



بررسی تأثیر تنش خشکی با سطوح نیتروژن و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت رقم ایروفلور آفتابگردان در ارومیه

*اسماعیل قلی‌نژاد^۱، امیر آیینه‌بند^۲، عبدالله حسن‌زاده‌قورت‌تپه^۳،
ایرج برنوسی^۴ و حسین رضایی^۵

^۱مریی دانشگاه پیام نور استان آذربایجان غربی، واحد تازه‌شهر، دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات اهواز، ^۲استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز، ^۳استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ^۴استادیار گروه آبیاری، دانشگاه ارومیه
تاریخ دریافت: ۸۷/۳/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۷/۲۵

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثرات تنش کمبود آب، مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد در رقم ایروفلور در آفتابگردان روغنی سال ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی ساعت‌لوی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی واقع در ۲۵ کیلومتری ارومیه اجرا گردید. این تحقیق به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتور اصلی شامل تیمار آبیاری دارای سه سطح آبیاری مطلوب (I_1)، تنش ملایم (I_2) و تنش شدید خشکی (I_3) (به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. تا مرحله ۷ تا ۸ برگی، آبیاری‌ها پس از تخلیه ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در همه تیمارها انجام و از این مرحله به بعد تا ۱۰ روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیک گیاه تیمارهای آبیاری دقیقاً اعمال گردید. فاکتور فرعی شامل سه سطح نیتروژن N_1 ، N_2 و N_3 به ترتیب کاربرد معادل ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و تراکم بوته به عنوان تیمار فرعی فرعی دارای سه سطح تراکم ۵/۵۵، ۶/۶۶ و ۸/۳۳ بوته در

* مسئول مکاتبه: gholinezhad_1354@yahoo.com

مترمربع بودند که به‌طور تصادفی در کرت‌های اصلی و فرعی و فرعی فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که تأثیر تنش خشکی، نیتروژن و تراکم بوته بر شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد دانه در هر طبق، قطر طبق، درصد مغز به کل دانه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه تک گیاه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. تنش خشکی شدید در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب باعث کاهش عملکرد دانه به‌میزان تقریبی ۴۴ درصد گردید. افزایش کاربرد نیتروژن موجب افزایش عملکرد دانه شد. عکس‌العمل عملکرد دانه نسبت به افزایش تراکم بوته مثبت بود. کلیه اجزای عملکرد نسبت به تغییر تراکم حساسیت نشان دادند. شاخص برداشت با افزایش شدت تنش خشکی و تراکم کاهش یافت. براساس نتایج حاصله از این پژوهش در شرایط مطلوب و تنش خشکی ملایم کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و افزایش تراکم بوته جهت تولید عملکرد مناسب می‌باشد، در حالی که در شرایط تنش خشکی شدید افزایش مصرف نیتروژن و تراکم بوته تأثیر بسیار ناچیزی بر افزایش عملکرد دانه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، تنش کمبود آب، نیتروژن، تراکم بوته، عملکرد

مقدمه

از آنجا که ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود و از نظر آب و هوایی تنوع زیادی دارد، شناخت ویژگی‌های مربوط به رشد و عملکرد و همچنین سازگاری آفتابگردان، به‌خصوص در رابطه با تنش خشکی می‌تواند در گسترش سطح زیر کشت و افزایش عملکرد آن تأثیر مهمی داشته باشد (جعفرزاده‌کنارسری و پوستینی، ۱۹۹۷). بلوم (۱۹۸۸) معتقد است تنش‌های محیطی در مزرعه به شکل عمده به‌صورت عواملی نظیر کمبود آب، مواد غذایی و حرارت ظاهر می‌شود. نتایج تحقیقات رشدی و همکاران (۲۰۰۵) حاکی از آن بود که با افزایش فواصل آبیاری و اعمال تنش کم‌آبی، قطر طبق کاهش یافت. نتایج تحقیقات دانشیان و همکاران (۲۰۰۶) و جعفرزاده‌پیلواری و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داد که با افزایش تنش، اندازه قطر طبق کاهش می‌یابد. ولی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تعداد دانه در طبق با کاهش سطوح آبیاری کاهش می‌یابد. دانشیان و همکاران (۲۰۰۵) اظهار نمودند وزن هزاردانه در اثر تنش کم‌آبی کاهش یافت. حاجی‌حسنی‌اصل و همکاران (۲۰۰۷) نتیجه گرفتند که تنش خشکی تمام صفات به‌جز درصد مغز دانه را کاهش داد، ولی موجب

افزایش درصد پوکی گردید. حاجی حسنی اصل و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که با افزایش تراکم، طول دوره رویش، وزن هزاردانه، تعداد دانه در طبق، قطر ساقه و قطر طبق کاهش یافت، در حالی که ارتفاع بوته به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها افزایش یافت. بحرانی و سیدی (۲۰۰۵) نشان دادند که با افزایش تراکم، تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه و پروتئین دانه به صورت معنی داری کاهش یافت. قلی نژاد و همکاران (۲۰۰۶) نیز دریافتند که با کاهش تراکم، قطر طبق افزایش ولی ارتفاع بوته کاهش یافت. علیزاده (۲۰۰۵) طی آزمایشی دریافت که تنش خشکی و کاهش مصرف نیتروژن باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه گردید. جعفری و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که با افزایش تراکم قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن خشک اندام هوایی کاهش و عملکرد دانه و ارتفاع بوته افزایش یافت. صفاری (۲۰۰۶) نشان داد که تنش خشکی تعداد دانه، عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و درصد روغن کاهش یافتند، ولی درصد پوکی افزایش یافت. مشرفی و همکاران (۲۰۰۶) نتیجه گرفتند که با افزایش نیتروژن، عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق، ارتفاع گیاه، درصد پروتئین، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن کاهش یافتند، ولی درصد پوکی افزایش یافت. بنابراین این تحقیق با هدف ارزیابی کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم در شرایط متفاوت رطوبتی بر عملکرد و اجرای عملکرد آفتابگردان جهت دستیابی به افزایش بازدهی مصرف منابع طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی اثرات تنش کمبود آب، مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شاخص برداشت در آفتابگردان روغنی رقم ایروفلور در سال ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی ساعتلوی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا واقع در ۲۵ کیلومتری ارومیه اجرا گردید. این تحقیق به صورت کرت‌های دو بارخرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتور اصلی شامل تیمار آبیاری دارای سه سطح آبیاری مطلوب (I_۱)، تنش ملایم (I_۲) و تنش شدید خشکی (I_۳) (به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. تا مرحله ۷ تا ۸ برگی آبیاری‌ها در همه تیمارها پس از تخلیه ۵۰ درصد ظرفیت زراعی انجام و از این مرحله به بعد تا ۱۰ روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیک گیاه تیمارهای

آبیاری به دقت اعمال شدند. فاکتور فرعی شامل سه سطح نیتروژن N_1 ، N_2 و N_3 به ترتیب کاربرد معادل ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و تراکم بوته به عنوان تیمار فرعی فرعی دارای سه سطح تراکم ۵/۵۵، ۶/۶۶ و ۸/۳۳ بوته در مترمربع یعنی تراکم‌های ۵۵۵۰۰، ۶۶۶۰۰ و ۸۳۳۰۰ بوته در هکتار به ترتیب D_1 ، D_2 و D_3 بودند یعنی فواصل بوته روی ردیف به ترتیب ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر بودند که به طور تصادفی در کرت‌های اصلی و فرعی و فرعی فرعی قرار داده شدند. هر کرت فرعی دارای ۷ خط کاشت هر کدام به طول ۴ متر و به فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله هر کرت فرعی از کرت فرعی دیگر به صورت یک خط نکاشت و فاصله میان هر دو کرت اصلی ۱۸۰ سانتی‌متر به صورت سه خط نکاشت در نظر گرفته شد. بنابراین مساحت هر کرت اصلی با احتساب فواصل بین واحدهای آزمایشی معادل ۵۱/۶ مترمربع و مساحت کل قطعه آزمایشی با احتساب فواصل بین واحدهای آزمایشی و کانال‌های آبیاری در حدود ۲۵۰۰ مترمربع بود. عملیات خاک‌ورزی و آماده‌سازی زمین شامل آبیاری قبل از تهیه زمین، یک شخم عمیق و دو دیسک عمود برهم، تسطیح، ایجاد جوی و پشته و کرت‌بندی بود. بافت خاک لومی رسی سیلتی بود. مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات منگنز و مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی براساس آزمون تجزیه خاک به طور یکنواخت در سطح مزرعه پخش و با شیارساز جوی و پشته ایجاد گردید. کاشت در ۹ خرداد ۱۳۸۶ با دست و به طریقه هیرم‌کاری انجام شد. بذر مورد استفاده هیبرید ایروفلیور بود که دارای پتانسیل عملکرد بسیار بالا، قدرت جوانه زدن سریع، رشد منظم، مقاومت بالا به خوابیدگی و سازگاری بسیار خوب به شرایط گرم و خشک می‌باشد. این رقم از تیپ سینگل کراس و گروه بلوغ میان‌رس بوده و در سال ۱۹۸۸ در فرانسه به ثبت رسیده است. بذور پیش از کاشت با بنومیل دو در هزار ضد عفونی شدند. اولین آبیاری ۱۸ خرداد ماه انجام شد. عمل تنک در مرحله ۵-۴ برگی انجام گرفت. وجین علف‌های هرز به صورت دستی در دو مرحله، ۲۰ و ۴۰ روز بعد از کاشت صورت پذیرفت. بیماری و آفت خاصی در مزرعه مشاهده نشد. کود نیتروژن نیز به صورت سرک زمان آبیاری هر تیمار در دو مرحله ۸-۷ برگی و زمان غنچه‌دهی اعمال گردید. هنگامی که پشت طبق در ۹۰ درصد بوته‌ها به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای درآمد بذور ۲۰ درصد رطوبت داشتند برداشت نهایی انجام شد. برای حذف اثر حاشیه، از ردیف‌های کناری و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر ردیف یادداشت‌برداری انجام نشد. جهت تعیین رطوبت وزنی خاک در شرایط ظرفیت مزرعه از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک از تکرارهای هر آزمایش

نمونه برداری شد. هر نمونه پس از عبور از الک ۲ میلی متری در حلقه های لاستیکی مخصوص ریخته شد و پس از آنکه با اضافه کردن آب مقطر به حالت اشباع در آمد بر روی صفحات ویژه دستگاه های مخصوص گذاشته شد و تحت مکش ۰/۳ اتمسفر و سپس جهت مشخص شدن نقطه پژمردگی دایم تحت مکش ۱۵ اتمسفر قرار گرفت. سپس نمونه ها در هر مرحله در آن ۱۰۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و درصد رطوبت وزنی آنها در شرایط ظرفیت زراعی با استفاده از معادله ۱ (علیزاده، ۱۹۹۵) تعیین گردید:

$$W_m = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، W_m = درصد رطوبت وزنی خاک، W_2 = وزن خاک مرطوب به گرم و W_1 = وزن خاک خشک به گرم است.

در این آزمایش ظرفیت زراعی خاک ۲۶ درصد وزنی و نقطه پژمردگی دائم ۱۴ درصد وزنی تعیین شد. جهت تعیین دقیق زمان آبیاری در هر تیمار با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری به صورت روزانه و متوالی توسط اگر از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه نمونه برداری انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. بر این اساس زمان آبیاری هنگامی بود که رطوبت وزنی خاک در تیمارهای I_1 ، I_2 و I_3 به ۲۰، ۱۷/۶ و ۱۵/۲ درصد رسید. پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین شده جهت اعمال تیمار آبیاری از رابطه ۲ (علیزاده، ۱۹۹۵) حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه شد:

$$V = \frac{(FC - \theta_m) \times \rho_b \times D_{Root} \times A}{E_i} \quad (2)$$

که در آن، V = حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب، FC = درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی، θ_m = درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، ρ_b = وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی مترمکعب)، A = مساحت آبیاری شده بر حسب مترمربع و D_{Root} = عمق توسعه ریشه بر حسب متر است.

بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز در هر مرتبه آبیاری در هر تیمار برای هر خط کاشت محاسبه و براساس کارایی توزیع آب ۹۰ درصد با استفاده از فلوم و زمان سنج به صورت یکنواخت توزیع گردید. برداشت نهایی در ۱۵ شهریور ماه انجام گرفت. سطح برداشت نهایی معادل ۴/۸ مترمربع بود که از دو

خط میانی کاشت انجام گرفت. اندازه‌گیری‌های نهایی نیز از این نمونه‌ها انجام شد و سپس دانه‌ها از طبق جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه جدا شدند. جهت تعیین درصد رطوبت اندام‌های مختلف و دانه و محاسبه عملکرد ماده خشک کل و دانه، نمونه‌های تصادفی از محصول بخش‌های مختلف و دانه هر کرت برداشت و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و با توجه به وزن اولیه اندام‌ها و دانه، عملکرد ماده خشک کل و عملکرد دانه براساس وزن خشک آنها تصحیح شد. در مرحله گلدهی، جهت محاسبه شاخص سطح برگ پس از حذف حواشی از هر کرت فرعی، پنج بوته برداشت و با استفاده از دستگاه سطح‌سنج برگ اندازه‌گیری گردید. پس از تعیین مساحت کلیه برگ‌ها، شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف آزمایشی محاسبه شد. رسیدگی دانه‌ها با زرد شدن پشت طبق‌ها در ۱۵ شهریور ماه مشخص گردید و برداشت نهایی انجام گرفت.

محتوای نسبی آب برگ آفتابگردان جهت بررسی چگونگی عکس‌العمل گیاه به تنش کمبود آب اندازه‌گیری شد. بدین منظور برگ سه بوته از ردیف‌های دوم و پنجم هر کرت فرعی قبل از آبیاری در ساعت ۱۲ ظهر جدا و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه بلافاصله از این برگ‌ها دیسک‌هایی تهیه و توزین شدند و وزن تازه آنها (W_f) ثبت گردید. پس از آن دیسک‌ها به مدت ۲۴ ساعت درون ظروف حاوی آب مقطر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا به حالت اشباع کامل رسیدند. در پایان این مرحله دیسک‌های برگگی توسط حوله‌های کاغذی خشک و مجدداً وزن شدند وزن مذکور به عنوان وزن اشباع (W_s) ثبت گردید. نمونه‌ها جهت محاسبه وزن خشک (W_d) به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. محتوای نسبی آب برگ با استفاده از معادله ۳ (علیزاده، ۱۹۹۵) محاسبه شد:

$$RWC = \frac{W_f - W_d}{W_s - W_d} \times 100 \quad (3)$$

که در آن، W_s = وزن اشباع برگ، RWC = محتوای نسبی آب برگ، W_f = وزن تر برگ و W_d = وزن خشک برگ است.

اجزاء عملکرد شامل تعداد دانه در هر طبق و وزن هزاردانه، محاسبه گردید. شاخص برداشت (HI) نیز با استفاده از معادله ۴ (علیزاده، ۱۹۹۵) محاسبه شد:

$$HI = \frac{Y_e}{Y_b} \times 100 \quad (4)$$

که در آن، HI = شاخص برداشت، Y_e = عملکرد اقتصادی و Y_b = عملکرد بیولوژیک می‌باشد.

برای اندازه‌گیری وزن هزاردانه، تعداد ۵ تکرار ۱۰۰۰ تایی از هر تیمار انتخاب، سپس از آنها میانگین‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قطر طبق، به‌طور تصادفی از هر تیمار ۵ طبق انتخاب و قطر آنها با متر اندازه‌گیری و میانگین‌گیری محاسبه شد. قطر ساقه نیز با انتخاب به‌طور تصادفی ۵ بوته از هر تیمار و اندازه‌گیری محیط آنها اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد عدد به‌دست آمده بر عدد ۳/۱۴ تقسیم شد. برای اندازه‌گیری درصد مغز به کل دانه، میزان ۱۰ گرم بذر از هر تیمار به‌طور تصادفی وزن کرده و مغز آنها جدا گردید، سپس وزن مغز دانه‌ها محاسبه شد و درصد مغز به کل دانه محاسبه شد. در پایان از طرح آماری آزمایش کرت‌های دو بار خرد شده براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای SAS، MSTATC و رسم نمودارها با استفاده از Excel انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت پذیرفت.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر.

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	درصد اشباع	آهک (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کربن آلی (درصد)	ازت (درصد)	فسفر	پتاسیم
۰/۸	۸	۵۷	۱۶	۳۳	۵۵	۱۲	۱/۲	۰/۱۲	۱۲	۸۰۰

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI): نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، شاخص سطح برگ کاهش معنی‌داری یافت، به‌طوری‌که میزان شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی از ۷/۸ در تیمار آبیاری مطلوب به‌ترتیب به ۷/۰۶ و ۴/۸۲ در تیمارهای تنش ملایم و شدید خشکی رسید (جدول‌های ۲ و ۳). کاهش سطح برگ در شرایط تنش خشکی را می‌توان به کاهش محتوای نسبی آب برگ نسبت داد. کوسکنولا و فکت (۱۹۹۲) نیز مشاهده کردند که با افزایش تنش خشکی پتانسیل آب برگ به‌طور فزاینده‌ای منفی شد. گزارش‌های مشابهی توسط محققانی چون تائیز و زایگر (۱۹۹۹) مبنی بر کاهش شاخص سطح برگ در اثر تنش خشکی ارائه گردیده است. به گزارش آری (۱۹۸۷) تنش

کمبود آب در طول دوره رویشی منجر به کوچک شدن، تسریع زردی و پیر شدن برگ‌ها گردیده و شاخص سطح برگ و میزان جذب نور توسط گیاه را کاهش می‌دهد. تایز و زایگر (۱۹۹۹) نیز بیان داشتند که رشد و توسعه سلول فرآیندی وابسته به پتانسیل فشاری بوده و به شدت نسبت به کمبود آب حساس است، ممانعت از رشد سلول منجر به کاهش توسعه سطح برگ‌ها می‌شود، با کاهش محتوای آب گیاه، سلول‌ها چروکیده، دیواره سلولی سست شده و کاهش حجم سلول باعث کاهش فشار هیدرواستاتیک یا پتانسیل فشاری می‌شود. مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ داشت، گیاهان با دریافت نیتروژن زیادتر، سطح برگ بیشتری به‌خصوص در برگ‌های بالایی نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کم داشتند. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن نیز بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش مصرف نیتروژن شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (N_3) به $7/65$ رسید، در حالی که متوسط شاخص سطح برگ در تیمار N_1 (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از $5/6$ فراتر نرفت. نتایج این تحقیق با گزارش‌های ماکو و دیویس (۱۹۸۸) و کنور و همکاران (۱۹۹۳) که اظهار داشتند شاخص سطح برگ و دوام آن و در نهایت سرعت فتوسنتز گیاه توسط مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد، مطابقت داشت. در این تحقیق افزایش مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب، تأثیر مثبت بیشتری بر افزایش شاخص سطح برگ داشت، در حالی که در تیمار تنش خشکی شدید، این تأثیر مثبت زیاد نبود (جدول‌های ۲ و ۴). این وضعیت ناشی از اختلال در فرآیند جذب نیتروژن توسط گیاه تحت تنش شدید خشکی بود. ساکی نژاد (۲۰۰۳) نیز بیان کرد که کمبود شدید آب در خاک موجب محدودیت توانایی گیاه جهت جذب نیتروژن از خاک می‌شود. مصرف بیشتر نیتروژن موجب افزایش حداکثر شاخص سطح برگ و حفظ آن تا اواخر دوره رشد گردید. نتایج این تحقیق در مورد اثر کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن بر سطح برگ با نتایج آلیسون و هاسلام (۱۹۹۳) که افزایش سطح برگ را در اثر افزایش کاربرد نیتروژن گزارش دادند، مطابقت داشت.

با افزایش تراکم بوته شاخص سطح برگ روند افزایشی نشان داد به نحوی که اوج شاخص سطح برگ معادل، $5/15$ ، $6/25$ و $8/28$ به ترتیب در تراکم‌های 55500 ، 66600 و 83300 بوته در هکتار در مرحله گلدهی به دست آمد (جدول ۳). دانکن (۱۹۸۵) نشان داد که افزایش تراکم بوته با کاهش سطح برگ در هر بوته، افزایش شاخص سطح برگ، افزایش میزان جذب نور و در نهایت افزایش سرعت رشد محصول همراه است، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد.

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	محتوای نسبی آب برگ	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	تعداد دانه در هر طبق	قطر طبق	درصد مغز به کل دانه	وزن هزاردانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۷۷/۰ ^{ns}	۴۷/۵ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
آبیاری	۲	۰/۶۴/۹	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
اشتباه اصلی	۴	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
نیتروزن	۲	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
آبیاری x نیتروزن	۴	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
اشتباه فرعی	۲۱	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
تراکم	۲	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
تراکم x آبیاری	۴	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
تراکم x نیتروزن	۴	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
تراکم x نیتروزن x آبیاری	۷	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
اشتباه فرعی	۳۶	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰ ^{**}
ضریب تغییرات	-	۰/۷۷/۰	۰/۵۵/۱	۰/۴۷/۵	۰/۶۷/۴	۰/۱۷/۱	۰/۳۰/۳	۰/۵۰/۱	۰/۷۸/۳	۰/۱۷/۱

^{ns} اختلاف غیرمعنی دار، ^{*} اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ^{**} اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد.

شاخص برداشت	وزن هزاردانه (گرم)	درصد مغز به کل دانه به درصد	درصد طبق به سانتی متر	قطر طبق	تعداد دانه در هر طبق	تعداد دانه	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم بر هکتار)	محتوای نسبی آب برگ به درصد	شاخص سطح برگ	تیمار
۳۹/۹ ^a	۶۱/۳ ^a	۷۱/۴ ^a	۱۹/۹۵ ^a	۹۹۲/۶ ^a	۴۲۰/۳۵ ^a	۱۰۶۱۰/۳ ^a	۶۰/۸ ^a	۷/۸ ^a	آبیاری مطلوب		
۳۸/۳ ^b	۵۴/۳۹ ^b	۶۹/۳ ^b	۱۸/۶ ^{ab}	۷۰۸/۹ ^b	۲۵۷۱/۴ ^{ab}	۶۷۵۱/۴۰ ^b	۵۷/۱۷ ^b	۷/۰۳ ^a	تنش ملایم خشکی		
۳۷/۳ ^c	۴۸/۹۸ ^c	۶۴/۷ ^c	۱۸/۱۲ ^b	۵۵۳/۶ ^c	۱۸۵۲/۶ ^c	۵۱۳۳/۱۰ ^c	۵۰/۲۹ ^c	۴/۸ ^b	تنش شدید خشکی		
۳۷/۵۳ ^c	۵۲/۰ ^c	۶۹/۹۶ ^{ab}	۱۸/۳۴ ^c	۶۶۳/۳ ^c	۲۵۱۴/۰۵ ^c	۶۶۸۷/۶ ^c	۵۶ ^c	۵/۶ ^c	نیروزن (کیلوگرم در هکتار)		
۳۸/۳ ^b	۵۴/۹ ^b	۶۸/۵۱ ^b	۱۹/۰۴ ^b	۷۵۳/۷ ^b	۲۵۶۱/۰ ^b	۷۴۷۰/۲ ^b	۵۶/۵ ^{ab}	۶/۴ ^b	۱۰۰		
۳۸/۹۹ ^a	۵۶/۷ ^a	۶۷/۰۴ ^c	۱۹/۳۸ ^a	۸۳۷/۸ ^a	۳۲۵۴/۵۹ ^a	۸۳۴۰/۹ ^a	۵۶/۹۴ ^a	۷/۶ ^a	۲۲۰		
۳۷/۴ ^c	۵۴/۹ ^c	۷۰/۳۸ ^a	۱۷/۵۸ ^c	۷۰۴/۸ ^c	۳۰۷۲/۴۴ ^a	۸۳۷۵/۸ ^a	۵۳/۵ ^c	۸/۳ ^a	تراکم (بوته در مترمربع)		
۳۷/۸ ^b	۵۵/۴ ^b	۶۸/۵۰ ^b	۱۹/۱۸ ^b	۷۴۹/۱۲ ^b	۲۸۶۳/۲۷ ^b	۷۵۵۵/۷ ^b	۵۵/۶ ^b	۶/۳ ^b	۸۳۳		
۴۰/۶ ^a	۵۸/۹ ^a	۶۶/۵۵ ^c	۱۹/۹۹ ^{ab}	۸۰۱/۰۰ ^a	۳۶۸۹/۰۳ ^c	۶۵۶۳/۱ ^c	۵۹/۷ ^a	۵/۱ ^c	۶/۶۶		

اعدادی که حروف مشابه دارند براساس آزمون دانکن از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد ندارند.

محتوای نسبی آب برگ: نتایج این تحقیق نشان داد که محتوای نسبی آب برگ شدیداً تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفت و با تشدید تنش کاهش معنی داری یافت (جدول‌های ۲ و ۳). کاهش محتوای نسبی آب برگ نشان‌دهنده کاهش فشار آماس در سلول‌های گیاهی است و موجب کاهش رشد می‌گردد. با خارج شدن آب از خاک و عدم جایگزینی آن، پتانسیل آب در منطقه ریشه کاهش یافته و اگر مقاومت‌ها در گیاه ثابت بمانند به‌منظور حفظ سرعت تعرق، پتانسیل آب در گیاه به‌طور مشابهی کاهش می‌یابد (تی‌پر و پیت، ۱۹۹۴).

تفاوت میان محتوای نسبی آب برگ در سطوح نیتروژن معنی دار بود، ولی بین سطح کود ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی دار نبود. با این حال گیاهانی که کود نیتروژن بیشتری دریافت کردند از رطوبت نسبی برگ بیشتری برخوردار بودند (جدول‌های ۲ و ۳). گزارش‌های متعددی مبنی بر این‌که افزایش کاربرد نیتروژن و مصرف کربوهیدرات‌ها از طریق افزایش ساخت پروتئین‌ها و افزایش ضخامت دیواره سلولی باعث جذب بیشتر آب توسط پروتوپلاسم و بهبود محتوای نسبی آب برگ می‌شود وجود دارد (ملکوئی و همایی، ۲۰۰۳). در این پژوهش، تأثیر تراکم بر رطوبت نسبی برگ در سطح ۱ درصد معنی دار بود و با افزایش تراکم صفت یاد شده کاهش یافت (جدول‌های ۲ و ۳). کمتر بودن رطوبت نسبی برگ در گیاهان متراکم، بیانگر تأثیر شدیدتر تنش کمبود آب بر این گیاهان است، علت اصلی این وضعیت وجود رقابت بیشتر بین بخش‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان متراکم در جهت استفاده حداکثر از منابع از یک سو و گستردگی کمتر سیستم ریشه‌ای این گیاهان از سوی دیگر می‌باشد که سبب می‌شود این گیاهان در شرایط تنش خشکی خسارت بیشتری را متحمل شوند (مظاهری، ۱۹۹۴).

عملکرد دانه: نتایج نشان داد که تأثیر تنش خشکی، نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت. افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه شد. مصرف مقادیر زیاد کود در شرایط آبیاری مطلوب، به‌صورت قابل ملاحظه‌ای موجب افزایش عملکرد دانه شد، در حالی که در شرایط تنش شدید خشکی، مصرف مقادیر بیشتر کود عملکرد دانه را افزایش چندانی نداد. به نظر می‌رسد این وضعیت ناشی از کاهش جذب و افزایش هدرروی نیتروژن در شرایط کمبود آب در خاک بود. گزارش‌های مارتین و همکاران (۱۹۹۲) نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مبنی بر کاهش کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تنش خشکی را تأیید می‌نماید. افزایش تعداد بوته در واحد سطح با افزایش قابل ملاحظه عملکرد دانه همراه بود (جدول ۳). پژوهشگران زیادی به افزایش عملکرد دانه در اثر افزایش تراکم گیاهی اشاره نموده‌اند (امام و رنجبر،

۲۰۰۰). بیشترین عملکرد دانه به میزان ۴۶۲۸/۷ کیلوگرم در هکتار از بالاترین تراکم در تیمار آبیاری مطلوب به دست آمد، ولی در تنش خشکی ملایم و شدید با افزایش تراکم افزایش عملکرد زیاد نبود. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از تراکم‌های بالا تنها در شرایط مطلوب می‌تواند مفید باشد. لیانگ و همکاران (۱۹۹۲) نیز گزارش نمودند که حداکثر عملکرد دانه ذرت نیازمند تراکم زیاد، آبیاری زیاد، مصرف زیاد کود و تامین نیاز حرارتی بالا است. در تراکم‌های پایین، عملکرد دانه به دلیل کاهش تعداد بوته در واحد سطح در حد پایینی قرار داشت و افزایش نیتروژن به دلیل محدودیت ظرفیت هر گیاه در استفاده از نیتروژن تا حد معینی مؤثر بود، نیتروژن مازاد بدون استفاده باقی ماند و از دسترس گیاه خارج گردید. با افزایش تراکم، عملکرد دانه در واحد سطح به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح افزایش یافت.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × نیتروژن صفات مورد مطالعه.

تیمار (آبیاری × نیتروژن)	شاخص سطح برگ	محتوای نسبی آب برگ به درصد	درصد مغز به کل دانه به درصد
آبیاری	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)		
	۱۰۰	۵۹/۷ ^{ab}	۷۲/۱۲ ^a
آبیاری مطلوب ×	۱۶۰	۶۱/۲۴ ^a	۷۱/۰۸ ^{ab}
	۲۲۰	۶۱/۲۲ ^a	۷۱/۱۰ ^{ab}
تنش ملایم خشکی ×	۱۰۰	۵۶/۰۶ ^a	۷۰/۶۰ ^{ab}
	۱۶۰	۵۸/۰۳ ^{bc}	۶۹/۶۲ ^{bc}
	۲۲۰	۵۷/۴۰ ^{bc}	۶۷/۶۴ ^{cd}
تنش شدید خشکی ×	۱۰۰	۴۸/۱۸ ^e	۶۷/۱۰ ^d
	۱۶۰	۵۰/۴ ^{de}	۶۴/۸۴ ^e
	۲۲۰	۵۲/۲۰ ^d	۶۲/۳۳ ^f

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

عملکرد بیولوژیکی: تأثیر کمبود آب، مصرف نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیکی که نشان‌دهنده ماده خشک تجمع‌یافته در اندام هوایی در زمان برداشت است، معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیکی مشاهده شد. این

نتایج یافته‌های حلاجی (۲۰۰۴)، غفاری‌پور (۲۰۰۴) و جاسودی رودریگوز و همکاران (۲۰۰۲) مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی را تأیید نمود. دلیل افزایش تولید کل ماده خشک در گیاهان تحت تیمار آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و دوام بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید. کاهش سطح نیتروژن مصرفی از ۲۲۰ به ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، عملکرد بیولوژیکی را به‌طور متوسط به میزان ۱۶۵۷ کیلوگرم در هکتار کاهش داد (جدول ۳)، این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). کاهش عملکرد بیولوژیکی در مقادیر کم مصرف نیتروژن، توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (سینگ، ۱۹۹۵؛ سینگ، ۱۹۹۶؛ حسن‌زاده، ۲۰۰۲). در این تحقیق، در مقادیر بیشتر نیتروژن، سرمایه‌گذاری مواد فتوسنتزی در بخش‌های برگ و ساقه افزایش یافته و در نتیجه مواد تجمع یافته در دانه نیز فزونی یافت، کمبود نیتروژن به علت کاهش اندازه و دوام سطح برگ، احتمالاً باعث کاهش میزان نور دریافتی، کارایی استفاده از نور و فتوسنتز گیاه زراعی شد و به موازات آن عملکرد بیولوژیکی کاهش یافت (جدول ۳). تفاوت میانگین عملکرد بیولوژیکی در تراکم‌های مختلف معنی‌دار بود (جدول ۲) و با افزایش تراکم عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت (جدول ۳). اگرچه رقابت‌هایی مانند رقابت برای جذب نور، مواد غذایی، آب و جذب گازکربنیک در تراکم‌های بالا بیشتر است ولی به نظر می‌رسد در شرایط آب و هوایی ارومیه، رقابت بین بوته‌ای حتی در بیشترین تراکم مورد بررسی در این تحقیق، بر محدوده تراکم مطلوب منطبق است. گزارش‌هایی در خصوص تأثیر مثبت افزایش تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیکی ارائه شده است (حلاجی، ۲۰۰۴؛ گوبلز، ۱۹۹۹). اثر متقابل آبیاری و تراکم بر عملکرد بیولوژیکی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و تراکم نشان داد که تیمار بیشترین تراکم در شرایط آبیاری مطلوب از برتری قابل ملاحظه‌ای از لحاظ تولید ماده خشک در مقایسه با دیگر تیمارها برخوردار بود، در حالی که در شرایط خشکی شدید، تغییر عملکرد بیولوژیکی در اثر افزایش تراکم قابل ملاحظه نبود. کاهش عملکرد بیولوژیکی در کلیه تراکم‌ها در شرایط تنش شدید خشکی، ناشی از افت عملکرد دانه و وزن خشک بخش‌های رویشی به واسطه افزایش رقابت بود. در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی، با افزایش تعداد بوته در واحد سطح کاهش وزن خشک تک‌بوته جبران و عملکرد ماده خشک افزایش یافت، ولی در شرایط خشکی شدید، کاهش شدید وزن خشک تک‌بوته‌ها جبران نشد و در نتیجه تفاوت میان عملکرد بیولوژیکی در میان تراکم‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۵)، بنابراین در زراعت آفتابگردان توصیه تراکم‌های بالا تنها در شرایط مطلوب می‌تواند مفید باشد. مقایسات

میانگین‌ها نشان داد که روند تغییرات عملکرد ماده خشک تحت تأثیر تراکم بوته در کلیه سطوح کاربرد نیتروژن روند یکسانی نداشت. در سطوح بالاتر مصرف نیتروژن برخلاف پایین‌ترین سطح مصرف این عنصر با افزایش تراکم، کاهش وزن تک بوته‌ها جبران شد و در نتیجه آن عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت. نتایج فوق با نتایج حلاجی (۲۰۰۴) و گوبلز و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت داشت.

تعداد دانه در هر طبق: در این تحقیق، افزایش شدت تنش خشکی به‌طور معنی‌داری موجب کاهش تعداد دانه در هر طبق گردید، به گونه‌ای که تیمار تنش خشکی شدید با میانگین $553/2$ دانه کمترین تعداد دانه در هر طبق را دارا بود (جدول‌های ۲ و ۳)، علت اصلی کاهش تعداد دانه در هر طبق، تأثیر منفی تنش خشکی بر قطر طبق بود (جدول ۳). افزایش مصرف نیتروژن با افزایش معنی‌دار تعداد دانه در هر طبق همراه بود (جدول‌های ۲ و ۳). یوهارت و آندرید (۱۹۹۵) افزایش تعداد دانه در اثر افزایش مصرف نیتروژن را در نتیجه بهبود سرعت رشد محصول گزارش دادند و بیان داشتند که افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش کارایی مصرف نور در مرحله گلدهی و افزایش سرعت رشد محصول گردید. با توجه به وجود ارتباط معنی‌دار میان سرعت رشد محصول و فراهمی مواد پرورده در هنگام گلدهی و تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر این فرآیندها، افزایش تعداد دانه در هر طبق با افزایش مصرف نیتروژن قابل انتظار بود. حسن‌زاده (۲۰۰۲) نیز طی بررسی اثرات کودهای شیمیایی نیتروژنه بر رشد و عملکرد آفتابگردان مشاهده کرد که با افزایش سطوح کود، تعداد دانه در طبق افزایش می‌یابد. فتحی و همکاران (۱۹۹۷) و میسرا و همکاران (۱۹۹۵) در گزارش‌های مجزا اعلام کردند که با افزایش مصرف نیتروژن تعداد دانه در طبق افزایش می‌یابد. تأثیر تراکم و اثر متقابل آبیاری و تراکم، تراکم و نیتروژن، آبیاری و نیتروژن و تراکم بر تعداد دانه در هر طبق از نظر آماری معنی‌دار شد (جدول ۲). کاهش تعداد دانه در هر طبق با افزایش تراکم به‌طور عمده ناشی از تأثیر منفی افزایش تراکم بر قطر طبق بود (جدول ۳). کاهش تعداد دانه در هر طبق در تراکم‌های بالا به دلیل افزایش رقابت بین مخازن زایشی یعنی دانه‌های در حال پر شدن، برای دریافت مواد پرورده و همچنین عقیمی و پر نشدن دانه‌ها بود که توسط سایر پژوهشگران نیز تأیید و گزارش شده است (هاشمی‌دزفولی و هربرت، ۱۹۹۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و تراکم نشان داد که با افزایش تراکم در کلیه سطوح آبیاری تعداد دانه در هر طبق کاهش یافت (جدول ۵). زافارونی و اشنایتر (۱۹۹۱) اظهار داشتند که با افزایش تراکم بوته، تعداد دانه در طبق کاهش می‌یابد. آنها اثرات رقابت ناشی از تراکم بالای گیاهی را همان‌طور که باعث کاهش قطر طبق و اندازه دانه می‌شود، دلیل عمده کاهش تعداد دانه در طبق دانستند. نام‌بردگان یک همبستگی منفی و نسبتاً قوی بین تراکم و تعداد دانه در طبق گزارش کردند. در این مشخص شد که

بین تراکم و تعداد دانه در هر طبق همبستگی منفی و معنی داری وجود داشت که با نتایج نام بردگان فوق مطابقت داشت (جدول ۸). خلیفه (۱۹۸۴) گزارش کرد که تعداد دانه در طبق با افزایش فاصله بین ردیف‌ها، افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین تعداد دانه در پایین‌ترین تراکم به دست آمد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × تراکم صفات مورد مطالعه.

تعداد دانه در هر طبق	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	تیمار (آبیاری × تراکم)	آبیاری
			تراکم (بوته در مترمربع)	
۹۵۴/۴ ^c	۴۶۲۸/۳۱ ^a	۱۲۱۷۳/۹۳ ^a	۸/۳۳	
۹۸۸/۷۰ ^b	۴۱۹۶/۷۲ ^b	۱۰۷۶۰/۲۵ ^b	۶/۶۶	آبیاری مطلوب ×
۱۰۳۴/۹ ^a	۳۷۷۶/۰۲ ^c	۸۸۹۶/۳۵ ^c	۵/۵۵	
۶۶۵/۶۷ ^f	۲۷۸۳/۰۰ ^d	۷۶۶۳/۲۶ ^d	۸/۳۳	
۷۰۱/۹۸ ^e	۲۵۳۲/۸ ^e	۶۶۹۶/۰۰ ^e	۶/۶۶	تنش ملایم خشکی ×
۷۵۹/۰۶ ^d	۲۳۹۸/۴۸ ^e	۵۸۹۵/۰۶ ^f	۵/۵۵	
۴۹۴/۰۰ ⁱ	۱۸۰۶/۰۱ ^f	۵۲۹۰/۱۵ ^f ^g	۸/۳۳	
۵۵۶/۶۸ ^h	۱۸۶۰/۲۷ ^f	۵۲۱۱/۲۴ ^f ^g	۶/۶۶	تنش شدید خشکی ×
۶۰۸/۹۸ ^g	۱۸۹۲/۶۰ ^f	۴۸۹۷/۹۰ ^g	۵/۵۵	

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل نیتروژن × تراکم صفات مورد مطالعه.

تعداد دانه در هر طبق	شاخص سطح برگ	تیمار (نیتروژن × تراکم)	نیتروژن
		تراکم (بوته در مترمربع)	
۶۳۲/۲۸ ^h	۶/۷۹ ^c	۸/۳۳	
۶۶۲/۷۸ ^g	۵/۵۷ ^{de}	۶/۶۶	آبیاری مطلوب ×
۶۹۵/۰۵ ^f	۴/۴۴ ^f	۵/۵۵	
۶۹۶/۷۱ ^f	۷/۹۹ ^b	۸/۳۳	
۷۵۴/۰۸ ^e	۶/۱۴ ^d	۶/۶۶	تنش ملایم خشکی ×
۸۱۰/۳۸ ^c	۵/۱۷ ^e	۵/۵۵	
۷۸۵/۱۰ ^d	۱۰/۰۷ ^a	۸/۳۳	
۸۳۰/۵۰ ^b	۷/۰۴ ^c	۶/۶۶	تنش شدید خشکی ×
۸۹۷/۵۷ ^a	۵/۸۴ ^d	۵/۵۵	

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

قطر طبق: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش خشکی، نیتروژن و تراکم بر قطر طبق معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش شدت تنش خشکی از قطر طبق کاسته شد. آبیاری مطلوب با میانگین ۱۹/۹۵ سانتی‌متر بیشترین و تنش خشکی شدید با میانگین ۱۸/۱۲ سانتی‌متر کمترین قطر طبق را دارا بودند (جدول ۳). نتایج تحقیقات رشدی و همکاران (۲۰۰۵) و مرادی‌اقدم و همکاران (۲۰۰۶) بیانگر افزایش قطر طبق با افزایش مصرف آب بود. اثر اصلی تنش کم‌آبی در مرحله رشد رویشی، کاهش تعداد و اندازه برگ‌ها (کاهش فتوسنتز) است. ادامه تنش کم‌آبی، ریزش برگ‌های پایینی بوته را باعث می‌شود، با ادامه تنش کم‌آبی تعداد زیادی از گلچه‌ها و سلول‌های زایشی آسیب‌دیده و از حجم و تعداد آنها کاسته می‌شود، در چنین شرایطی قطر طبق و تعداد دانه به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد. در ضمن به دلیل حساسیت زیاد آفتابگردان نسبت به تنش خشکی در مرحله ظهور طبق و گرده‌افشانی، کمبود رطوبت می‌تواند آثار جبران‌ناپذیری بر فعالیت اندام‌های زایشی از جمله طبق و دانه‌های روی آن داشته باشد. با افزایش مصرف کود نیتروژن قطر طبق افزایش یافت و بیشترین مقدار (۱۹/۳۸ سانتی‌متر) از تیمار کودی ۲۲۰ کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۳). این به دلیل قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن بیشتر و افزایش اجزاء رویشی و زایشی می‌باشد. حسن‌زاده (۲۰۰۲) گزارش کرد که با افزایش کاربرد کود شیمیایی نیتروژن قطر طبق افزایش یافت. سرمه و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که واکنش ارقام مختلف آفتابگردان نسبت به مصرف کود نیتروژن متفاوت می‌باشد. تجمع ماده خشک، تعداد دانه در طبق، وزن صدانه، وزن طبق و قطر طبق با کاربرد بیشتر کودهای شیمیایی بیشترین مقدار است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تراکم قطر طبق کاهش یافت و بیشترین مقدار از تراکم ۵/۵۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد (جدول ۳). در این تحقیق قطر طبق تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفت. در تراکم‌های بالا وجود رقابت شدیدتر بین بوته‌ای در خصوص جذب آب، مواد غذایی و نور می‌تواند دلیل کمتر شدن قطر طبق باشد. این نتایج با یافته‌های نادری (۱۹۹۹) مطابقت دارد. در آزمایش‌های مجید و اشناپتر (۱۹۸۷) قطر طبق با افزایش تراکم گیاهی، به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. این محققان تأکید کردند که تغییر در عملکرد، ضرورتاً نتیجه تغییر در قطر طبق نیست و تراکم گیاهی (تعداد طبق در واحد سطح) می‌تواند کاهش ایجاد شده در قطر طبق را جبران کرده و باعث عدم تغییر در عملکرد نهایی شود. زافارونی و اشناپتر (۱۹۹۱) گزارش کردند که قطر طبق در هیبریدهای آفتابگردان با افزایش تراکم بوته از ۳۵ تا ۶۵ هزار بوته در هکتار از ۱۲۲ تا ۱۴۳ میلی‌متر کاهش یافت. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که بین قطر طبق با عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌داری ($r^{**} = 0.91$) وجود داشت (جدول ۸) و این بیانگر آن است که با افزایش قطر طبق عملکرد دانه افزایش یافت.

اسماعیل قلی نژاد و همکاران

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × نیتروژن × تراکم صفات مورد مطالعه.

تعداد دانه در هر طبق	تیمار	
	آبیاری	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)
۸۳۸/۵۰ ^f	۸/۳۳	
۸۸۶/۷۰ ^e	۶/۶۶	۱۰۰
۹۰۵/۸۳ ^e	۵/۵۵	
۹۵۲/۲۰ ^d	۸/۳۳	
۹۷۳/۲۳ ^d	۶/۶۶	۱۶۰
۱۰۲۵/۳۰ ^c	۵/۵۵	
۱۰۷۲/۵۶ ^b	۸/۳۳	
۱۱۰۶/۱۳ ^b	۶/۶۶	۲۲۰
۱۱۷۳/۷۰ ^a	۵/۵۵	
۶۰۹/۵۳ ^{kl}	۸/۳۳	
۶۲۴/۱۰ ^{jk}	۶/۶۶	۱۰۰
۶۵۷/۵۶ ^{ij}	۵/۵۵	
۶۴۲/۸۳ ^{ijk}	۸/۳۳	
۷۱۲/۲۰ ^h	۶/۶۶	۱۶۰
۷۷۳/۷۶ ^g	۵/۵۵	
۷۴۴/۶۶ ^{gh}	۸/۳۳	
۷۶۹/۶۶ ^g	۶/۶۶	۲۲۰
۸۴۵/۸۶ ^f	۵/۵۵	
۴۴۸/۸۳ ^p	۸/۳۳	
۴۷۷/۵۳ ^{op}	۶/۶۶	۱۰۰
۵۲۱/۷۶ ^{mn}	۵/۵۵	
۴۹۵/۱۰ ^{no}	۸/۳۳	
۵۷۶/۸۳ ^l	۶/۶۶	۱۶۰
۶۳۲/۱۰ ^{jk}	۵/۵۵	
۵۳۸/۰۶ ^m	۸/۳۳	
۶۱۵/۷۰ ^{kl}	۶/۶۶	۲۲۰
۶۷۳/۱۰ ⁱ	۵/۵۵	

اعدادی که حروف مشابه دارند از نظر آماری اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

درصد مغز به کل دانه: در این تحقیق تأثیر تنش خشکی، نیتروژن، تراکم بوته، اثرات متقابل آبیاری و نیتروژن بر درصد مغز به کل دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تنش خشکی و کود نیتروژن درصد مغز به کل دانه کاهش ولی با افزایش تراکم بوته صفت مزبور افزایش یافت (جدول ۳). در اثرات متقابل نیز بیشترین مقدار از کمترین کاربرد کود نیتروژن به دست آمد (جدول ۴). راویشانکار و همکاران (۱۹۹۰) و جعفرزاده‌کنارسری و پوستینی (۱۹۹۷) دریافتند که بروز تنش خشکی باعث افزایش وزن پوسته دانه‌ها و کاهش نسبت مغز به کل دانه گردید. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم بوته درصد مغز به کل دانه افزایش می‌یابد زیرا در تراکم‌های بالا پوسته‌ها نازک شده و در نتیجه درصد مغز به کل دانه افزایش می‌یابد که این نتایج با تحقیقات مجید و اشناپتر (۱۹۸۷) مطابقت داشت.

وزن هزاردانه: نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن دانه گردید، به نحوی که بیشترین و کمترین وزن هزاردانه به ترتیب به تیمار آبیاری مطلوب و تنش شدید خشکی مربوط بود (جدول‌های ۲ و ۳). میانگین وزن دانه در درجه اول به وسیله میزان مواد پرورده موجود برای انتقال به طبق بین مراحل گلدهی تا رسیدن دانه تعیین می‌شود، این امر به نوبه خود به دوام سطح برگ پس از مرحله گلدهی و هم چنین روابط مبداء- مقصد وابسته است (گاردنر و همکاران، ۱۹۹۴). کاهش وزن هزاردانه در تنش شدید خشکی را می‌توان به کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گرده‌افشانی در اندام‌های رویشی و کاهش دوام سطح برگ در گیاهان تحت تیمار که در نتیجه دوره پر شدن دانه‌ها را کوتاه نمود نسبت داد. وستگیت (۱۹۹۴) نیز کاهش دوره پر شدن دانه در اثر تنش را، عامل اصلی کاهش وزن دانه گزارش نمود. بنزیگر و همکاران (۲۰۰۲) نیز ثابت نمودند که تاخیر در پیری برگ و فراهمی مواد در دوره پر شدن دانه، وزن دانه را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر مشخص شده که ساقه به عنوان منبع ذخیره کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی متحرک جهت انتقال به دانه پس از گلدهی، به شمار می‌آید. بروز تنش خشکی به ویژه در دوره رشد رویشی از طریق کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز، میزان کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی ذخیره شده در ساقه را کاهش می‌دهد و در نتیجه به علت فقدان مواد غذایی ذخیره شده در منابع ثانویه وزن دانه کاهش می‌یابد (رشیدی، ۲۰۰۵). برخی محققان نیز نتایج مشابهی مبنی بر افزایش وزن هزاردانه در اثر کاهش فواصل آبیاری‌ها را گزارش کرده‌اند (ساکینژاد، ۲۰۰۳). در این تحقیق افزایش مصرف نیتروژن، وزن هزاردانه را افزایش داد (جدول‌های ۲ و ۳). این به دلیل قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن بیشتر و افزایش اجزای رویشی و زایشی می‌باشد. فتحی و همکاران (۱۹۹۷) نیز گزارش دادند که با افزایش مصرف نیتروژن قطر طبق و

وزن هزاردانه به علت دسترسی بیشتر به مواد غذایی قابل جذب افزایش می‌یابد. تأثیر تراکم بر وزن هزاردانه بسیار معنی‌دار بود و با افزایش تراکم وزن هزاردانه کاهش یافت به طوری که بیشترین وزن هزاردانه با میانگین ۵۸/۹ گرم به کمترین تراکم تعلق داشت (جدول‌های ۲ و ۳). کمتر بودن ذخیره کربوهیدرات‌ها در ساقه‌ها قبل از مرحله گرده‌افشانی و کاهش فتوسنتز جاری ناشی از کاهش دوام سطح برگ پس از گلدهی و بالا بودن تنفس در تراکم‌های بالا، موجب کاهش محسوس وزن هزاردانه در تراکم‌های مزبور گردید. نتایج آزمایش‌های انجام شده توسط امام و رنجبر (۲۰۰۰) با یافته‌های این تحقیق مبنی بر کاهش وزن هزاردانه در اثر افزایش تراکم مطابقت داشت. اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن، آبیاری و تراکم، نیتروژن و تراکم و اثرات سه‌جانبه آبیاری، نیتروژن و تراکم بر وزن هزاردانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی داشت (جدول ۸) این امر موجب شد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در تیمارهای با تعداد دانه بیشتر افزایش یابد.

شاخص برداشت: تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت گذاشت و با افزایش شدت تنش خشکی شاخص برداشت کاهش یافت، بیشترین شاخص برداشت به میزان ۳۹/۹ درصد متعلق به تیمار آبیاری مطلوب بود (جدول ۳). در این تحقیق، تنش خشکی عملکرد دانه را به میزان بیشتری نسبت به عملکرد ماده خشک کاهش داد که در نتیجه آن شاخص برداشت کاهش یافت. شاخص برداشت بیان‌کننده توزیع نسبی مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی و سایر مخازن موجود در گیاه می‌باشد. ستر (۱۹۹۰) اظهار داشت که کمبود آب از جمله عوامل محدودکننده رشد و نمو گیاه می‌باشد که علاوه بر کاهش ماده خشک تولیدی، موجب اختلال در تسهیم کربوهیدرات‌ها به دانه و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می‌شود. نتایج این تحقیق با یافته‌های کاکس و جولیف (۱۹۸۸) که گزارش دادند با کاهش آب مصرفی ماده خشک تولیدی نقصان می‌یابد ولی افت عملکرد دانه در پاسخ به کمبود آب بیش از کاهش عملکرد بیولوژیکی بود، مطابقت داشت. پاندی و همکاران (۲۰۰۰) نیز دلیل کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش شدید خشکی را حساسیت بیشتر رشد زایشی نسبت به شرایط نامطلوب در مقایسه با رشد رویشی تشخیص دادند.

تفاوت بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت به دست آمده در سطوح مختلف نیتروژن از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج به دست آمده نشان داد که در این تحقیق، کاربرد نیتروژن تغییری در شیوه توزیع مواد فتوسنتزی به وجود نیاورد و عملکرد دانه و ماده خشک را به نسبت یکسانی

افزایش داد. گزارش‌های مشابهی مبنی بر عدم تأثیر کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن بر شاخص برداشت ارائه گردیده است (حسن‌زاده، ۲۰۰۲؛ سینگ و همکاران، ۱۹۹۶). اثر سطوح مختلف تراکم نیز بر نظر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲).

با افزایش تراکم، شاخص برداشت به دلیل کاهش شدید توزیع آسیمیلات‌ها به دانه کاهش یافت، تراکم ۵/۵۵ بوته در مترمربع با میانگین ۴۰/۶ درصد و تراکم ۸/۳۳ بوته در مترمربع با میانگین ۳۶/۴ درصد به ترتیب از بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت برخوردار بودند (جدول ۳).

از آن جایی که بین اندام‌های رویشی و زایشی جهت دریافت مواد فتوسنتزی رقابت درون گیاهی وجود دارد با افزایش تراکم و افزایش رقابت میان گیاهان این رقابت داخلی نیز تشدید می‌شود و از این جهت که مخازن زایشی دیرتر از مخازن رویشی به وجود می‌آیند، معمولاً اثرات سوء ناشی از رقابت در درجه نخست بر مخازن زایشی (اقتصادی) اثر گذاشته و در شرایط رقابت شدید ممکن است موجب نازایی تعدادی از اندام‌های زایشی گردد. دانکن (۱۹۸۵) گزارش نمود که در تراکم‌های بالای بوته، اگرچه شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک افزایش می‌یابد اما به دلیل ایجاد رقابت بین گیاهان از مقدار شاخص برداشت کاسته می‌شود. گزارش‌های دیگری در خصوص کاهش شاخص برداشت در نتیجه افزایش تراکم بوته ارائه گردیده است که نتایج به دست آمده در این تحقیق را تأیید می‌نماید (صادق‌زاده‌حمایتی، ۲۰۰۰). اثر سایر تیمارهای مورد مطالعه در این آزمایش بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتیجه‌گیری

سطوح مختلف تنش کمبود آب اثرات متفاوتی را در روی گیاه گذاشت. از اهم نتایج به دست آمده در مورد اعمال تنش کمبود آب می‌توان به کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در هر طبق، قطر طبق، درصد مغز به کل دانه، وزن هزاردانه و شاخص برداشت در تنش شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب اشاره کرد. با افزایش کود نیتروژن نیز از ۱۰۰ به ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار تمامی صفات فوق افزایش معنی‌داری یافتند ولی درصد مغز به کل دانه کاهش معنی‌داری پیدا کرد. با افزایش تراکم نیز صفات شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و بیولوژیک و درصد مغز به کل دانه افزایش یافت ولی با افزایش تراکم از ۵/۵۵ به ۸/۳۳ بوته در هکتار صفات محتوای نسبی آب برگ، تعداد دانه در هر طبق، قطر طبق، وزن هزاردانه و شاخص برداشت کاهش معنی‌داری پیدا کردند.

جدول ۸- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه.

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱- عملکرد دانه	۱											
۲- شاخص سطح برگ	۰/۶۸**	۱										
۳- محتوای نسبی آب برگ	۰/۷۷**	۰/۹۰**	۱									
۴- عملکرد بیولوژیکی	۰/۹۵**	۰/۶۸**	۰/۵۰**	۱								
۵- تعداد دانه در هر طبق	۰/۹۱**	۰/۴۸**	۰/۸۱**	۰/۸۲**	۱							
۶- قطر طبق	۰/۹۱**	۰/۹۴**	۰/۹۱**	۰/۵۹**	۰/۵۳**	۱						
۷- درصد مغز به کل دانه	۰/۵۵**	۰/۵۲**	۰/۴۷**	۰/۴۲**	۰/۷۲**	۰/۷۳**	۱					
۸- شاخص برداشت	۰/۳۳**	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۶۹**	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۴۸**	۰/۵۰**	۰/۲۲*	۱				
۹- وزن هزار دانه	۰/۶۸**	۰/۲۱*	۰/۸۹**	۰/۵۵**	۰/۸۲**	۰/۷۵**	۰/۲۱*	۰/۶۰**	۱			
۱۰- تنش خشکی	-۰/۴۰**	-۰/۴۳**	-۰/۱۴ ^{ns}	-۰/۶۶**	-۰/۲۹**	-۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	-۰/۵۸**	۰/۰۵ ^{ns}	۱		
۱۱- کبود	۰/۸۵**	۰/۶۰**	۰/۳۷**	۰/۹۵**	۰/۷۱**	۰/۲۵*	۰/۴۳**	-۰/۱۵ ^{ns}	۰/۴۳**	۰/۶۹**	۱	
۱۲- تراکم	۰/۸۷**	۰/۶۷**	۰/۵۰**	۰/۸۵**	-۰/۱۷ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۵۹**	۰/۲۷**	۰/۵۳**	۰/۳۳**	۰/۶۹**	۱

^{ns} اختلاف غیرمعنی دار، * اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

اثرات متقابل آبیاری در نیتروژن نیز نشان داد که با افزایش نیتروژن شاخص سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ افزایش ولی درصد مغز به کل دانه کاهش یافت. اثرات متقابل آبیاری در تراکم نشان داد که در آبیاری مطلوب با افزایش تراکم بوته عملکرد دانه و بیولوژیک افزایش یافت ولی در تنش شدید خشکی بیشترین عملکرد دانه از پایین‌ترین تراکم (۵/۵۵ بوته در مترمربع) به دست آمد. همچنین در هر سطح تنش خشکی با کاهش تراکم بوته تعداد دانه در هر طبق افزایش یافت. اثر متقابل نیتروژن در تراکم نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ از بالاترین سطح کودی و بالاترین سطح تراکم (۸/۳۳×۲۲۰) به دست آمد. بیشترین تعداد دانه در هر طبق از بالاترین سطح کود (۲۲۰ کیلوگرم در هکتار) و پایین‌ترین سطح کودی (۵/۵۵) به دست آمد. در اثرات متقابل آبیاری × نیتروژن × تراکم، بیشترین تعداد دانه در هر طبق از آبیاری مطلوب و بالاترین سطح کودی (۲۲۰ کیلوگرم در هکتار) و پایین‌ترین سطح تراکم (۵/۵۵ بوته در مترمربع) به دست آمد. بنابراین در شرایط آبیاری مطلوب جهت کشت آفتابگردان رقم ایروفلور تیمار کودی ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم ۸/۳۳ بوته در مترمربع و در شرایط تنش خشکی تیمار کودی ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم ۵/۵۵ بوته در مترمربع پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. Alizade, A. 1995. Increase of plants yield. Mashhad. JDM Press, 300p. (Translation in Persian).
2. Alizade, A. 2005. Investigation the effect nitrogen different amounts of nitrogen and Drought stress in growth different stages on physiologic traits, yield and Yield component and uptake range of nutrition in zea maize. Ahwaz. Thesis of doctoral Agronomy, 246p.
3. Allison, J.C.S., and Haslam. R.J. 1993. Theoretical assessment of potential for increasing productivity of sugarcane through increased nitrogen fertilization. Proc. South African Sugar Technol. Assoc. Pp: 57-59.
4. Ariy, J.M. 1987. Corn and corn improvement. Academic Press Inc. New York, 721p.
5. Banziger, M., Edmeades, G.O., and Lafitte, H.R. 2002. Physiological mechanisms contributing to the increased N stress tolerance of tropical maize selected for drought tolerance. Field Crops Res. 75: 2-3. 223-233.
6. Blum. A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press. Boca Raton. USA.

- 7.Bohrani, M., and Seyade, A. 2005. Effect of plant density and way of usage of nitrogen fertilizer on grain yield and yield component. Gorgon, Journal of Agri. SCI. & Natures. Resour. 30: 128-135.
- 8.Connor, D.J., Hall, A.J., and Sadras, V.O. 1993. Effect of nitrogen content on the photosynthesis characteristics of sunflower leaves. Aust. J. Plant Physiol. 20: 251-263.
- 9.Cosculleola, F., and Fact, J.M. 1992. Determination of the (*Zea mays L.*) yield function in respect to water using a line source sprink. Field Crop. Abst. 93: 5611.
- 10.Cox, E., and Julliff, G.D. 1988. Growth and yield of sunflower and soybean under soil deficits. Agron. J. 78: 226-230.
- 11.Daneshian, J., Jabare, H., and Farokhe, A. 2006. The effect of drought stress and Plant density on grain yield and Agronomic traits of sunflower in second plant. Iran. Tehran. The ninth congress agronomy and inbreeding, 500p.
- 12.Daneshian, J., Ardakani, M.R., and Habibi, D. 2005. Drought stress effects on yield, quantitative characteristics of new sunflower hybrids. The 2nd international conference on integrated approaches to sustain and improve plant population under drought stress. Roma, Italy, 406p.
- 13.Duncan, W.G. 1985. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. Agron. J. 24: 1141-1145.
- 14.Emam, Y., and Ranjbar, G. 2000. Effect of Plant density and drought stress in stage of vegetable growth on yield and yield component and water use Efficiency in maize. Iran Journal of Agri. Sci. 2: 3. 510-562.
- 15.FAO. 1986-2001. Food and Agriculture Organization of the United nations. Quaterly bulletin of statistics. Rome, Italy.
- 16.Fathi, G., Donald, G.K.Mc., and Lance, R.C.M. 1997. Effects of post-anthesis water stress on the yield and grain protein concentration of barley grown at two levels of nitrogen Australian journal of Agricultural Reserch, 48: 67-80.
- 17.Gafaripoor, A. 2004. The effects of water efficiency on yield and Traits of quantity and quality in new hybrids on sunflower. M.Sc. Thesis. University of Azad of Karaj, 140p.
- 18.Gardner, F.P., Piers, R.B., and Michel, R.L. 1994. Agronomy plant physiology Mashhad. JDM Press, 467p. (Translation in Persian).
- 19.Gholinezhad, A., Tobae, A., hassanzade, A., and Asgari, A. 2006. The effect of plant pattern on yield and yield component of sunflower Var. (*Azargol*) Thesis M.Sc. 103p.
- 20.Gubbels, G.H., and Dedio, W. 1999. Effect of plant density and soil fertility on oil seed sunflower genotypes. Can. J. Pl. Sci. 66: 3. 521-527.
- 21.Haji hasani-asl, N., Roshdi, M., Gafare, M., Alizade, A., and Moradeaghdam, A. 2007. The effect of drought stress and deflation on Agronomic traits, yield And yield component on sunflower. The second congress of Agriculture. University of Khoy, 10p.

22. Halaji, H. 2004. The effects of water efficiency and plant density on yield and yield component Var (*Azargol*) in sunflower. M.Sc. Thesis. University of Azad of Brojerd, 150p.
23. Hasanzade, A. 2002. The effect of different amounts of Nitrogen fertilizer on yield and yield component and grain oil of sunflower. *Uremia. Agri. Sci. Research*, 2: 1. 25-33.
24. Hashemi-Dezfouli, A., and Herbert, S.J. 1992. Effect of leaf orientation and density on yield of corn. *Iran Agric. Res.* 11: 89-104.
25. Jafarzade Bilvare, B.M., Khodabande, N., Gafare, M., Daneshian, J., and Azimi, B. 2006. Investigation of effect irrigation cycle and plant Ways on traits of two Var. Sunflower. Iran. Tehran. The ninth Congress of Agronomy and Inbreeding, 57p.
26. Jafarzade kanarsari, M., and Pustini, K. 1997. Investigation of effect draught Stress in growth different stages and irrigation effect on quality and yield Component of sun flower. University of Tehran. M.Sc. Thesis, 160p.
27. Jafari, F., Hal age, H.A., Yarnia, M., Aliare, H., and Valizade, M. 2006. Investigati on of plant density on yield, morphologic and phonologic traits of sunflower (Var. *Azargol*).Iran. Tehran The ninth of congress of Agronomy and in breeding, 5p.
28. Jasso de Rodriguez, D., Phillips, B.S., Rodrigues-Garcia, R., and Angulo Sanchez, J.L. 2002. Grain Yield and fatty acid composition of sunflower seed for cultivars developed under dry land conditions. *Agron*, 25: 132-142.
29. Khalifa, F.M. 1984. Effects of spacing on growth and yield of sunflower under two systems of dry-farming in sudan. *J. of Agri. Sci.* 103. 213-222.
30. Liang, B.C., Millard, M.R., and Mackenzie, A.F. 1992. Effects of hybrid, population densities, fertilization and irrigation on grain corn (*Zea mays U*) in Quebec. *Can. J. Plant Sci.* 72: 1163-1170.
31. Majid, H.R., and Schneiter, A.A. 1987. Yield and quality of semidwarf and standard-height sunflower hybrids grown at five plant populations. *Agron. J.* 79: 681-684.
32. Malakoti, M.J., and Homaei, M. 2003. Prodouctivity of soils in Dry and semidry Area, problems and Solutions. Modares University of Tarbiat Press, 494p.
33. Martin, D.L., Watts, D.G., Mielke, L.N., Frank, K.D., and Eisen-Hauer, D.E. 1992. Evolution of nitrogen and irrigation management for corn production using water high in nitrate. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 49: 1056-1062.
34. Mazaheri, D. 1994. Inter cropping Agronomy. Tehran University Publications. 262p.
35. Mishra, A., Dash, P., and Paikaray, R.K. 1995. Yield and nutrient uptake by winter sunflower (*Helianthus annuus*) as influenced by nitrogen and phosphorus. *Indian Journal of Agronomy*, 40: 137-138.

36. Moradiagdam, A., Daneshian, J., Roshdi, M., and Gafari, M. 2006. Investigation of effect water stress and plant density on Agronomy traits and growth Index in Sunflower. Khorosgan University Thesis of M.Sc. 160p.
37. Moshrefi, M., Mazaheri, D., Madani, H., and Darvishi, D. 2006. Investigation of Effect of plant data and nitrogen different levels on yield and yield component in sunflower in Kerman condition. Iran. Tehran. The ninth congress of Agronomy and inbreeding, 183p.
38. Naderi, A. 1999. The effect of plant row distance and plant density on Agronomy Traits, yield and yield component in sunflower var. Record in Khuzestan Condition Journal of seed and sapling, 15: 4. 25-32
39. Pandey, R.K., Marienville, J.W., and Adum, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment. I. Grain yield components. Agric. Water Management, 46: 1-13.
40. Rashidi, S. 2005. Investigation of drought stress in growth defend stages and Different levels of nitrogen on yield and yield component zea maize var. TC6474. Thesis of M.Sc. Agronomy. Khuzestan, 151p.
41. Ravishankar, K.V., Shankar, R.V., and Kumar, M.V. 1990. Relative stability of seed and kernel oil content under moisture stress in sunflower evolutionary adaption or physiologically constrained. Indian J. plant physiol. 9: 4. 437-448.
42. Roshde, M., Haydarisharifabad, H., and Normoh amade, G. 2005a. Investigation of effects of drought stress on physiological and Biochemical aspects var. of sunflower oily. Thesis of doctoral Agronomy. University of Tehran.
43. Roshdi, M., Rezaadost, S., and Zainalzade, A. 2005b. A survey on the effect of different levels of irrigation features on the qualitative and quantitative varieties of sunflower.
44. Sadeghzade hemayati, F. 2000. Determining of suitable plant density and Investigation of possible Intercropping Zea Maize. Thesis of M.Sc. 124p.
45. Safari, M. 2006. The effects of irrigation cycle on yield and yield component of Sunflower .Iran .Tehran .The Ninth congress of Agronomy and Inbreeding, 134p.
46. Sakinezhad, T. 2003. Study of water stress on uptake of N, P, K and Na in growth Different stages and Inor phological and physiological traits of Zea Maize. Ahwaz Thesis of doctoral Agronomy, 200p.
47. Sarmah, P.C., Katyal, S.K., and Bhola, A.L. 1994. Nutrient and quality of spring sunflower (*Helianthus annuus*) cultivars to fertility level and plant population. Indian Journal of Agronomy, 39: 76-78.
48. Setter, T.L. 1990. Transport / harvest index: Photosynthetic partitioning in stressed plants. P 17-36. Stress responses in plant: Adaptation and accumulation mechanism. Wiley-Liss, Inc. New York. 14853p.
49. Singh, G.R., Choudhary, K.K., Chaure, N.K., and Pandya, K.S. 1996. Effect of seed bacterization and nitrogen level on soil properties, yield parameters, yield and economic of sunflower (*Helianthus annuus*). Indian Journal of Agricultural Science, 66: 250-252.

50. Singh, V., Sharma, S.K., Verma, B.I., and Singh, V. 1995. Response of rainy season sunflower (*Helianthus annuus*) to irrigation and nitrogen under north western Rajasthan. Indian Journal of Agronomy, 40: 239-242.
51. Tayzer, L., and Zinger, E. 1999. Plant Physiology. Mashhad. JDM Press, 456p. (Translated in Persian).
52. Tiyar, I.D., and Pit, M.M. 1994. Related of water and soil in Agronomy plant. Mashhad. JDM Press, 560p.
53. Uhart, S.A., and Andrade, F.H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. Crop Sci. 35: 1384-1389.
54. Valinezhad, H., Khajehpoor, R., and Gafari, M. 2004. Investigation the effect water Stress on Agronomy traits and growth Index in sunflower. Takes tan university. Thesis of M.Sc. Agronomy, 150p.
55. Westgate, M.E. 1994. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. Crop Sci. 34: 76-83.
56. Zaffaroni, E., and Schneiter, A.A. 1991. Sunflower production as influenced by plant type, plant population, and row arrangement. Agron. J. 63: 113-118.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 16(3), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Evaluation of Effective Drought Stress on Yield, Yield components and harvest index of Sunflower Hybrid Iroflor at Different Levels of Nitrogen and Plant Population in Urmieh Climate Conditions

***E. Gholinejad¹, A. Aeenehband², A. Hasanzade Ghorttappe³,
I. Barnoosi⁴ and H. Rezaei⁵**

¹Instructor, Payame Noor University of Western Azarbijan, Tazehshahr Center,

²Ph.D. Student, Dept. of Agronomy, Ahwaz Research and Sciences Azad University,

³Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Ahwaz Chamran,

⁴Assistant Prof., Center of Research of Agriculture and Natural Resource of Western Azerbaijan,

⁵Assistant Prof., Dept. of Irrigation, University of Urmia

Abstract

This research was conducted to study the effects of water deficiency stress, nitrogen application rates, and plant population on Water Use Efficiency and Nitrogen of oily sunflower in 2007-2008 Agriculture and Research center of West-Azerbaijan. The study was consisted split-split-plot experiments using Randomized Complete Block Design with 3 replications. The factor main was consisted irrigation treatment including optimum irrigation, moderate stress and sever stress where irrigation was done after depletion of 50%, 70% and 90% of field capacity, respectively. Three nitrogen levels consisting of 100, 160 and 220 Kg N ha⁻¹ were considered as sub plots and sub-sub plots consisted of three plant population of 5.55, 6.66 and 8.33 plant m⁻². The results indicated that water deficiency stress, nitrogen and plant population on grain and biological yields, seeds per head, head diameter, kernel percentage to seed, 1000 grain weight, plant grain yield and harvest index were significant. The maximum grain yield (4200 kg/ha) was related to optimum irrigation treatment. Severe drought stress reduced the grain yield by 44% compared to the optimum irrigation condition. Grain yield increased with nitrogen application rate. The response of grain yield to increase in plant population was positive. All yield components were responded to the changes in plant population. The harvest index decreased with increasing severe drought stress and plant population. According to this research derived results application of 220 kg N ha⁻¹ and plant population increase in optimum conditions and moderate drought stress is recommended for suitable yield, although nitrogen consumption and plant population increase has a little impact on grain yield in severe drought stress conditions.

Keywords: Sunflower, Drought stress, Nitrogen, Plant population, Yield

* Corresponding Author; Email: gholinezhad_1354@yahoo.com