نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد شانزدهم، شماره ۱(۶۱)، بهار ۱۴۰۱، صفحه ۴۲-۲۷

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/JCEP.2022.1919016.1754

اثر مدیریت تلفیقی کودهای بیولوژیکی و شیمیایی نیتروژنی در تراکم‌های مختلف بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تنش خشکی

حسن رحمانی [۱و۲]، مانی مجدم [۲*]، علیرضا شکوه‌فر [۲]، مجتبی علوی فاضل [۲] و شهرام لک [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۸ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۲/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۳

چکیده

این آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ در استان خوزستان اجرا شد. عامل اصلی، تنش کمبود آب با چهار سطح، آبیاری پس از تخلیه ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰درصد آب قابل استفاده گیاه به عنوان عامل فرعی، تلفیق کود بیولوژیک و شیمیایی نیتروژنی، با سه سطح ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، ۷۵ و ۵۰ درصد تلفیق کود شیمیایی با ۱۰۰ درصد نیتروکسین و تراکم بوته در سه سطح ۵۷، ۷۱ و ۹۵ هزار بوته در هکتار به عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد برهمکنش تنش کمبود آب، تلفیق کود زیستی و شیمیایی نیتروژن و تراکم بوته تأثیر معنی‌دار بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی داشتند. بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری مطلوب با تلفیق ۷۵ درصد کود شیمیایی و زیستی و تراکم ۹۵ هزار بوته حاصل شد که نسبت به تیمار تنش خیلی شدید رطوبتی با ۷۵ درصد کود شیمیایی و بیولوژیکی و تراکم ۵۷ هزار بوته ۷۵ درصد افزایش به دست آمد. برهمکنش تنش رطوبتی و تراکم و کودها بر درصد روغن و شاخص سطح برگ معنی‌دار شد. در مجموع استفاده از نیتروژن از دو منبع شیمیایی و زیستی در تراکم ۹۵ هزار بوته برای کاهش اثرات تنش رطوبتی بر گیاه آفتابگردان قابل توصیه می‌باشد.

واژگان کلیدی: تراکم، روغن، عملکرد دانه، نیتروکسین.

۱- گروه زراعت، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

*** نگارنده‌ی مسئول** manimojaddam@yahoo.com

مقدمه

ایران کشوری مستعد خشکسالی است و میزان خسارت خشکسالی به علت کاهش سرانه آب قابل دسترس، در حال افزایش است. تنش کمبود آب یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که از طریق تأثیر بر طول دوره زایشی باعث کاهش قابل‌توجهی در عملکرد دانه می‌شود (Fu *et al*., 2011).

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به عنوان منبع روغن و پروتئین در بسیاری از مناطق جهان کشت می‌شود و چهارمین گیاه روغنی می‌باشد (Gholinezhad, 2014). یکی از جنبه‌های بسیار مهم مدیریت زراعی، تأمین عناصر غذایی با مصرف کودهای شیمیایی به‌منظور افزایش تولید و کیفیت است. اما تولید و مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی متداول در طی چند دهه اخیر مشکلات زیست محیطی بسیاری را به همراه داشته است. در نتیجه برای رهایی از این مشکلات و مدیریت حاصلخیزی خاک،حرکت به سمت کشاورزی پایدار توصیه می‌شود (Ahmad abadi *et al*., 2011).

یکی از ارکان اصلی اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش باروری خاک می‌باشد (Koocheki *et al*., 2008). از میان کودهای زیستی می‌توان نیتروکسین را نام برد که حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و حل کننده‌های فسفات از جنس پسدوموناس می‌باشد که از طریق بهبود مواد آلی و فعالیت بیولوژیک خاک و عرضه عناصر غذایی برای گیاه، موجب افزایش عملکرد محصول می‌گردد (Kocabas *et al*., 2010). حیدری و کرمی (Heydari and Karami, 2013) در آزمایشی بر روی آفتابگردان دریافتند عملکرد دانه در شرایط تنش نسبت به شرایط آبیاری کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای محققین نقش باکتری‌های محرک رشد را در گیاه آفتابگردان در آزمایش‌های خود مثبت ارزیابی کردند به‌طوری که استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش ۷ درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به تیمار عدم تلقیح شد (Soleimanzadeh *et al*., 2010). شکوه‌فر و خانی (Shokouhfar and Khani, 2018) نشان دادند که اثر کود بیولوژیکی و شیمیایی نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن شد. در پژوهشی دیگر محققین با بررسی اثر کود زیستی و شیمیایی نیتروژن بر آفتابگردان اظهار داشتند که در بین سطوح تنش، با افزایش شدت تنش، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک کاهش معنی‌داری یافت. درتیمارهای بدون تنش و تنش خفیف، کود بیولوژیک نیتروکسین بهترین عملکرد دانه را داشت (Pirasteh Anosheh *et al*., 2011).

تراکم گیاه نیز یکی از مهم‌ترین جنبه‌های زراعی می‌باشد که اثر مستقیمی بر عملکرد و جذب انرژی خورشیدی و آب دارد و بنابراین به طور غیرمستقیم بر میزان مصرف آب اثر می‌گذارد. همچنین، تراکم از عوامل مهم و مؤثر در رشد و نمو و تشکیل عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. با انتخاب تراکم مناسب که خود متأثر از عوامل ژنوتیپی گیاه و عوامل محیطی بوده و در وضعیت عملکرد مؤثر می‌باشد، امکان استفاده بهینه از عوامل محیطی و سطح پایین رقابت درون گونه‌ای فراهم می‌شود (Daneshian *et al*.,

2008). در گزارشی پژوهشگران با بررسی تراکم‌های ۴/۵، ۶، ۷/۵ و ۹ بوته در متر مربع گزارش کردند که با افزایش تراکم از ۴/۵ به ۹ بوته در مترمربع وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری کاهش و شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Ibrahim, 2012). دانشیان و جباری (Daneshian and Jabbari, 2009) با بررسی اثر تنش خشکی (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و تراکم (۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در مترمربع) بر عملکرد آفتابگردان گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه از آبیاری بعد از ۵۰ میلی‌متر تبخیر با میانگین ۲۷۲۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و در سطوح مختلف آبیاری بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۱۲ بوته درمترمربع حاصل شد. به‌طورکلی، در تیمارهای آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر حداکثر عملکرد دانه از تراکم ۱۲ بوته در مترمربع حاصل شد، در حالی که در تیمار آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، به دلیل شدت بسیار بالای تنش، افزایش عملکرد در تراکم گیاهی بالاتر معنی‌دار نبود.

این تحقیق با هدف بررسی تلفیق کود بیولوژیکی و شیمیایی نیتروژن و تراکم بوته در شرایط رطوبتی متفاوت بر عملکرد کمی، اجزای عملکرد و درصد روغن آفتابگردان در شرایط آب و هوایی گتوند اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه ترکالکی از توابع شهرستان گتوند واقع در شمال استان خوزستان در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. این مزرعه در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۴ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۰ متری از سطح دریا قرار دارد. عامل اصلی تنش کمبود آب با چهار سطح آبیاری پس از تخلیه ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درصد آب قابل استفاده گیاه به‌ترتیب آبیاری مطلوب، تنش ملایم، تنش شدید و تنش خیلی شدید بود، عامل فرعی تلفیق کود بیولوژیک و شیمیایی با سه سطح ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)، ۷۵ و ۵۰ درصد تلفیق کود شیمیایی با ۱۰۰ درصد کود نیتروکسین (۳ تا ۴ لیتر در هکتار) و تراکم بوته در سه سطح ۵۷، ۷۱ و ۹۵ هزار بوته در هکتار به عنوان عامل فرعی فرعی بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک محل تحقیق در جدول ۱ آورده شده است.

هر کرت آزمایشی به طول پنج متر، دارای شش خط کاشت بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین بوته‌های روی ردیف بر اساس تراکم ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در این پژوهش برای کاشت آفتابگردان از رقم هایسان ۲۱ استفاده شد. کاشت به‌صورت دستی و اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت انجام شد. آبیاری‌های بعدی به فواصل سه تا چهار روز و تا بعد از استقرار گیاه انجام شد سپس اعمال تیمار تنش در مرحله هشت برگی گیاه جهت تعیین زمان دقیق آبیاری در هر تیمار با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری به‌صورت روزانه و متوالی توسط آگر از خاک مزرعه و در عمق توسعه ریشه نمونه‌برداری انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص گردد و آبیاری هنگامی انجام شد که

رطوبت وزنی خاک در تیمارهای مختلف به درصد مورد نظر رسیده باشد. کود زیستی مورد استفاده در این تحقیق شامل کود زیستی نیتروکسین (منبع تأمین نیتروژن) حاوی باکتری‌هایی از جمله آزوسپیریلوم، سودوموناس و ازتوباکتر بود. میزان کود زیستی مورد استفاده، طبق توصیه کارخانه سازنده (یک لیتر در هکتار به‌صورت بذرمال و ۳ تا ۴ لیتر به صورت سرک به همراه آب آبیاری) بود. کاربرد کود بیولوژیک به‌صورت بذرمال و همچنین به همراه آب آبیاری در مرحله شش برگی گیاه اعمال شد. عملیات تهیه بستر شامل شخم با گاو آهن برگردان‌دار، دو دیسک عمود برهم و نهایتاً عملیات تسطیح با ماله بود. با توجه به آزمون خاک کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هر هکتار (سال اول) و میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار (سال دوم) و کود فسفره از منبع سوپرفسفات تریپل نیز به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (سال اول) و میزان ۵۰ کیلوگرم (سال دوم) در هر هکتار محاسبه و مصرف شد. میزان مصرف کود اوره در سال اول و دوم ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است که ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره بر اساس تیمارهای مورد آزمایش محاسبه و به‌صورت کود پایه مصرف و ۵۰ درصد باقیمانده نیز به‌صورت کود سرک در مرحله‌ی شش برگی توزیع گردید. عملیات کاشت در تاریخ چهارم مرداد ۱۳۹۴ به‌صورت دستی انجام و کنترل علف‌های هرز در طول دوره رشد به‌صورت وجین دستی انجام شد. در هنگام برداشت نهایی به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان اثرات حاشیه‌ایی حذف و در نهایت برداشت نهایی هنگامی‌که پشت طبق‌ها در ۹۰ درصد بوته‌ها به‌رنگ زرد مایل به قهوه‌ای درآمد و بذور رطوبتی معادل ۲۰ درصد داشتند (رسیدگی فیزیولوژیک) از سطحی معادل (دو مترمربع) انجام شد. برای محاسبه تعداد دانه در طبق در برداشت نهایی تعداد پنج طبق به‌طور تصادفی انتخاب و پس از جدا سازی دانه‌های پر از هر طبق، با استفاده از دستگاه بذرشمار، اقدام به شمارش بذور شد و متوسط تعداد دانه در هر طبق به‌دست آمد. از دانه‌های برداشت شده از هر کرت آزمایشی پنج نمونه تصادفی ۱۰۰ تایی جداگانه توزین (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) و میانگین آنها به عنوان وزن هزار دانه در نظر گرفته شد. گیاهان موجود در ۲ مترمربع از هر کرت برداشت شده و وزن دانه‌های آنها جهت محاسبه عملکرد دانه در هکتار به‌دست آمد (Pirasteh Anosheh *et al.*, 2011).

شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، به صورت درصد محاسبه گردید (Emam, 2007). جهت تعیین درصد روغن دانه از روش سوکسله (دما ۴۵ درجه سلسیوس و حلال دی‌اتیل اتر خشک) استفاده شد. عملکرد روغن در واحد سطح نیز ازحاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد روغن دانه حاصل شد (Bell *et al.*, 1991). تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس امید ریاضی توسط نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد تعداد دانه در طبق تحت تأثیر تیمارهای تنش کمبود آب، تلفیق کود بیولوژیکی و شیمیایی، تراکم و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد

معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد دانه در طبق به‌تیمار تنش ملایم رطوبتی (۶۰ درصد تخلیه رطوبتی) با ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و تراکم ۹۵ هزار بوته تعلق گرفت که نسبت به تیمار تنش شدید رطوبتی (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی) با ۵۰ درصد کود شیمیایی و بیولوژیکی و تراکم ۹۵ هزار بوته حدود ۳۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در این پژوهش، برخورد دوران رشد رویشی و زایشی گیاه با تنش رطوبتی بخصوص در مرحله گلدهی و در نتیجه سقط گلچه‌های درون طبق یکی از دلایل کاهش تعداد دانه در طبق بود. به‌عبارتی به‌نظر می‌رسد تراکم مناسب همراه با کاربرد کود شیمیایی و بیولوژیکی در شرایط تنش ملایم رطوبتی منجر به تولید گلچه‌های بارور در مرحله زایشی گردید. در صورتی که بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و ریزش آنها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی و افت فعالیت آنزیم‌های موثر بر این فرآیند می‌گردد. در این رابطه رشدی و همکاران (Roshdi *et al*., 2006) اظهار داشتند وقوع تنش در مراحل مختلف رشد باعث کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود. ولی درصد نزول این تعداد طی مراحل زایشی شدیدتر می‌باشد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. از طرفی در شرایط کمبود نیتروژن و کود بیولوژیک در نتیجه نقصان مقدار تخصیص این مـواد به برگ‌ها، شاخص سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه آن مواد پرورده لازم برای تشکیل دانه در طبق کمتر شده است که تحقیقات مشابه نیز این نتایج را تأیید نمودند (Nasser and El-Gizawy, 2009; Emami Bistgani *et al*., 2012).

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد اثر ساده تراکم، تلفیق کود شیمیایی و بیولوژیکی و اثرات متقابل سه گانه در سطح احتمال ۵ درصد و سایر اثرات در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار است (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه از تیمار آبیاری مطلوب (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) و تلفیق ۷۵ درصد کود شیمیایی و زیستی با تراکم ۷۱ هزار بوته به مقدار ۶۵/۲۶ گرم به‌دست آمد و کمترین مقدار آن از تیمار تنش شدید (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی) و تلفیق ۷۵ درصد کود شیمیایی و زیستی با تراکم ۵۷ هزار بوته به مقدار ۳۴ گرم حاصل گردید (جدول ۳). برخورد دوره پرشدن دانه با تنش رطوبتی در تیمارهای تنش آب، و کوتاه شدن این دوره به‌دلیل کاهش سطح برگ عامل اصلی کاهش وزن دانه بود، این یافته با نتایج دانشیان و جباری (Daneshian and Jabbari, 2009) مطابقت داشت. از آن‌جا که افزایش نیتروژن همراه با کود زیستی موجب افزایش تولید ماده خشک و شاخص سطح برگ در طول دوره پرشدن دانه گردید قابل انتظار بود که وزن دانه با افزایش مصرف نیتروژن و نیتروکسین افزایش یابد(Pirasteh Anosheh *et al*., 2011). افزایش میزان مواد غذایی قابل دسترس به وسیله کاربرد کودهای شیمیایی و کودهای زیستی توانسته است تا حد زیادی به افزایش وزن هزاردانه منجر شود. تلقیح بذر با نیتـروکسین نیـز سبب افزایش معنی‌دار در وزن هزار دانه‌ی آفتابگردان گردید، به گونه‌ای که با تلقیح نیتروکسین، ۱/۷۲ درصد در وزن هزاردانه افزایش ایجاد شده است (Yousefpoor *et al*,. 2014). در مطالعه سوزر (Suzer, 2010) بالاترین عملکرد دانه در هیبریدهای آفتابگردان با تراکم ۹/۵ بوته درمترمربع به‌دست آمد و با افزایش تراکم بوته، وزن هزار دانه و قطر طبق کاهش یافت که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که تمام اثرات ساده و متقابل تنش کمبود آب، تلفیق کود بیولوژیکی و شیمیایی و تراکم بر عملکرد دانه معنی‌دار است (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری مطلوب (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) با تلفیق ۷۵ درصد کود شیمیایی و زیستی و تراکم ۹۵ هزار بوته با میانگین ۴۶۲۱/۵۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به تیمار تنش شدید رطوبتی (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی) با ۷۵ درصد کود شیمیایی و بیولوژیکی و تراکم ۵۷ هزار بوته حدود ۷۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد مصرف متعادل آب طی مراحل مختلف نمو از جمله گلدهی و دانه‌بندی منجر به بهبود عملکرد دانه آفتابگردان می‌گردد. زیرا که طی این مراحل دو جزء مهم عملکرد دانه (تعداد دانه در طبق و وزن صد دانه) شکل می‌گیرد. در ضمن آبیاری کافی در مرحله رویشی باعث توسعه مطلوب سطح برگ‌ها و فتوسنتز کننده گیاه می‌شود. در این رابطه بروز تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی و گرده‌افشانی به لحاظ تأثیر آن بر اندام‌های زایشی و کاهش شاخص سطح برگ مؤثر در طی دوران زایشی گیاه، منجر به بیشترین کاهش عملکرد دانه آفتابگردان شده است (Khamari *et al.*, 2007). می‌توان اظهار داشت در این پژوهش افزایش کاربرد میزان نیتروژن در تنش شدید خشکی تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه نشان داد هر چند که کاربرد بالای نتیروژن عملکرد دانه را به‌صورت غیرمحسوس افزایش داد. به‌عبارتی در صورت کمبود شدید رطوبت خاک جذب نیتروژن توسط گیاه دچار اختلال می‌گردد و نیتروژن مورد نیاز برای مراحل بحرانی رشد حتی در صورت افزایش نیترات خاک فراهم نمی‌گردد. شکوه‌فر و خانی (Shokouhfar and Khani, 2018) نشان دادند که اثر کود بیولوژیکی و شیمیایی نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن شد. در پژوهشی دیگر محققین با بررسی اثر کود زیستی و شیمیایی نیتروژن بر آفتابگردان اظهار داشتند که در بین سطوح تنش، با افزایش شدت تنش، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک کاهش معنی‌داری یافت. در تیمارهای بدون تنش و تنش خفیف، کود بیولوژیک نیتروکسین بهترین عملکرد دانه را داشت (Pirasteh Anosheh *et al.*, 2011). نتایج این تحقیق نشان داد که توصیه برای تراکم‌های بالا تنها در شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند مفید باشد و در شرایط تنش، استفاده از تراکم‌های بوته بالا نه تنها مفید نیست بلکه ممکن است نتیجه نامطلوبی را در پی داشته باشد. نتایج تحقیقات دانشیان و جباری (Daneshian and Jabbari, 2009) مؤید نتایج این پژوهش بود.

شاخص سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تنش کمبود آب، تلفیق کود بیولوژیکی و شیمیایی و تراکم و اثرات متقابل آنها بر روی شاخص سطح برگ معنی‌دار است (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ با میانگین ۴/۳۱ و ۴/۲۳ به‌ترتیب به تیمار آبیاری مطلوب (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) و تلفیق ۷۵ درصد کود شیمیایی و زیستی تعلق داشت که با تیمار تنش ملایم خشکی (۶۰ درصد تخلیه رطوبتی) و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۱). همچنین، بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۱۸) از تیمار آبیاری مطلوب (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) با ۵۷ هزار بوته حاصل شد که نسبت به

تیمار تنش شدید رطوبتی (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی) و تراکم ۷۱ هزار بوته حدود ۴۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

در این تحقیق تنش کمبود آب معمولاً با کاهش شاخص سطح برگ همراه است، شروع تشکیل برگ در مریستم‌ها و توسعه بعدی سطح برگ در پتانسیل پایین آب برگ کاهش می‌یابد و حتی ممکن است متوقف شود. شواهد موجود حاکی از کاهش تقسیم سلولی نیز می‌باشد اما به طور کلی به نظرمی‌رسد که نمو سلول نسبت به کاهش پتانسیل آب حساس‌تر از تقسیم سلولی است که با نتایج حیدری و کرمی (Heydari and Karami, 2013) همخوانی دارد. در مطالعه‌ای محققین اظهار داشتند تأمین تلفیقی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در شرایط آبیاری مطلوب منجر به افزایش آماس سلولی، تقسیم و بزرگ شدن سلول و همچنین توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای گیاه در جهت جذب بیشتر عناصر غذایی شده که این امر افزایش شاخص سطح برگ در تیمار تلفیقی ۷۵ درصد کود نیتروژن باضافه نیتروکسین را به دنبال داشته است (Shokouhfar and Khani, 2018). با افزایش تراکم بوته در شرایط تنش رطوبتی، شاخص سطح برگ هر بوته به علت رقابت درون گونه‌ای کاهش پیدا کرد که با نتایج دانشیان و همکاران (Daneshian*et al.*, 2008) مطابقت داشت.

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تمام تیمارها بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک از تیمار آبیاری مطلوب (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) با تلفیق ۷۵ درصد کود شیمیایی و زیستی و تراکم ۹۵ هزار بوته حاصل شد که نسبت به تیمار تنش شدید رطوبتی (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی) با ۷۵ درصد کود شیمیایی و بیولوژیکی و تراکم ۷۱ هزار بوته حدود ۵۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). افزایش بیوماس گیاهان در شرایط آبیاری مطلوب بدلیل گسترش بیشتر و تداوم بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی قوی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید. نتایج تحقیق عباسی سه جانی و همکاران (Abbasi Seyahjani *et al.*, 2013) نشان داد که با افزایش تنش خشکی ماده خشک اندام‌های هوایی آفتابگردان به علت کاهش سطح برگ و اختلال در فتوسنتز تقلیل یافت. در این پژوهش تأثیر مثبت کود نیتروژنه و زیستی بر عملکرد بیولوژیک را می‌توان به‌دلیل تأثیر مثبت نیتروژن و نیتروکسین بر سرمایه‌گذاری مواد فتوستنزی در بخش‌های برگ و ساقه و فزونی مواد تجمع یافته در دانه نسبت داد. نتایج بررسی پیراسته انوشه و همکاران (Pirasteh Anosheh *et al.*, 2011) حاکی از آن است که تأثیر عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و قابلیت کود زیستی (ازتوباکتر) در تثبیت زیستی آن و محلول کردن فسفات توسط سودوموناس و باسیلوس از عوامل تأثیرگذار باکتری‌ها بر روی رشد و نمو آفتابگردان می‌باشد. به‌واسطه نقش مثبت این باکتری‌ها در تولید و تنظیم هورمون‌های محرک رشد گیاه، سطح و عمق ریشه گسترش یافته و جذب آب و عناصر غذایی افزایش می‌یابد که سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده می‌شود که باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌شود. در شرایط آبیاری مطلوب با افزایش کاربرد نیتروژن و کود زیستی عملکرد بیولوژیکی افزایش معنی‌دار یافت. اما در شرایط تنش شدید خشکی این تأثیر

مثبت نیتروژن بسیار غیرمحسوس بود (جدول ۳)، به‌عبارتی عدم تأثیر مثبت نیتروژن و کود زیستی در تولید اندام‌ها هوایی مناسب گیاه به‌دلیل محدودیت جذب نیتروژن و عدم انتقال آن به اندام‌های فتوسنتزکننده در شرایط تنش شدید خشکی به کاهش بیوماس منجر گردید (Jabari *et al.*, 2007). در این تحقیق بیشتر بودن عملکرد بیولوژیکی در تراکم‌های بالا در شرایط رطوبتی مناسب به‌دلیل افزایش شاخص سطح برگ، و به دنبال آن افزایش فتوسنتز و ماده‌سازی بود. سایر محققین نیز به افزایش عملکرد بیولوژیک با افزایش تراکم بوته اشاره نموده‌اند (Emami Bistgani *et al.*, 2012; Ferreira and Abrue, 2001).

شاخص برداشت

نتایج نشان داد که اثرات ساده و متقابل این تیمارها بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بالاترین شاخص برداشت به تیمار تنش ملایم خشکی (۶۰ درصد تخلیه رطوبتی) و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی با تراکم ۹۵ هزار بوته به میزان ۴۹/۲۱ درصد تعلق داشت (جدول ۴). در این تحقیق می‌توان کاهش در شاخص برداشت در سطوح مختلف تنش را به کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیکی نسبت داد، زیرا در شرایط تنش اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه کمتر می‌شود و در نتیجه به سبب کاهش عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز کاهش می‌یابد. در این رابطه محققان دیگر نیز به اثر منفی تنش خشکی بر شاخص برداشت در آفتابگردان اشاره نموده‌اند (Pirasteh Anosheh *et al.*, 2011; Manivannan *et al.*, 2008) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی به علت جذب بهتر عناصر غذایی، شاخص برداشت افزایش یافت. زیرا گیاه با جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش شاخص سطح برگ توانست از تشعشع خورشیدی بهتر استفاده نماید و مواد فتوسنتزی بیشتری را به دانه ارسال نماید و در نتیجه نسبت دانه به ماده خشک افزایش یافت (Soleymani and Ahmadvand, 2016). با افزایش تراکم بوته، علاوه بر افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز به علت افزایش بیشتر عملکرد دانه نسبت به ماده خشک تولیدی افزایش یافت. امامی بیستگانی و همکاران (Emami Bistgani *et al.*, 2012) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته شاخص برداشت به علت افزایش عملکرد دانه افزایش یافت که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

میزان درصد روغن دانه

میزان درصد روغن دانه تحت تأثیر تنش رطوبتی، و برهم‌کنش تنش رطوبتی و تلفیق کود شیمیایی و بیولوژیک و برهم کنش سه گانه تیمارها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین مقدار روغن دانه با میانگین (۴۱/۵ درصد) به تیمار تنش آبیاری مطلوب (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) با تراکم ۷۱ هزار بوته تعلق داشت و در مقابل کمترین میزان این صفت (۳۶/۵۳ درصد) از تیمار تنش خیلی شدید خشکی (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی) با تراکم ۵۷ هزار بوته حاصل شد که نسبت به تیمار آبیاری مطلوب حدود ۱۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). شاید بتوان گفت چون در شرایط بدون تنش زمان بیشتری جهت پر شدن دانه وجود دارد لذا درصد روغن نیز در این تیمار بیشتر است (Daneshian and Jabbari, 2009).تراکم مناسب و آبیاری کافی به‌خصوص طی مرحله پرشدن دانه آفتابگردان می‌تواند در افزایش وزن دانه‌ها و ذخیره روغن

کافی در آنها مفید و مؤثر واقع گردد. به‌عبارتی تأمین رطوبت مناسب در سطوح آبیاری مطلوب می‌تواند در نازک شدن پوسته و افزایش روغن ذخیره‌ای آن تأثیرگذار باشد. برخی محققان نتایج مشابهی را درباره اثر معنی‌دار تنش رطوبتی و تراکم بر روغن دانه گزارش کرده‌اند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد (Abbasi Seyahjani *et al.*, 2013; Emami Bistgani *et al.*, 2012).

عملکرد روغن دانه

میزان عملکرد روغن دانه تحت تأثیر تنش رطوبتی، اختلاط کود، تراکم و برهم‌کنش آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین مقدار عملکرد روغن دانه با میانگین (۱۶۴۵/۰۷ کیلوگرم در هکتار) به‌تیمار تنش آبیاری مطلوب (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) با تراکم ۹۵ هزار بوته تعلق داشت و در مقابل کمترین میزان این صفت (۴۸۶/۰۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار تنش خیلی شدید خشکی (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی) با تراکم ۵۷ هزار بوته حاصل شد (جدول ۴). با توجه به نتایج حاصله هر چند که درصد روغن در تیمار تنش آبیاری مطلوب (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) با تراکم ۹۵ هزار بوته با توجه به تراکم بالا و ایجاد رقابت بین بوته‌ای کاهش داشته ولی عملکرد روغن در واحد سطح با افزایش تراکم، افزایش می‌یابد که علت آن بیشتر بودن عملکرد دانه و درصد روغن در تراکم‌های بالا نسبت به تراکم‌های پایین است که با نتایج این بررسی مطابقت دارد (Abbasi Seyahjani *et al.*, 2013; Emami Bistgani *et al.*, 2012).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مؤید این مطلب است که برای هیبرید هایسان آفتابگردان در شرایط آبیاری مطلوب می‌توان با اختلاط کودهای زیستی تا ۲۵ درصد کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش داد. طبق نتایج حاصله و به واسطه نقش مثبت باکتری‌های موجود در کود زیستی (نیتروکسین) در تولید و تنظیم هورمون‌های محرک رشد گیاه و اختلاط آنها با کودهای شیمیایی به‌عنوان مکمل، جذب آب و عناصر غذایی افزایش می‌یابد که سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده می‌شود که سبب افزایش عملکرد دانه، اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیکی گردیده و چنین برمی‌آید که کودهای زیستی می‌توانند به‌عنوان مکمل با کودهای شیمیایی ترکیب شوند و از مصرف مقدار بی‌رویه کودهای شیمیایی در زراعت آفتابگردان بکاهند. همچنین، عکس‌العمل هیبرید هایسان آفتابگردان به تراکم‌های مختلف گیاهی در شرایط تنش رطوبتی به گونه‌ای بود که بیشترین عملکرد به تراکم ۹۵ هزار بوته در شرایط آبیاری مطلوب (۴۵ درصد تخلیه رطوبتی) تعلق داشت. بنابراین، می‌توان در شرایط آبیاری مطلوب با استفاده از تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب به عملکرد بالاتری دست یافت. لازم به‌ذکر است که این هیبرید به تنش رطوبتی حساس بوده و در شرایط تنش رطوبتی کاهش عملکرد دانه حاصل شده است. بنابراین، با توجه به گوناگونی شرایط محیطی از نظر آبیاری، تراکم و مقادیر مختلف کود شیمیایی و بیولوژیکی برای افزایش عملکرد دانه آفتابگردان رقم هایسان در شرایط محیطی مختلف، مدیریت‌های زراعی و کنترل شرایط محیطی رشد و ایجاد شرایط مطلوب از نظر تامین آب و مدیریت در مصرف نیتروژن حایز اهمیت می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil

بافت خاک Soil texture	نیتروژن قابل جذب N (%)	فسفر قابل جذب P (ppm)	پتاسیم قابل جذب K (ppm)	واکنش گل اشباع PH_S	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	عمق نمونه‌برداری Depth of sampling (cm)
رسی لومی Loamy clay	0.04	8	180	8.46	4.07	0-30
رسی لومی Loamy clay	0.03	7	170	8.5	2.69	30-60

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه در آفتابگردان براساس میانگین مربعات

Table 2- Results of combined analysis of variance of studied traits in sunflower based on mean squares

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds	عملکرد دانه Grain yield	شاخص سطح برگ LAI
سال Year (Y)	1	343521^{**}	1222.80^{**}	3327637^{*}	7.0923^{**}
تکرار درون سال Repeat within the year	4	590	11.04	58297	0.1012
تنش Water shortage stress (S)	3	304843^{**}	3021.47^{**}	21149354^{**}	26.6438^{**}
سال × تنش S×Y	3	845^{ns}	7.93^{ns}	88974^{ns}	0.0714^{ns}
خطای اصلی Error a	12	2385	9.10	57129	0.5852
کود بیولوژیکی و شیمیایی (F) Biological and chemical fertilizers	2	193795^{**}	37.69^{*}	604164^{**}	0.0435^{**}
سال ×کود بیولوژیکی و شیمیایی F ×Y	2	537^{ns}	0.12^{**}	1992^{ns}	0.0001^{ns}
تنش ×کود بیولوژیکی و شیمیایی S× F	6	185357^{**}	312.34^{**}	2573224^{**}	1.8069^{**}
سال × تنش×کمبود آب× کود بیولوژیکی و شیمیایی S× F×Y	6	513^{**}	0.95^{**}	10755^{ns}	0.0051^{*}
خطای فرعی Error b	32	9536	7.73	19413	0.0680
تراکم Density (D)	2	995^{**}	17.09^{*}	55274^{*}	0.5649^{**}
سال × تراکم D×Y	2	3^{ns}	0.18^{ns}	3744^{ns}	0.0014^{**}
تنش کمبود آب × تراکم S×D	6	745^{**}	9^{**}	31178^{*}	0.1104^{**}
سال × تنش کمبود آب×تراکم S×D×Y	6	2^{ns}	0.06^{ns}	4544^{ns}	0.0004^{ns}
کود بیولوژیکی و شیمیایی× تراکم F×D	4	786^{**}	8.64^{**}	57426^{*}	0.1477^{**}
سال ×کود بیولوژیکی و شیمیایی ×تراکم F×D×Y	4	2^{ns}	0.02^{ns}	3828^{ns}	0.0004^{ns}
تنش×کمبود آب× کود بیولوژیکی و شیمیایی× تراکم S× F×D	12	604^{**}	31.31^{*}	41666^{**}	0.3818^{**}
سال×تنش× کود بیولوژیکی و شیمیایی× تراکم S× F×D×Y	12	2^{ns}	0.07^{ns}	4868^{ns}	0.0011^{ns}
خطای کل Total erorr	96	220	9.65	11503	6.9547
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	13.31	6.42	8.35	5.31

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

ns= Non significant, ** = $p < 0.01$ and * = $p < 0.05$.

ادامه جدول ۲

Table 2- Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
سال (Y) Year	1	36522967^{ns}	577.48*	899.640**	563877**
تکرار درون سال Repeat within the year	4	6094087	72.87	2.817	4530
تنش (S) Water shortage stress	3	274089070**	117.44**	216.457**	3719006**
سال × تنش S×Y	3	759250^{ns}	0.49^{ns}	1.323^{ns}	10302^{ns}
خطای اصلی Error a	12	3211121	55.09	0.400	13798
کود بیولوژیکی و شیمیایی (F) Biological and chemical fertilizers	2	7953404**	6.87**	0.657^{ns}	4074**
سال ×کود بیولوژیکی و شیمیایی F ×Y	2	22032^{ns}	0.03^{ns}	0.699^{ns}	11^{ns}
تنش ×کود بیولوژیکی و شیمیایی S× F	6	13699389**	497.81**	6.189**	248809**
سال × تنش× کود بیولوژیکی و شیمیایی S× F×Y	6	37948**	1.51**	0.185^{ns}	689**
خطای فرعی Error b	32	795514	44.70	0.732	9943
تراکم Density (D)	2	143414**	4104.75**	1.108^{ns}	12145**
سال × تراکم D×Y	2	397^{ns}	10.68**	0.125^{ns}	34^{ns}
تنش کمبود آب × تراکم S×D	6	439380**	3.66**	0.209^{ns}	4808**
سال × تنش کمبود آب×تراکم S×D×Y	6	1217^{ns}	0.01^{ns}	0.279^{ns}	13^{ns}
کود بیولوژیکی و شیمیایی× تراکم F×D	4	999163**	41.02**	0.816^{ns}	14590**
سال ×کود بیولوژیکی و شیمیایی ×تراکم F×D×Y	4	2768^{ns}	0.09^{ns}	0.370^{ns}	40^{ns}
تنش× کود بیولوژیکی و شیمیایی× تراکم S× F×D	12	917468**	58.09**	0.646**	4670**
سال×تنش× کود بیولوژیکی و شیمیایی× تراکم S× F×D×Y	12	2541^{ns}	0.14^{ns}	0.138^{ns}	13^{ns}
خطای کل Total erorr	96	215805	7.16	0.305	1551
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	6.31	6.13	8.35	12.48

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

ns= Non significant, ** = $p < 0.01$ and * = $p < 0.05$

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه تنش رطوبتی، کود و تراکم بر صفات آفتابگردان

Table 3- Comparison of the mean of the three interactions of water stress, fertilizer and density on some sunflower traits

تنش رطوبتی Water stress	کود Fertilizer	تراکم Density	تعداد دانه در طبق Number of seeds per head	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds (g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۴۵ درصد تخلیه رطوبتی (45% moisture evacuation)	۱۰۰٪ نیتروژن 100%Nitrojen	95000	808.32hi	45.22efg	3225.69e	9861.6e	33.25ghi
		71000	811/71ghi	46.93efg	2521.55hij	10069.19cde	25.52jk
		57000	827.07ef	52.15bcd	2295.04jkl	10019.82de	23.22jk
	۷۵٪ نیتروژن+ نیتروکسین Nitrojen 75%+nitroxin	95000	860.58bc	60.83a	4621.57a	11118.48a	41.7d
		71000	845.88bcd	65.26a	3653.71d	10766.89ab	32.78ghi
		57000	865.38b	60.57a	2786.84gh	11048.82a	25.33jk
	۵۰٪ نیتروژن+ نیتروکسین Nitrojen 50%+nitroxin	95000	839.7def	54.18bc	4017.94c	10254.14cde	40.09de
		71000	834.11de	54.3bc	2999.28efg	10472.88bcd	29.08ijk
		57000	821.51fgh	55.29b	2413.94ijk	10526.42bc	23.36jk
۶۰ درصد تخلیه رطوبتی (60% moisture evacuation)	۱۰۰٪ نیتروژن 100%Nitrojen	95000	939.22a	52.21bcd	4328.29b	8772.36fg	49.21a
		71000	937.31a	50.16cde	3112.90ef	10286.26cde	30.49ijk
		57000	926.98a	49.27cde	2427.59ijk	8620.36g	28.11ijk
	۷۵٪ نیتروژن+ نیتروکسین Nitrojen 75%+nitroxin	95000	728.65jk	45.63efg	2941.85fg	10171.12cde	28.79ijk
		71000	722.93jk	47.97def	2288.11jkl	8955.77fg	25.5jk
		57000	739.79j	46.36def	1831.78l	9130.22f	20.16k
	۵۰٪ نیتروژن+ نیتروکسین Nitrojen 50%+nitroxin	95000	698.5lm	41.76fgh	2578.44hi	7613.33h	33.96fgh
		71000	708.3klm	44.74efg	2097.18l	7950.24h	26.38jk
		57000	711.83klm	44.58efg	1684.24lm	7850.61h	21.45k
۷۵ درصد تخلیه رطوبتی (75% moisture evacuation)	۱۰۰٪ نیتروژن 100%Nitrojen	95000	703.81lm	40.62fgh	2518.54hij	7599h	33.20ghi
		71000	695.21lm	41.51fgh	1914.79l	7318.83h	26.26jk
		57000	709.98klm	40.31fgh	1514.01lm	7461.56h	20.26k
	۷۵٪ نیتروژن+ نیتروکسین Nitrojen 75%+nitroxin	95000	650.71m	37.49gh	2155.01l	5044.84j	42.63cd
		71000	691.7lm	39.61gh	1816.23m	5330.72j	33.98fgh
		57000	692.91lm	44.39efg	1635.41lm	5253.5j	31.18ghi
	۵۰٪ نیتروژن+ نیتروکسین Nitrojen 50%+nitroxin	95000	837.41cde	44.08efg	3264.47e	6743.81hi	48.24ab
		71000	869.05b	41.64fgh	2395.74ijk	7006.53h	34.07fgh
		57000	851.32bcd	39.11gh	1771.73lm	6843.49hi	25.79jk
۹۰ درصد تخلیه رطوبتی (90% moisture evacuation)	۱۰۰٪ نیتروژن 100%Nitrojen	95000	815.08fgh	38.79gh	2090.45l	6086.75i	45.74c
		71000	799i	37.84gh	2000.1l	5950.72ij	33.53fgh
		57000	810.49ghi	37.08gh	1597.7lm	6298.99i	25.32jk
	۷۵٪ نیتروژن+ نیتروکسین Nitrojen 75%+nitroxin	95000	592.2m	34.62h	1811.04m	5123.76hi	35.21ef
		71000	583.2m	34.86h	1345.29n	4857.09k	27.62ij
		57000	595.64m	36.18gh	1145.39n	4969.32k	22.98jk
	۵۰٪ نیتروژن+ نیتروکسین Nitrojen 50%+nitroxin	95000	575m	37.62gh	1908.47l	5199.22j	36.71fg
		71000	581.94m	39.2gh	1509.77lm	5387.96j	28ij
		57000	585.3m	39.45gh	1227.31n	5298.07j	23.16jk

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری در سطح ۵ درصدآزمون دانکن ندارند.

Columns with common letters have no statistical difference at the 5% level of Duncan test.

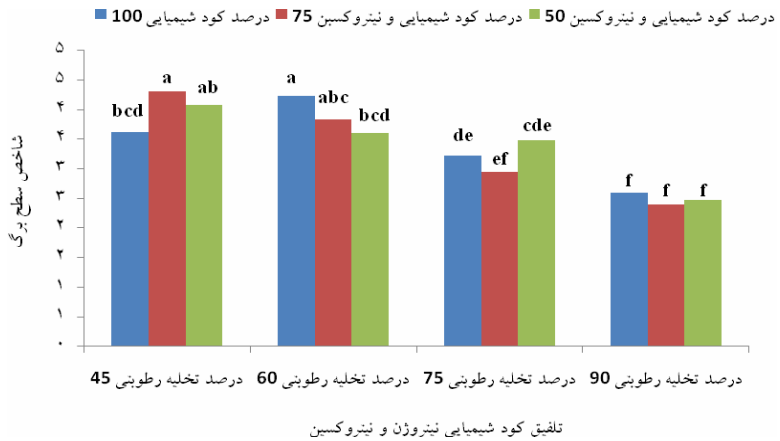
جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی و تراکم بر برخی صفات آفتابگردان

Table 4- Comparison of the mean interaction of water stress and density on some sunflower traits

آبیاری Irrigation	تراکم Density	شاخص سطح برگ LAI	روغن دانه Grain Oil (%)	عملکرد روغن دانه Grain Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
۴۵ درصد تخلیه رطوبتی (45% moisture evacuation)	15	4ab	41.43a	1645.07a
	20	3.82b	41.53a	1241.79b
	25	4.18a	41.08a	1031.82c
۶۰ درصد تخلیه رطوبتی (60% moisture evacuation)	15	3.88ab	38.38b	1264.02b
	20	3.91ab	38.46b	965.46c
	25	3.89ab	38.36b	764.44d
۷۵ درصد تخلیه رطوبتی (75% moisture evacuation)	15	3.22c	38.05b	1069.72c
	20	3.1c	38.11b	781.79d
	25	3.31c	37.78b	623.44e
۹۰ درصد تخلیه رطوبتی (90% moisture evacuation)	15	2.49d	36.67c	836.75d
	20	2.4d	36.56c	594.98ef
	25	2.55d	36.53c	486.08f

ستون‌های دارای حروف مشترک اختلاف آماری در سطح ۵ درصدآزمون دانکن ندارند

Columns with common letters have no statistical difference at the 5% level of Duncan test.



شکل ۱- اثر متقابل تنش رطوبتی و تلفیق کود نیتروژن و نیتروکسین بر شاخص سطح برگ

Figure 1- Interaction of water stress and combination of nitrogen and nitroxin fertilizer on leaf area index

References منابع مورد استفاده

- Abbasi Seyahjani, E., F. Farhvash, H. Kazemi Arbat, and M.B. Khorshidi Benam. 2013. The effects of water deficit stress on some morphological characteristics and grain yield of armavirsky cultivar of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 6(4): 353-364. (In Persian).
- Ahmad abadi, Z., M. Ghajar sepanlo, and M.A. Bahmanyar. 2011. Effect of vermicompost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of borage (*Borago officinalis*). *Journal of Agriculture*. 13(2): 1-12. (In Persian).
- Bell, M.J., B. Harch, and G.C. Wright. 1991. Plant population studies on peanut (*Arachis hypogaea*) insubtropical Australia. I. Growth under fully irrigated conditions. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 31(4): 535-543.
- Daneshian, J., and H. Jabbari. 2009. Effect of limited irrigation and plant density on morphologicalcharacteristics and grain yield in a dwarf sunflower hybrid (CMS26 × R103) as second crop. *Iranian Journal of Crop Science.* 10(40): 377-388. (In Persian).
- Daneshian, J., A. Jamshidi, A. Ghalavand, and S. Farrokhi. 2008. Determine the most suitable plant density and planting date for the new hybrid (CMS-26 * R-103) sunflower. *Iranian Journal of Crop Science*. 10(1): 72-86. (In Persian).
- Emam, Y. 2007. Cereal production. Shiraz University Press. 190 pp. (In Persian).
- Emami Bistgani, Z., S.A. Siadat, A. Bakhshande, K.H. Alami Saeid, and GH.H. Shiresmaeili. 2012. Effect of plant density on yield and quality traits of four sunflower genotypes. *Journal of Crop Production and Processing*. 1(2): 1-13. (In Persian).
- Ferreira, A.M., and F.G. Abrue. 2001. Description of development, light interception and growth of sunflower at two sowing dates and two densities. *Mathematical Modeling and Simulation in Agricultural and Bio-industries*. 56: 369-384.
- Fu, G.F., J. Song, J. Xiong, Y.R. Li, H.Z. Chen, M.K. Le, and L.X. Tao. 2011. Changes of oxidative stress and soluble sugar anthers involve in rice pollen abortion under drought stress. *Agricultural Sciences in China*. 10(7): 1016-1025.
- Gholinezhad, E. 2014. Effect of water deficit stress, different rates of nitrogen and plant density on remobilization, current photosynthesis and grain yield in sunflower. *Journal of Oil Plant Production*. 1(1): 43-63. (In Persian).
- Heydari, M., and V. Karami. 2013. Effects of water stress and different mycorrhiza species on yield and yield components, chlorophyll and biochemical components of sunflower. *Journal of Environmental Stress on Crop Science*. 6(1): 17-28. (In Persian).
- Ibrahim, H.M. 2012. Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. *APCBEE Procedia*. 4: 175–182.
- Jabari, H., G. Akbari, A. Daneshian, J. Alah dadi, and I. Shahbazian. 2007. Effect of water deficit stress on agronomic characteristics of sunflower hybrids. *Agriculture Research*. 9(1): 13-22.

- Khamari, S., K. Ghasemi, H. Alyari, and S. Zehtab Salmasi. 2007. The effect of irrigation on phenology and yield of three sunflower cultivars in Tabriz. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 14(6): 72-80.
- Kocabas, I., M. Kaplan, M. Kurkcuoglu, and K.H.C. Baser. 2010. Effects of different organic manure applications on the essential oil components of Turkish sage (*Salvia fruticosa mill*). *Asian Journal of Chemistry*. 22(2): 1599-1605.
- Koocheki, A., M. Hoseini, and A. Dezfoli. 2008. Constant agriculture. Mashhad University Publications. (In Persian).
- Manivannan, P., C. Abdul Jaleel, Z. Chang-Xing, R. Somasundaram, M.M. Azooz, and R. Panneerselvam. 2008. Variations in growth and pigment composition of sunflower varieties under early season drought stress. *Global Journal of Molecular Sciences*. 3: 50-56.
- Nasser, K.H., and B. El-Gizawy. 2009. Effects of nitrogen rate and planting density on agronomicnitrogen efficiency and maize yields following wheat and faba bean. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*. 5: 378-386.
- Pirasteh Anosheh, H., Y. Emam, and F. Jamali Ramin. 2011. Comparative effect of biofertilizers with chemical fertilizers on sunflower (*Helianthus annuus* L.) growth, yield and oil percentage in different drought stress levels. *Journal of Agroecology*. 2(3): 492-501. (In Persian).
- Roshdi, M., H. Heidari Sharifabad, M. Karimi, G.H. Nourmohammadi, and F. Darvish. 2006. A srvey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar and its components. *Journal of Agricultural Science*. 12(1): 109- 121.
- Shokouhfar, A., and S. Khani. 2018. Investigation of combined effect of biological and chemical fertilizers of phosphorus and nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Plant Production Science*. 8(2): 83-93. (In Persian).
- Soleimanzadeh, H., D. Habibi, M.R. Ardakani, F. Paknejad, and F. Rejali. 2010. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with azotobacter under different nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 7(3): 265-268.
- Soleymani, F., and G. Ahmadvand. 2016. The effect of chemical, biological and organic nutritionaltreatments on sunflowers yield and yield components under water deficit stress. *Journal of Agroecology*. 8(1): 107-119.
- Suzer, S. 2010. Effects of nitrogen and plant density on dwarf sunflower hybrids. *Hellia*. 33(53): 207-214.
- Yousefpoor, Z., A.R. Yadavi, H.R. Balouchi, and H. Farajee. 2014. Evaluation of some physiological, morphologicaland phonological characteristics in sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by biological and chemical sources of nitrogen and phosphorus. *Agroecology*. 6(3): 508-519. (In Persian).

Research Article DOI: 10.30495/JCEP.2022.1919016.1754

Effect of Integrated Management of Biological and Chemical Nitrogen Fertilizers with Different Plant Densities on Seed and Oil Percentage of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Water Deficit Stress

Hassan Rahmani[1,2], Mani Mojaddam[2]*, Alireza Shokuhfar[2], Mojtaba Alavi Fazel[2] and Shahram Lak[2]

Received: December 2020 , Revised: 23 February 2021, Accepted: 13 June 2021

Abstract

This experiment was carried out in split plots based on randomized complete block design with three replications during 2015-2016 and 2016-2017 cropping years in Khuzestan province. The main factor, consisted as water shortage stress with four levels of irrigation after depletion of 45, 60, 75 and 90% of plant usable water was optimal irrigation, mild stress, severe stress and very severe stress, respectively. The levels of 100% chemical fertilizer, 75% and 50% combination of chemical fertilizer with 100% nitroxin and plant density at three levels of 57, 71 and 95 thousand plants per hectare were as sub-factors. The results showed that the interaction of water shortage stress, combination of nitrogen biochemical and chemical fertilizer and plant density had a significant effect on grain yield, 1000-grain weight, number of seeds per head, harvest index and biological yield. The highest seed yield was obtained from the optimal irrigation treatment by combining 75% of chemical and biological fertilizers and a density of 95,000 plants per hectare, which showed a 75% increase compared to the very severe moisture stress treatment with 75% of chemical and biological fertilizers and a density of 57,000 plants per hectare. The interaction of moisture stress and density and fertilizers on oil percentage and leaf area index was significant. In general, the use of nitrogen from both chemical and biological sources at a density of 95,000 plants per hectare may reduce the effects of moisture stress on the sunflower plant in the experimental condition.

Key words: Grain yield, Nitroxin, Oil, Plant Density.

1- Department of Agronomy, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
**Corresponding Author: manimojaddam@yahoo.com*