‌گیرد. اندازه سلول‌ها تقریباً دارای ظرفیت ثابتی است اما تعداد سلول‌ها بیشتر تحت تاثیر عوامل محیطی و زراعی قرار می‌گیرند. احتمالاً ارقامی که دارای وزن هزار دانه پایینی هستند دارای تعداد سلول کمتر و یا اندازه سلول کوچکتر هستند (کوچکی و سرمدنیا ۲۰۰۳). به نظر می‌رسد در دسترس بودن نیتروژن و سایر مواد مغذی که از کودهای زیستی و آلی تامین می‌شوند، فتوسنتز را بهبود و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی را در مرحله رشد باروری افزایش می‌دهد. نیتروژن و دیگر مواد مغذی به تدریج از ورمی‌کمپوست آزاد و در طول فصل رشد، گیاهان را تغذیه می کنند. آزاد کردن مواد مغذی به‌صورت آهسته، ریسک شستشوی مواد مغذی را کاهش و تا پایان فصل رشد، گیاهان را پشتیبانی می‌کنند. همچنین، دوره پر شدن دانه کوتاه‌تر به علت تنش کمبود آب، دلیل اصلی کاهش وزن دانه است (داندریا و همکاران ۱۹۹٥). جامی و همکاران (۲۰۱۷) نتیجه گرفتند که نیتروژن در سیستم تغذیه‌ای شیمیایی به صورت معدنی است و در شرایط محیطی مناسب در معرض فرآیند نیترات

www.SID.ir

Archive of SID

سازی قرارمی‌گیرد و به عمق پایین‌تر خاک انتقال می‌یابد به طوری که شستشوی عناصر غذایی در مراحل اولیه رشد در سیستم تغذیه ۱۰۰ درصد شیمیایی موجب شده که میزان دسترسی گیاه به این عنصر در مرحلهٔ پر شدن دانه کاهش یابد. احتمالاً دلیل افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق درسیستم تغذیه‌ای آلی عنصر فسفر است که نقش مهمی در زمان پر شدن دانه و افزایش وزن دانه دارد و افزایش دسترسی به فسفر از ویژگی‌های مثبت کود آلی است.

قطر طبق

قطر طبق به طور معناداری تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری، کود، تنش× سال، کود × سال و کود× سطوح آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین قطر طبق در آبیاری ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد و کمترین قطر طبق نیز با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد. قطر طبق در تنش ملایم و تنش شدید به‌ترتیب ۵/۹ و ۱٤/۱٦درصد نسبت به آبیاری نرمال کاهش یافت. قطر طبق از اساسی‌ترین صفاتی است که تحت تاثیر تنش خشکی افت می‌کند و روی سایر اجزاء عملکرد نیز تاثیر می‌گذارد. احمد و همکاران (۲۰۱۰) افزایش قطر طبق را در استفاده از کودهای بیولوژیک نسبت به شاهد گزارش نمودند. قطر طبق نه تنها با عوامل محیطی مانند رطوبت خاک، بلکه با خواص ژنتیکی کنترل می‌شود. در دسترس بودن آب در مرحله باروری نقش مهمی در افزایش عملکرد از طریق افزایش تولید مواد پرورده و اندازه مخزن مانند اندازه دانه و قطر طبق دارد (تارانتینو و البا ۱۹۷۹). گوگسوی و همکاران (۲۰۰٤) نتیجه گرفتند که تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار قطر طبق می‌شود. کاهش قطر طبق در شرایط تنش کم آبیاری می‌تواند به دلیل شدت یافتن تخلیه رطوبتی خاک و عدم تخصیص آسیمیلات‌های کافی به بخش زایشی گیاه از جمله طبق رخ داده باشد. در پژوهش دیگری نیز مشخص شد که در اثر تنش خشکی در آفتابگردان قطر طبق تا ۳۸ درصد نسبت به شرایط عادی کاهش می‌یابد (کوکس و جولیف ۱۹۸٦).

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنادار سال، سطوح مختلف آبیاری، کود و کود× سطوح آبیاری بر ارتفاع بوته‌های آفتابگردان بود (جدول۲). بیشترین ارتفاع گیاه با میانگین ۱۷۵/۳ سانتی‌متر در آبیاری نرمال (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. بعد از آن تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی قرار گرفت. کمترین ارتفاع بوته آفتابگردان (۱۳۸/۳سانتی متر) با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در شرایط آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد. میانگین ارتفاع بوته در آبیاری نرمال (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای)، تنش ملایم (۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و در تنش شدید (۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) به ترتیب ۱٦۸/۱، ۱٦۱ و ۱٤۷ سانتی متر بوده است (جدول۳). کاهش ارتفاع گیاه تحت شرایط تنش آبی به کاهش فشار تورژسانس و کاهش تقسیم سلولی نسبت داده می شود (اوگبنایا و همکاران ۲۰۰۳). البته افزایش ارتفاع گیاه در تیمارهای F_8 و F_7 ممکن است به دلیل استفاده از ورمی‌کمپوست باشد. زیرا کاربرد ورمی‌کمپوست باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شده و فعالیت ریشه را افزایش می‌دهد که منجر به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود (غلامحسینی و همکاران ۲۰۱۳). می‌توان بیان کرد که احتمالاً خواص شیمیایی و فیزیکی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم کننده رشد (ارانکن و همکاران ۲۰۰۵) و همچنین افزایش فعالیت

www.SID.ir

Archive of SID

میکروارگانیسم‌ها (ارانکن و همکاران ۲۰۰٤) باعث افزایش تجمع نیتروژن توسط گیاه می‌شود و با افزایش نیتروژن، رشد گیاه و از آن جمله ارتفاع، قطر کانوپی و سطح برگ افزایش می‌یابد. علاوه بر این، باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع گیاه و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوکروم‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، سهولت جذب مواد غذایی و القای مقاومت سیستماتیک به عوامل بیماری‌زا را افزایش دهند (برد و همکاران ۲۰۰۰). چاندرسکا و همکاران (۲۰۰۵) افزایش ارتفاع ارزن را بر اثر تلقیح با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه با کاربرد اوره گزارش دادند. زاهیر و همکاران (۲۰۰۰) افزایش ۵/۸ درصدی ارتفاع بوته ذرت را به واسطه تلقیح آن با ازتوباکتر و سودوموناس گزارش نمودند. آنها تولید اسید ایندول استیک به وسیله سویه‌های مختلف باکتری‌های جنس ازتوباکتر را عامل افزایش قابل ملاحظه در رشد و عملکرد گزارش کردند.

قطر ساقه

قطر ساقه به لحاظ ذخیره فراورده‌های فتوسنتزی در طول دوره رویشی و امکان انتقال این مواد در زمان پرشدن دانه‌ها نقش قابل ملاحظه‌ای دارد و هر قدر قطر ساقه بیشتر باشد، پتانسیل تولید مطلوب در گیاه افزایش می‌یابد (سولماز علیلو و همکاران ۲۰۱۸). دراین پژوهش، قطر ساقه تحت تاثیر معنادار سال، سطوح آبیاری، کود، کود× سطح آبیاری و کود× سال قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین قطر ساقه (۲/۳ سانتی‌متر) در آبیاری ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. بعد از آن تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی قرار گرفت. کمترین قطر ساقه (۱/٦٦ سانتی‌متر) با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد.

در واقع تنش شدید (۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) نسبت به آبیاری عادی و تنش ملایم (۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) به‌ترتیب باعث کاهش ۱۷/۷ و ۷/۹ درصدی قطر ساقه شدند (جدول ۳). قطر ساقه معیاری از رشد رویشی است و قطر بیشتر ساقه در استحکام و مقاومت گیاه به عوامل نامساعد محیطی نقش مهمی دارد. با افزایش شدت تنش کمبود آب و کاهش رشد رویشی در اثر کاهش تقسیم سلولی، رشد قطری نیز به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. خماری (۲۰۰٤) بیان نمود که محدودیت آب روی قطر قسمت‌های تحتانی و میانی ساقه آفتابگردان تأثیر معنی‌داری داشته و موجب کاهش قطر ساقه شده است. احمد و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند با کاربرد کود بیولوژیک تثبیت کننده نیتروژن و فسفر، حداکثر قطر ساقه آفتابگردان و در تیمار شاهد (عدم مصرف کود بیولوژیک) کمترین قطر ساقه بدست آمد. همچنین اسماعیلیان و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که تغذیه تلفیقی (۱۵تن کود گاوی در هکتار+ نصف کود شیمیایی توصیه شده بر اساس آزمون خاک) ارتفاع و قطر ساقه آفتابگردان را به‌ترتیب ۱۳ و ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

شاخص SPAD

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنادار سال، سطوح مختلف آبیاری، کود و کود× سطوح آبیاری بر شاخص SPAD بود (جدول۲). مشاهده می‌شود که بین تیمارهای کودی در آبیاری ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای تفاوت معنی‌داری حاصل نشد و کلیه تیمارها در این رژیم آبیاری در یک سطح قرار گرفتند. همچنین، کمترین میزان این شاخص با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد. در واقع میزان این شاخص در آبیاری عادی نسبت به تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب ۱۰/۳۲ و ۱۵/۱ درصد افزایش نشان داد. کاهش سبزینگی برگ در تنش خشکی ممکن است تا حدودی به دلیل کاهش جریان نیتروژن به

www.SID.ir

Archive of SID

بافت‌ها و فعالیت نیترات ردکتاز باشد. با کمبود رطوبت، فعالیت ریشه و در نهایت جذب نیتروژن کاهش یافته که این موضوع می‌تواند باعث کاهش میزان این شاخص شود (خزایی و همکاران ۲۰۰۵). کاهش مقدار کلروفیل در گیاهان باعث تغییر در نسبت جذب نور و درنتیجه کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود، تغییر سطوح کلروفیل برگ سبب تغییر ویژگی‌های جذب نور شده و میزان جذب تشعشع و بازتابش نور را تغییر می‌دهد. کاهش مقدار کلروفیل با افزایش شدت تنش خشکی یا آبیاری محدود توسط دیگر محققان (ماداخاکسار و همکاران ۲۰۱٤) نیز گزارش شده است. در تطابق با نتایج پژوهش حاضر، مقصودی و همکاران (۲۰۱۲) نتیجه گرفتند کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی منجر به افزایش مقدار کلروفیل برگ ذرت هیبرید ۷۰٤ نسبت به کاربرد جداگانه کودها گردید. بررسی اثر ورمی‌کمپوست از صفر تا ۱۰ تن در هکتار بر غلظت کلروفیل در برگ ذرت نشان داده است که محتوی کلروفیل از ۱/۳٦ به ۱/۹۳ میلی‌گرم بر گرم افزایش می‌یابد (امین‌پوری و همکاران ۲۰۱۵).

کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد غلظت کلروفیل a تحت تأثیر معنادار سطوح مختلف آبیاری، کود و اثر متقابل کود× سطوح آبیاری واقع شد. بیشترین غلظت کلروفیل a در آبیاری عادی و با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد که تفاوت معنی داری با کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نداشت. کمترین غلظت کلروفیل a نیز در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مشاهده شد که با تیمارهای ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، کاربرد ازتوباکتر+ بیوسوپر، کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر و تیمار کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر تفاوت معناداری نداشت. به طور کلی غلظت کلروفیل a در آبیاری عادی نسبت به تنش ملایم و تنش شدید به‌ترتیب ۱۱/٦۱ و ۵۹/۳۲ درصد افزایش یافت (جدول ۳).

کلروفیل b

کلروفیل b نیز تحت تاثیر معنادار سطوح آبیاری، کود و کود× سطوح آبیاری قرار گرفت (جدول۲). بیشترین غلظت کلروفیل b در آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و با کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. کمترین غلظت کلروفیل b نیز با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد که با تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، تیمار مصرف ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تیمار ازتوباکتر+ بیوسوپر تفاوت معناداری نداشت (جدول ۳). تنش خشکی با تغییر در سنتز و مقدار رنگدانه‌های گیاهی، سبب اختلال در فرایند فتوسنتز می‌گردد. به گونه‌ای که مقدار کلروفیل در شرایط کمبود آب کاهش می‌یابد (کاستریلو و توروجیلو ۱۹۹٤). به نظر می‌رسد کاهش میزان کلروفیل در شرایط کمبود آب، به واسطه‌ی اثر آنزیم‌های کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی باشد که سبب تجزیه کلروفیل می‌شوند (مجومدار و همکاران ۱۹۹۱). برخی از پژوهشگران، کلروفیل برگ را یکی از معیارهای مهم نشان دهنده تنش های محیطی بر گیاه دانسته و گزارش می‌کنند که مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و باعث تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود (زارکو تجادا ۲۰۰۰). کاهش فتوسنتز تحت اثر افزایش دور آبیاری به دلیل اختلال در فرآیندهای شیمیایی مسیر فتوسنتزی است. هرچند فتوسیستم II تا حد زیادی نسبت به خشکی متحمل است، تنش خشکی می‌تواند مانع انتقال الکترون شود، از این رو از کارایی فتوسنتزی

www.SID.ir

Archive of SID

کاسته می‌شود علاوه بر این در شرایط تنش، کمبود آب باعث تجزیه کلروفیل گردیده و گلوتامات که پیش ماده کلروفیل و پرولین است بر اثر تنش به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوی کلروفیل کاسته می‌گردد (لاشکاری ۲۰۱۳). مصرف کودهای شیمیایی و زیستی با افزایش میزان نیتروژن در گیاه باعث افزایش میزان کلروفیل‌ها و کارتنوئیدها شده که به دنبال آن سبزینگی، توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان داده خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد. همچنین بر اثر خشکی تشکیل پلاستیدهای جدید و نیز کلروفیل a و b تغییر می‌کند (سعیدی و عبدلی ۲۰۱۵). در تحقیقی کود زیستی نیتروکسین به دلیل کمک در جذب نیتروژن و فسفر و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های موردنیاز گیاه در شرایط تنش دارند، توانست تنش خشکی را تعدیل نماید و موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه ماریتیغال شود (محمدپور و اشوایی ۲۰۱۷). در تأیید افزایش کلروفیل با استفاده از تیمار ورمی‌کمپوست، آتیه و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که یون‌های آمونیومی توسط موادی که دارای بار منفی هستند به طور سطحی جذب می‌شوند و یا طی فرایند نیتریفیکاسیون به نیترات تبدیل می‌شود. جذب ترکیبات نیتراته از یک طرف و افزایش میزان عناصری نظیر آهن و منگنز در گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست از طرف دیگر، خود دلیل بر افزایش میزان کلروفیل برگ در گیاه می‌باشد.

وزن طبق

وزن طبق تحت تاثیر معنادار سطوح مختلف آبیاری و کود× سطوح آبیاری قرار گرفت (جدول۲). بیشترین وزن طبق با میانگین ۱۲۰/۱ گرم در آبیاری نرمال (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده حاصل شد که اختلاف معناداری با کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نداشت. کمترین میزان وزن طبق (۷۳/۵ گرم) نیز با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در شرایط آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد. میانگین وزن طبق در آبیاری نرمال (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای)، تنش ملایم (۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و در تنش شدید (۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) به‌ترتیب ۱۱۳/۹، ۹٤/۸ و ۷۹/۹ گرم بود (جدول۳). برخی محققان گزارش کرده‌اند رخداد تنش رطوبتی در طول دورهٔ رویشی از راه کاهش سطح برگ‌ها منجر به کاهش مواد نورساختی می‌شود (رحیم زاده و همکاران ۲۰۱۲).

مقدار نسبی آب

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲) نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری، کود× سال و کود× سطوح آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار نسبی آب معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان مقدار نسبی آب در آبیاری نرمال (۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) با کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. کمترین میزان مقدار نسبی آب برگ هم با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد. وقتی پتانسیل آب خاک کاهش می‌یابد، گیاهان برای حفظ قدرت جذب آب باید پتانسیل آب درونی را به قدری کاهش دهند تا به یک شیب مطلوب برسد. برای ایجاد جریان آب از خاک به داخل ریشه‌ها، مهمترین مکانیسم، تنظیم اسمزی است که گیاه پتانسیل اسمزی را توسط انباشتگی فعال یون‌های آلی یا مواد محلول (شامل یون‌های غیرآلی مثل پتاسیم، کلسیم، کلر و ترکیبات غیربار‌دار همچون پرولین و کربوهیدرات‌ها) در درون واکوئل کاهش می‌دهد (حسین و همکاران ۲۰۱۸). خماری (۲۰۰٤) در آزمایش خود بر روی آفتابگردان مشاهده کرد که کمبود آب باعث کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار آب نسبی برگ‌های میانی و فوقانی بوته گردید. با توجه به اینکه شرایط رشد سلول فشار تورگر در حد ماکزیمم، شامل شل شدن دیواره سلولی و رسوب‌گذاری در دیواره سلولی می باشد، بنابراین به نظر می‌رسد با مصرف کودهای زیستی و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله ظرفیت نگهداری آب در خاک، گیاه کمتر با شرایط خشکی مواجه شده و تمایل کمتری به سرمایه گذاری برای افزایش غشاء نشان می دهد، همچنین با افزایش بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه را به دنبال دارد (ناگاناندا و همکاران ۲۰۱۰).

تحلیل اقتصادی

بررسی اقتصادی عملکرد دانه آفتابگردان در ارتباط با تیمارهای مورد استفاده براساس قیمت‌های سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ در جداول ٤، ٥ و ٦ آورده شده است. ارزیابی اقتصادی براساس قیمت هر مترمکعب آب ۲۰۰۰ ریال (اداره آب و فاضلاب پیرانشهر)، هر کیلوگرم دانه آفتابگردان ۲٦٦٤۰ ریال، هر کیلوگرم کود فسفر ۱۱۰۰۰ ریال، هر کیلوگرم کود نیتروژن ۱۵۰۰۰ ریال، هر کیلوگرم ورمی‌کمپوست ۵۰۰۰ ریال (جهاد کشاورزی شهرستان پیرانشهر)، هر لیتر مایه تلقیح ازتوباکتر ۱۵۰۰۰۰ریال و هر لیتر کود زیستی بیوسوپر ۳۵۰۰۰۰ ریال (شرکت زیست فن‌آور سبز) محاسبه گردید. جدول ٤ نشان می‌دهد بیشترین درآمد ناخالص حاصل از رژیم‌های مختلف آبیاری در تیمار ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد. درآمد ناخالص در تیمارهای آبیاری ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای نسبت به آبیاری نرمال به‌ترتیب ۱۲/۵۱ و ۱۹/۹۱ درصد کاهش نشان داد. همچنین با مصرف تیمارهای مختلف کودی (جدول ۵)، بیشترین درآمد ناخالص به تیمارهای F_1 (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) و F_4 (کاربرد کودهای زیستی بیوسوپر+ ازتوباکتر) تعلق داشت. علاوه بر این، در ارزیابی وضعیت درآمد ناخالص مزرعه آفتابگردان تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی و رژیم‌های آبیاری، نتایج نشان داد که در همه سطوح آبیاری، بیشترین درآمد ناخالص به تیماری کودی F1 مربوط بود (جدول ٦). در آبیاری ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، بیشترین درآمد ناخالص در تیماری کودی F_4 حاصل شد. دلیل آن به عملکرد بیشتر به میزان ۳/۳٤ درصد و کاهش هزینه کود و آب مصرفی به میزان ۸/۸٤ درصد نسبت به تیمار F_1 می‌باشد. در تطابق با این نتایج، قبادی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی گزارش کردند که بیشترین درآمد ناخالص و درآمد خالص در هکتار ذرت (به ترتیب ۸۲/۹٤ و ٤۸/۹۹ میلیون ریال در سال ۱۳۹۳ و ۸٦/۷۰ و ٤۵/۰٤ میلیون ریال در سال ۱۳۹٤) در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن به دست آمد. حد مطلوب بهره‌وری اقتصادی آب (٤۲۰۰ و ۳٦۷۰ ریال بر مترمکعب در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤) و نیتروژن (۷۱۰٦۰ و ٤۸٦۵۰ ریال بر کیلوگرم در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن، بهره‌وری اقتصادی نیتروژن کاهش یافت و مصرف نیتروژن تا حد ۷۰ درصد مقدار توصیه شده، باعث بهبود بهره‌وری اقتصادی آب ذرت شد. در این مطالعه هر چند که بیشترین عملکرد دانه و درآمد خالص در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن به‌دست آمد، اما انتخاب ترکیب مناسب آب و نیتروژن باید با در نظر گرفتن اهمیت هر یک از نهاده‌ها، تغییر قیمت آن‌ها، بهره‌وری اقتصادی و محدودیت‌های زیست محیطی انجام شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- تحلیل اقتصادی عملکرد دانه آفتابگردان در رژیم های مختلف آبیاری در طی فصل رشد (میانگین دو سال)

رژیم آبیاری	عملکرد دانه ($Kg.ha^{-1}$)	درآمد حاصل از عملکرد دانه (toman)	کل آب مصرفی ($m.ha^{-1}$)	هزینه آب مصرفی (toman)	درآمد ناخالص با کسر هزینه آب و کود
۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	٤١٣١	١١/٠٠٤/٩٨٤	٥٨٠٠	١/١٦٠/٠٠٠	٩/٨٤٤/٩٨٤
۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	٣٧٩٠	١٠/٠٩٦/٥٦٠	٥٠٧٤	١/٠١٤/٨٠٠	٩/٠٨١/٧٦٠
۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای	٣٢٥٢	٨/٦٦٣/٣٢٨	٣٨٩٧	٧٧٩/٤٠٠	٧/٨٨٣/٩٢٨

جدول ۵- تحلیل اقتصادی عملکرد دانه آفتابگردان در ارتباط با تیمارهای مختلف کودی (میانگین دو سال)

تیمار کودی	عملکرد دانه ($Kg.ha^{-1}$)	سود حاصل از عملکرد دانه (toman)	هزینه کود مصرفی (toman)	درآمد ناخالص با کسر هزینه کود مصرفی
F1	٣٦٦٧	٩/٧٦٨/٨٨٨	١٣٠/٤٥٠	٩/٦٣٨/٤٣٨
F2	٣٦٧٣	٩/٧٨٤/٨٧٢	٥/٠٠٠/٠٠٠	٤/٧٨٤/٨٧٢
F3	٣٦٩٢	٩/٨٣٥/٤٨٨	٧/٥٠٠/٠٠٠	٢/٣٣٦/٤٨٨
F4	٣٦١٦	٩/٦٣٣/٠٢٤	٥٠/٠٠٠	٩/٥٨٣/٠٢٤
F5	٣٧٢٢	٩/٩١٥/٤٠٨	٥/٠٥٠/٠٠٠	٤/٨٦٥/٤٠٨
F6	٣٧٢٦	٩/٩٢٦/٠٦٤	٧/٥٥٠/٠٠٠	٢/٣٧٦/٠٦٤
F7	٣٨٢٤	١٠/١٨٧/١٣٦	٥/١١٥/٢٢٥	٥/٠٧١/٩١١
F8	٣٨٧٥	١٠/٣٢٣/٠٠٠	٧/٦١٥/٢٢٥	٢/٧٠٧/٧٧٥

۱۰۰ درصد کود شیمیایی (F_1)، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (F_2)، ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (F_3)، کاربرد کودهای زیستی بیوسوپر+ ازتوباکتر (F_4)، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر (F_5)، ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر (F_6)، ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی (F_7) و ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی (F_8).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- تحلیل اقتصادی عملکرد دانه آفتابگردان در ترکیب تیماری دوره‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی

رژیم آبیاری	تیمار کودی	عملکرد دانه ($Kg.ha^{-1}$)	سود حاصل از عملکرد دانه ($toman.ha^{-1}$)	هزینه کود و آب مصرفی(toman)	درآمد ناخالص با کسر هزینه کود و آب مصرفی
I_1	F1	٤١٥١	١١/٠٥٨/٢٦٤	١/٢٩٠/٤٥٠	٩/٧٦٧/٨١٤
	F2	٤٠٩٣	١٠/٩٠٣/٧٥٢	٦/١٦٠/٠٠٠	٤/٧٤٣/٧٥٢
	F3	٤٠٩٨	١٠/٩١٧/٠٧٢	٨/٦٦٠/٠٠٠	٢/٢٥٧/٠٧٢
	F4	٤٠٤٣	١٠/٧٧٠/٥٥٢	١/٢١٠/٠٠٠	٩/٥٦٠/٥٥٢
	F5	٤١١٥	١٠/٩٦٢/٣٦٠	٦/٢١٠/٠٠٠	٤/٧٥٢/٣٦٠
	F6	٤١٤٦	١١/٠٤٤/٩٤٤	٨/٧١٠/٠٠٠	٢/٣٣٤/٩٤٤
	F7	٤١٧٣	١١/١١٦/٨٧٢	٦/٢٧٥/٢٢٥	٤/٨٤١/٦٤٧
	F8	٤٢٣٠	١١/٢٦٨/٧٢٠	٨/٧٧٥/٢٢٥	٢/٤٩٣/٤٩٥
I_2	F1	٣٨٠١	١٠/١٢٥/٨٦٤	١/١٤٥/٢٥٠	٨/٩٨٠/٦١٤
	F2	٣٧٢١	٩/٩١٢/٧٤٤	٦/٠١٤/٨٠٠	٣/٨٩٧/٩٤٤
	F3	٣٧٥٠	٩/٩٩٠/٠٠٠	٨/٥١٤/٨٠٠	١/٤٧٥/٢٠٠
	F4	٣٦٥٣	٩/٧٣١/٥٩٢	١/٠٦٤/٨٠٠	٨/٦٦٦/٧٩٢
	F5	٣٧٨٣	١٠/٠٧٧/٩١٢	٦/٠٦٤/٨٠٠	٤/٠١٣/١١٢
	F6	٣٧٦١	١٠/٠١٩/٣٠٤	٨/٥٦٤/٨٠٠	١/٤٥٤/٥٠٤
	F7	٣٨٩٨	١٠/٣٨٤/٢٧٢	٦/١٣٠/٠٢٥	٤/٢٥٤/٢٤٧
	F8	٣٩٥٥	١٠/٥٣٦/١٢٠	٨/٦٣٠/٠٢٥	١/٩٠٦/٠٩٥
I_3	F1	٣٠٥١	٨/١٢٧/٨٦٤	٩٠٩/٨٥٠	٧/٢١٨/٠١٤
	F2	٣٢٠٦	٨/٥٤٠/٧٨٤	٥/٧٧٩/٤٠٠	٢/٧٦١/٣٨٤
	F3	٣٢٢٨	٨/٥٩٩/٣٩٢	٨/٢٧٩/٤٠٠	٣١٩/٩٩٢
	F4	٣١٥٣	٨/٣٩٩/٥٩٢	٨٢٩/٤٠٠	٧/٥٧٠/١٩٢
	F5	٣٢٧٠	٨/٧١١/٢٨٠	٥/٨٢٩/٤٠٠	٢/٨٨١/٨٨٠
	F6	٣٢٧٣	٨/٧١٩/٢٧٢	٨/٣٢٩/٤٠٠	٣٨٩/٨٧٢
	F7	٣٤٠١	٩/٠٦٠/٢٦٤	٥/٨٩٤/٦٢٥	٣/١٦٥/٦٣٩
	F8	٣٤٤١	٩/١٦٦/٨٢٤	٨/٣٩٤/٦٢٥	٧٧٢/١٩٩

I_1: ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، I_2: ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، I_3: ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه‌ای، F_1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، F_2: ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، F_3: ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، F_4: کاربرد کودهای زیستی بیوسوپر+ ازتوباکتر، F_5: ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر، F_6: ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر، F_7: ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی و F_8: ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ بیوسوپر+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی.

نتیجه گیری کلی

هر چند در این آزمایش در شرایط نرمال آبیاری، کاربرد کودهای شیمیایی توانستند به صورت نسبی عملکرد بیشتری را در قیاس با کودهای آلی و زیستی فراهم آورند و بیشترین درآمد ناخالص با کاربرد ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی و کودهای زیستی در آبیاری نرمال حاصل شد. ولی بایستی توجه داشت که اولاً بهره‌گیری از کودهای آلی و زیستی در درازمدت اثرات سودمند خود را بروز می‌دهند، دوم اینکه اجرا و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار نیاز به فراهم نمودن زیرساخت‌های آن از قبیل به‌سازی تدریجی منابع آلی خاک و آب، حمایت‌های دولتی و غیره دارد. ولی نکته قابل

www.SID.ir

Archive of SID

تأمل این است که در شرایط تنش، استفاده از کودهای زیستی توانست به صورت نسبی عملکرد بیشتری را نسبت به کودهای شیمیایی و آلی حاصل کند. که این امر با توجه به شرایط زراعی کشور ما که همواره با مشکل کمبود آب روبروست، می‌تواند بسیار حایز اهمیت باشد. در نهایت نتایج این آزمایش نشان داد، اگرچه با افزایش تنش رطوبتی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان کاهش معناداری پیدا کردند ولی کاربرد کودهای زیستی در ترکیب با کودهای آلی و شیمیایی سبب تعدیل اثرات تنش بر روی صفات مورد مطالعه شد. به طوری که بالاترین مقادیر صفات مورد مطالعه به استثنای شاخص برداشت در هر سه سطح آبیاری با کاربرد تیمارهای تلفیقی F_8 و F_7 حاصل شد.

منابع مورد استفاده

Abdelaziz M, Pokluda R and Abdelwahab M, 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilization upon growth, chemical composition and essential oil production of (*Rosmarinus officinalis* L.). Notulae Botanica Horti Agrobotanici Cluj-Napoca Journal, 35(1): 86-90.

Ahmed AG, Orabi SA and Gaballah MS, 2010. Effect of bio-NP fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. International Journal of Aca Research, 2(4): 271-277.

Akbari1 P, Ghalavand A and Modarres Sanavy SAM, 2010. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuu*s L.). Electronic Journal of Crop Production 2(3): 119-134. (In Persian).

Amyanpoori S, Ovassi M and Fathinejad E, 2015. Effect of Vermicompost and Triple superphosphate on yield of Corn (*Zea mays* L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 3(6).494-499.

Arancon NQ, Edwards CA, Atieyh RM and Metzger JD, 2004. Effect of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Brioresource Technology, 93: 139-143.

Arancon NQ, Galvis PA and Edwards A, 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioresource Technology, 96(10): 1137-1142.

Armak A, Farzi H and Alipanah M, 2018. Impact of use of different sources of humic, bio and nano fertilizers and nitrogen levels on saffron (*Crocus sativus* L.) flower yield. Journal of Saffron Agronomy & Technology, 5(4): 329-344.

Atiyeh RM, Arancon NQ, Edwards CA and Metzger JD, 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Bioresource Technology, 75: 175-180.

Ashraf MY, Azmi AR, Khan AH and Ala SA, 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologiae Plantarum, 16 (3): 185-191.

Bandyopadhyay KK, Misra AK, Ghosh PK and Hati KM, (2010). Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. Soil and Tillage Research, 110, 115–125.

Benami A and Ofen A, 1983. Irrigation Engineering-Sprinkler, Trickle and Surface Irrigation: Principles, Design and Agricultural Practices. Iirrigation Engineering Scientific Publications (IESP). 257 Pp.

Bolanos J, 1995. Physiological basis for yield differences in selected maize cultivars from Central America. Field Crop Research, 42:69-80.

Burd GI, Dixon DG and Glick BR, 2000. Plant growth promoting rhizobacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. Canadian Journal of Microbiology 33: 237-245.

www.SID.ir

Archive of SID

Castrillo M and Turujillo I, 1994. Ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase activity and chlorophyll and protein contents in two cultivars of French bean plants under water stress and rewatering, Photosynthetica, 30: 175-181.

Chandrasekar BR, Ambrose G and Jayabalan N, 2005. Influence of biofertilizers and nitrogen source level on the growth and yield of *Echinochloa frumentacea* (Roxb) Link. Journal of Agriculture Technology, 1: 223-234.

Chen JH, 2006. The combined use of chemical and organic fertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustainable Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Thailand, 16-20 October p. 1-11.

Corell M, Garcia MC, Contreras JI, Segura ML and Cermeno P, 2012. Effect of water stress on *Salvia officinalis* L. bioproductivity and its bioelement concentrations. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 43:419–425.

Cox WJ and jolliff GP, 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agronomy Journal, 78: 226-230.

D'Andria R, Chiarnada VM and Mori M, 1995. Yield and soil water uptake of sunflower sown in spring and summer. Agronomy Journal, 87, 1122-1128.

Demissie SH, Muleta D and Bercha G, 2013. Effect of phosphate solubilizing bacteria on seed germination and seelding growth of Faba Bean (Vicia Faba L). International Journal of Agricultural Research, 8 (3), 123-136

Efeoğlu B, Ekmekci Y and Cicek N, 2008. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany, 75(1), 34-42.

Ehteshami M, Agha Alikhani M, Chayechi MR and Khavazi K, 2007. Effect of Phosphate solubilizing microorganisms on qualitative and quantitative characteristics of corn under conditions of dehydration stress. 2nd National Conference on Ecological Agriculture in Iran.

Esmaeilian Y, Galavi M, Amiri E, Heidari M, 2014. Effect of organic and chemical fertilizers on yield, yield components and seed quality of sunflower under drought stress conditions. Journal Soil Water Science, 24: 3. 175-189

Evanylo G, Sherony C, Spargo J, Starner D, Brosius M, Haering K, 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer, manure, and compost based fertility practices in an organic vegetable cropping system. Agriculture, Ecosystems and Environment, 127, 50–58.

FAO, 2018. http://faostat.fao.org.

Fereres E Gimenez C and Fernandez- Martinez J, 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought. I. yield relationships. Australian Journal of Agricultural Research, 37: 573-582.

Gholamhoseini M, Ghalavand A, Khodaei-Joghan A, Dolatabadian A, Zakikhani H, Farmanbar E, 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. Soil and Tillage Research, 126, 193-202.

Ghobadi R, Ghobadi M, Jalali Honarmand S, Mondani F, Farhadi B, 2017. Economic analysis of effect of water and nitrogen levels on grain yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) cv. SC 704. Iranian Journal of Crop Science, 3: 220-238.

Goksoy AT, Demirb AO, Turana ZM, Da˘g˘ust˘ua N, 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crop Research, 87, 167–178.

Hassan Zadeh E, Mazaheri D, Chaichi MR and Khavazi K, 2008. Efficiency of phosphorus solubilizing bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of barley cultivar (Karoon Dar Kavir). Pajouhesh and Sazandegi, 77, 111-118.

Hay R and Porter J, 2006. The Physiology of crop yield, Blackwell Publishing, New Jersy, USA.

www.SID.ir

Archive of SID

Hermanson RW, Pan C, Perillo R, Stevans R and Stockle C, 2000. Nitrogen use by crop and the fate of nitrogen in the soil and vadose zone. Washington State University and Washington Department of Ecology, Interagency Agreement No. C 9600177.

Hussain M, Farooq S, Hasan W, Ul-Allah S, Tanveer M, Farooq M, Nawaz A, 2018. Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. Agricultural Water Management, 201:152–166.

Hosseinzadeh SR, Amiri H and Ismaili A, 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica, 54 (1), 87-92.

Jalilian J, Modarres-Sanavy SAM, Sadat-Asilan K, 2012. Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. Field Crops Research, 127, 26–3.

Jami MG, Ghalavand A, Modarres-Sanavy SAM, Mokhtassi-Bidgoli A, 2017. Evaluation of agronomic charachteristics and seed quality of sunflower in response to different regimes of nitrogen, irrigation and zeolite. Journal of Agricutural Crop Production, 19(4): 1011-1032.

Jones BJ, 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press, USA.

Kader MA, Main MH and Hoque MS, 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science, 2, 259-261.

Kazemalilou S, Najafi N, Reyhanitabar A, 2018a. Effects of integrated application of phosphorus fertilizer and sewage sludge on leaf chlorophyll index and some growth characteristics of sunflower under water deficit conditions. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 7(4): 1-18.

Kazemalilou S, Najafi N, Reyhanitabar A, 2018b. Increasing the yield and yield components of sunflower by integrated application of phosphorus and sewage sludge under optimum and limited irrigation conditions. Journal of Water and Soil, 31(6): 1637-1650.

Kazi BR, Oad FC, Jamro GH, Jamali LA and Oad NL, 2002. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. Pakistan Journal of Applied Sciences, 2(5), 550-552.

Khaliq A, Cheema ZA, 2005. Influence of irrigation and nitrogen management on some agronomic traits and yield of hybrid sunflower (*Helianthus annuus* L.). International Journal of Agriculture and Biology, 7, 915-919.

Khazaie H, Mohammad abadi A and Borzooei A, 2005. The effect of drought stress on morphological and physiological characteristics of millets. Iranian Journal of agricultural research, 4, (3), 35-44.

Khodaei-Joghan A, Aghaalikhani M, Gholamhoseini M and Ghalavand A, 2018. Response of sunflower to organic and chemical fertilizers in different drought stress conditions. Acta Agriculturae Slovenica, 111.271-284.

Khomari S, 2004. Investigating the effect of water deficit on grain filling, yield components and yield of three sunflower cultivars. M.Sc. Thesis. In Agronomy.Faculty of Agriculture, University of Tabriz. 94p.

Kizilkaya R, 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) inoculated with Azotobacter chroococcum strains. Ecological Engineering, 33, 150–156.

Kloepper JW and Beauchamp P, 1992. A review of issues related to measuring of plant roots by bacteria. Canadian Journal of Microbiology, 38, 1219-1232.

Knudsen D, Peterson GA, Pratt PF, 1982. Lithium, sodium, and potassium. Pp. 225-246. Page A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Science Society of America Journal Book Ser. 5. Madison, WI, USA.

Kochaki A and Sarmadnia GH, 2003. Crop physiology (Translation) second printing. Publication Jihad Mashhad University.Pp:400.

www.SID.ir

Archive of SID

Kumar V, Narula N, 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence. Biology and Fertility of Soils, 28, 301–305.

Lashkari F, 2013. The effect of super absorbent polymer, potassium and manure on the quantity and quality of medicinal plant Carla in different irrigation intervals. Master thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture. University of Zabol. 112 p.

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.

Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.

Madeh Khaksar A, Naderi A, Ayeneh Band A and Lack SH, 2014. Simultaneous effect of deficit irrigation and irrigation-off on physiological traits related with yield of maize S.C 704. Journal of Crop Production Research, 6, 1, 63-78.

Maghsudi E, Ghalavand A and Aghaalikhani M, 2012. The effect of different levels of fertilizer (organic, biological and chemical) on morphological traits and yield of maize single cross hybrid 704. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 104,129-135.

Majumdar S, Ghosh S, Glick BR and Dumbroff EB, 1991. Activities of chlorophyllase phosphoenol pyruvate carboxylase and ribulose-1, 5-bisphosphatase carboxylase in the primary leaves of soybean during senescence und drought. Plant Physiology, 81, 473-480.

Malakouti MJ, Balali MR, Golchin A, Majidi A, Drodi MS, Ziaeian AA,Lotfollahi MA, Shahabian M, Basirat M, Manochehri S, Davoudi MH, Khadami Z, Shahbazi K, 2000. Optimum fertilizer recommendation to crops. Technical publication, No. 200, Research Institute of Soil and Water, Agricultural Education, Karaj, Iran

Mansouri-Far C, Modarres Sanavy SAM and Saberali SF, 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agricultural Water Management, 97, 12–22.

Mohammadi H, Boostani F and Asadi H, 2011. Water use efficiency and profitability analysis of different maize hybrid planting in Marvdasht region. Journal of Development and Agricultural Economics, 47: 129-148. (In Persian with English abstract).

Mohammadpour VR, Ramroudi M and Fakheri BA, 2017. Effects of drought stress and Bio-fertilizer inoculation on quantitative and qualitative characteristics of Marian Thistle (*Silybum marianum* L.). Journal of Agroecology, 9(1), 31-49.

Mirzakhani M, Sajedi A, 2015. Evaluation of biological and chemical fertilizers on fertilizer use efficiency, grain yield and yield components of sunflower. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25 (2.1): 139-153.

Nagananda GS, Das A, Bhattacharya S and Kalpana T, 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonellafoenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Biological Macromolecules, 6, 394-403.

Niki E, 2010. Assessment of antioxidant capacity in vitro and in vivo. Free Radical Biology& Medicine, 49(4), 503-515.

Ogbonnaya CI, Sarr B, Brou C, Diouf O, Diop N and Macauley HR, 2003. Selection of cowpea genotypes in hydroponics, pots, and field for drought tolerance. Crop Science, 43, 111–112.

Olsen SR, Sommers LE, 1982. Phsphorus, Pp. 403-430, In: Page Al (ed). Methods of Soil Analysis, Part 2.Chemical and Microbiological Methods, 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, USA.

www.SID.ir

Archive of SID

Rajaee HA, Alikhani F and Raiesi F, 2007. Effect of plant growth promoting potentials of *Azotobacter chroococcum* native strains on growth, yield and uptake of nutrients in wheat. Journal of Science and Technology of Agricultural Resources, 11(41): 285-297.

Rahimizadeh M, Kashani A, Zare Feizabady A, Madani H and Soltani E, 2010. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield under drought stress conditions. Electronic Journal of Crop Prodution, 3(1), 57-72.

Remus R, Ruppel S, Jacob HJ, Hecht-Buchholz C and Merbach W, 2000. Colonization behaviour of two enterobacterial strains on cereals. Biology and Fertility of Soils, 30, 550–557.

Rudnick D, Irmak S, Asce M, Ferguson R, Shaver T, Djaman K, Slater G, Bereuter A, Ward N, Francis D. Schmer M, Wienhold B and Donk SV, 2016. Economic return versus crop water productivity of maize for various nitrogen rates under full irrigation, limited irrigation, and rainfed setting in south centeral Nebraska. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 142: 1-12.

Saeidi M and Abdoli M, 2015. Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables, and some physiological traits of wheat cultivars. Journal of Agricaltural and Tecnology, 17 (4), 885-898.

Salehi A, Tasdighi H and Gholamhoseini M, 2016. Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 6(10), 886–891.

Sezen S M, Yazar A, Kapur B and Tekin S, 2011. Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions. Agriculture Water Management, 98(7), 1153– 1161.

Sposito G, Lund LJ, Chang AC, 1982. Trace metal chemistry in arid-zone amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. Soil Science Society of America Journal, 46: 260-264.

Mahanty T, Bhattacharjee S, Goswami M, Bhattacharyya P, Das B, Ghosh A and TribediEmail P, 2017. Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development, Environmental Science and Pollution Research, 24 (4), 3315–3335.

Shata SM, Mahmoud A and Siam S, 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 3(6): 733-739.

Shaukat K, Afrasayad S and Hasman S, 2006. Growth responses of *Helianthus annuus* to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. Journal of Agricultural Research, 1, 573-581.

Shirzadi F, Ardakani MR and Asadi Rahmani H, 2014. Effect of biofertilizers on quantitative characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology, 6(3), 542-551.

Shoghi Kalkhoran S, Ghalavand A, Modarres-Sanavy SAM, Akbari P, 2010. Effect of nitrogen fertilizer and biofertilizer application on yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 12 (4): 467-481.

Soleimanzadeh H, Habibi DM, Ardakani R, Paknejad F and Rejali F, 2010. Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with Azotobacter under different nitrogen levels. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 7(3), 265-268.

Schonfeld MA, Johnson RC, Carver B, Morhinweg DW, 1988. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Science, 28: 526-531.

Sturz AV and Christie BR, 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: The management of soil quality and plant disease with rhizobactria. Soil and Tillage Research, 72, 107-123.

Tarantino E and Alba E, 1978. Influence of irrigation and plant density on yield characteristics of some commercial and improved sunflower cultivars grown as a second crop. Italian Journal of Agronomy, 12(3), 136-142.

www.SID.ir

Archive of SID

Tartoura AH, 2010. Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. American-Eurasian Journal of Agricultural Environmental Science, 9(2): 208-216.

Terzi R, Kadioglu A, 2006. Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system in *Ctenanthe setosa*. Acta biologica Cracoviensia, 48(2), 89-96.

Violent HG M and Portugal VO, 2007. Alternation of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobactria (PGPR): Bacillus subtilis BEB-13bs. Scientific Horticulture, 113: 103-106.

Wu B, Cao SC Li ZH, Cheung ZG and Wong KC, 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. Geoderma, 125:155-162.

Yadav H, Rukhsar Fatima R, Ankita Sharma A and Mathur S, 2017. Enhancement of applicability of rock phosphate in alkaline soils byorganic compost. Applied Soil Ecology, 113: 80-85.

Yang L, Zhao F, Chang Q, Li T, Li F, 2015. Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. Agriculture Water Management, 160: 98-105.

Zahir AZ, Abbas SA, Khalid A and Arshad M, 2000. Substrate dependent microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedling. Pakistan Journal of Biological Science, 3: 289-291.

Zarco-Tejada PJ, Miller JR, Mohammad GH, Noland TL and Sampson PH, 2000. Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance. Remote Sensing of Environment, 74: 596-608.

www.SID.ir