

تأثیر رژیم آبیاری بر کارایی مصرف آب و نیتروژن آفتابگردان رقم ایروفلور در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته در شرایط آب و هوایی ارومیه

اسماعیل قلی‌نژاد^۱، امیر آیینه‌بند^۲، عبدالله حسن‌زاده قورت‌تپه^۳، قربان نورمحمدی^۴ و ایرج برنوسی^۵

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۱۵

۱- مربی دانشگاه پیام نور، استان آذربایجان غربی

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه چمران اهواز

۳- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی

۴- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

۵- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبه gholinezhad1358@yahoo.com

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثرات رژیم آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته بر کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن آفتابگردان روغنی (*Helianthus annuus*) رقم ایروفلور در سال‌های 1386 و 1387 در مزرعه تحقیقاتی ارومیه به صورت کرت‌های دو بارخرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری مطلوب (I_1)، تنش ملایم (I_2) و تنش شدید (I_3) به ترتیب آبیاری پس از تخلیه 50، 70 و 90 درصد آب قابل استفاده خاک بود. فاکتور فرعی در سه سطح نیتروژن 100، 160 و 220 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و تراکم بوته به عنوان تیمار فرعی در سه سطح 5/55، 6/66 و 8/33 گیاه در هر مترمربع بودند. تنش خشکی شدید در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب باعث کاهش عملکرد دانه به میزان تقریبی 44 درصد گردید. افزایش نیتروژن مصرفی موجب افزایش عملکرد دانه شد. با کاهش فواصل آبیاری، کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب افزایش یافت. افزایش مصرف نیتروژن از طریق بالا بردن عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی، کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب را افزایش داد. ارتقای مصرف نیتروژن از 100 به 220 کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف این عنصر را 8/89 کیلوگرم در هکتار کاهش داد. بنابراین جهت حصول حداکثر کارایی اقتصادی مصرف آب بکار بردن 220 کیلوگرم نیتروژن در هکتار با فاصله بوته 20 سانتیمتر مناسب می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان داد که در شرایط مختلف رطوبتی، جهت افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن، لازم است حد متعادلی میان مصرف نیتروژن و تراکم بوته با فراهمی آب در خاک ایجاد کرد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، ایروفلور، تنش خشکی، تراکم بوته، کارایی مصرف آب، نیتروژن

Effect of Irrigation Regime on Water and Nitrogen Use Efficiency in Sunflower at Various Levels of N-Application and Plant Density Under Urmia Climate Conditions

E Gholinezhad^{1*}, A Ayenehband², A Hassanzadeh Ghourt tapeh³, Gh Noormohammadi⁴ and I Bernousi⁵

Received: 11 February 2008

Accepted: 15 February 2009

¹Lecturer, University of Payam Noor West Azarbaijan, Iran

²Assist. Prof., Dept. of Agron. and Crop Breeding University of Chamran Ahwaz, Iran

³Assist. Prof., Agriculture and Research Center of West Azarbaijan, Iran

⁴Prof., Science and Research unit, Islamic Azad University, Iran

⁵Assist. Prof., Dept. of Agron. and Crop Breeding Urmia University, Iran

*Corresponding author: gholinezhad1358@yahoo.com

Abstract

This research was conducted to study the effects of water deficit stress, nitrogen application rates, and Planting density on economic and biologic water use efficiency and nitrogen use efficiency of oily sunflower at Agricultural Research Center of West-Azerbaijan during 2007-2008. The study consisted of split-split-plot experiments using randomized complete block design with 3 replications. The main factor consisted of irrigation treatment including optimum irrigation, moderate stress and severe 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 density of 5.55, 6.66 and 8.33 plant m⁻². Severe drought stress reduced the grain yield by 44% compared to the optimum irrigation condition. Grain yield increased with nitrogen application rate. Reducing irrigation intervals improved economical and biological water use efficiencies. Increasing nitrogen application rate improved economical and biological water use efficiencies mainly due to increased grain and biological yields. By increasing nitrogen consumption from 100 to 220 kg/ha, nitrogen use efficiency declined 8/89 kg/ha. Results of this study indicated that nitrogen application rate and density for improving nitrogen and water use efficiency should be adjusted accordingly with the availability of water in the soil.

Keywords: Drought stress, Nitrogen and water use efficiency, Plant population, Sunflower

مقدمه

داشته باشد (آیکن ۲۰۰۵) تنش خشکی یکی از مهمترین و رایج ترین تنش های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید در مناطق

آفتابگردان با داشتن حدود ۴۰-۵۰ درصد روغن با کیفیت مطلوب، می تواند به عنوان یک گیاه زراعی مطمئن در دامنه وسیعی از شرایط محیطی، عملکرد قابل توجهی

همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که قابلیت دسترسی به نیتروژن و جذب آن متأثر از فراهمی آب است به طوری که در شرایط تنش خشکی میزان بیشتری نیتروژن در خاک باقی می ماند. کاویگیلا و سادراس (۲۰۰۱) گزارش دادند که با افزایش نیتروژن، کارایی مصرف آب افزایش یافت. یکی از راههای سنجش بهره وری کودها به ویژه نیتروژن بررسی کارآیی زراعی است که از طریق عملکرد در کرت کود داده شده منهای عملکرد در کرت شاهد تقسیم بر کود به کار برده شده محاسبه می شود این نسبت نشان دهنده افزایش عملکرد به ازای افزایش هر واحد نهاده می باشد. در این راستا تغذیه بهینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با روش صحیح تغذیه گیاه می توان با حفاظت از محیط زیست، جلوگیری از کاهش کیفیت آبها، کاهش فرسایش خاکها، کارایی نهاده-ها را افزایش داد (بچمپ ۱۹۸۶). دلبرت و یولتر (۱۹۸۹) اظهار داشتند که سطوح مختلف مواد غذایی در خاک و عملیات مختلف زراعی و نوع هیبرید بر روی جذب نیتروژن توسط آفتابگردان تاثیر می گذارد. حسن زاده و همکاران (۱۳۸۷) گزارش دادند که با افزایش کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم N در هکتار عملکرد دانه افزایش معنی داری پیدا کرد. محققان بسیاری بر این باورند که یکی از عوامل رشد و نمو در گیاهان، میزان آب مصرفی است و وجود آن برای ادامه رشد گیاهان ضرورت دارد ولی زیاد و کم بودن آن در هر مرحله از رشد ممکن است برای گیاهان زیان آور باشد (سالیوان و همکاران ۲۰۰۱). متوسط تراکم بوته یکی دیگر از عوامل مهمی است که رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار می دهد (سینگ و همکاران ۱۹۹۶). میرشکاری و همکاران (۱۳۸۰) نشان دادند که با کاهش تراکم بوته عملکرد دانه و نسبت پوست به وزن کل دانه کاهش و وزن هزاردانه و درصد پوکی دانه افزایش می یابد. زافارونی و شنیتزر (۱۹۹۱) نیز افزایش کارآیی مصرف آب را با افزایش تراکم از ۳۵ هزار به ۶۵ هزار بوته در هکتار به دلیل کاهش تبخیر گزارش نمودند. چوگان (۱۳۷۱) با بررسی سه فاصله خطوط ۶۰، ۷۵ و ۹۰ سانتی متر و سه فاصله

نیمه خشک و دیم را کاهش داده است (شفازاده و همکاران ۱۳۸۳). مجدم و همکاران (۱۳۸۶) نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی دار عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد می گردد و افزایش کود نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی عملکرد دانه و بیولوژیک را به طور معنی داری افزایش می دهد. محققان پنج راهکار کلی برای بهبود کارایی مصرف آب پیشنهاد نموده اند، این راهکارها شامل اصلاحات بیوشیمیایی در پدیده فتوسنتز، کنترل فیزیولوژیکی روزنه، بهبود شاخص برداشت، تغییر میکروکلیمای محصول و افزایش سهم آب مصرفی در تعرق از کل آب تلف شده در طول دوره رشد می باشند (هاشمی نیا ۱۳۸۳). رشدی و همکاران (۱۳۸۵) نشان دادند که تنش خشکی عملکرد دانه و اجزای عملکرد را کاهش داد. به طور کلی در شرایطی که مقدار رطوبت خاک در حد رطوبت ظرفیت مزرعه ای باشد عملکرد اغلب گیاهان زراعی افزایش می یابد (پازکی ۱۳۷۹). پژوهشگران زیادی نظیر آلن و میوزیک (۱۹۹۳) و سپاسخواه و کامگار حقیقی (۱۹۹۷) افزایش کارایی مصرف آب را در نتیجه تنش خشکی گزارش کرده اند. این محققین علت این امر را دلایل متعددی از جمله هدر رفتن آب از طریق تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی بیشتر در تیمارهای آبیاری کامل دانسته اند. بارار و گریک (۱۹۹۶) نشان دادند که بروز تنش خشکی پیش از گلدهی سبب کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش کارایی مصرف آب شد. متوسط افزایش کارایی کود نیتروژن در زراعت یکی از مهم ترین راهکارهای کنترل آلودگی محیط زیست و افزایش بهره اقتصادی محسوب می گردد (لک و همکاران ۱۳۸۵). گودرود و جلوم (۱۹۸۸) اظهار داشتند که کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن عملکرد دانه، میزان جذب نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن را تحت تاثیر قرار داد. این محققان همچنین کارایی مصرف نیتروژن بیشتر در تراکم بالاتر را گزارش کردند. حمیدی و دباغ محمدی نسب (۱۳۷۹) گزارش کردند که افزایش تراکم باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن گردید. کوربیلز و

بارخرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تیمار آبیاری با سه سطح آبیاری (I_1 ، I_2 و I_3) به ترتیب پس از تخلیه ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد آب قابل استفاده بود. تا مرحله ۷ تا ۸ برگی (مرحله V_7 تا V_8) آبیاری ها پس از تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده در همه تیمارها انجام و از این مرحله به بعد تا ۱۰ روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیک گیاه (مرحله R_8) تیمارهای آبیاری دقیقاً اعمال گردید. در این آزمایش رطوبت مزرعه ای خاک ۲۶ و نقطه پژمردگی دائم ۱۴ درصد وزنی تعیین شد. جهت تعیین دقیق زمان آبیاری در هر تیمار با گذشت ۴۸ ساعت 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 زیر حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه شد (علیزاده ۱۳۷۴):

$$V = \frac{(FC - q_m) \times P_b \times D_{Root} \times A}{E_i} \quad [1]$$

V : حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب

FC : درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت مزرعه

θ_m : درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری

P_b : وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)

A : مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع

D_{Root} : عمق توسعه ریشه بر حسب متر

بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز در هر مرتبه آبیاری در هر تیمار برای هر خط کاشت محاسبه و بر اساس کارایی توزیع آب ۹۰ درصد با استفاده از فلووم و کورنومتر به صورت یکنواخت توزیع گردید.

فاکتور فرعی شامل سه مقدار نیتروژن N_1 ، N_2 و N_3 به ترتیب برابر ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن

بوته ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتیمتر روی رشد آفتابگردان دیم در گرگان به این نتیجه رسید که تراکم مناسب بوته، فاصله خطوط کاشت ۷۵ سانتی متر در فاصله بوته ۳۰ سانتیمتر است که بالاترین عملکرد دانه به میزان ۲/۱۸ تن در هکتار از این تراکم بوته به دست آمد. زمانیان (۱۳۸۱) نشان داد که با افزایش تعداد بوته در واحد سطح بین گیاهان رقابت پیش می‌آید و به تغییرات مورفولوژیکی در گیاهان منجر می‌شود. میرزائی نهر و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند که با افزایش تراکم بوته عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن در واحد سطح افزایش یافتند ولی تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در طبق، عملکرد روغن در طبق و عملکرد بیولوژیک تک بوته به علت افزایش رقابت بین بوته‌ها کاهش پیدا کردند. هدف از این پژوهش بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری در سه تراکم و سه مقدار متفاوت نیتروژن بر راندمان اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال ۱۳۸۶ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی ساعتلوی ارومیه 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 استان آذربایجان غربی انجام شد. میانگین سی ساله نزولات آسمانی ۳۹۰ میلی‌متر، میانگین دمای سی ساله ۱۱/۳ درجه سانتیگراد و میانگین رطوبت نسبی سی ساله ۷۵٪ می‌باشد. خاک محل آزمایش لوم سیلتی رسی با وزن مخصوص ظاهری ۱/۰۹ گرم بر سانتی مترمکعب، هدایت الکتریکی ۰/۸ و pH برابر ۸ است (جدول ۱).

این آزمایش به منظور بررسی اثرات تنش کمبود آب، مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته بر کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن، درصد نیتروژن دانه و عملکرد نیتروژن آفتابگردان روغنی رقم ایروفولور به صورت کرت‌های دو

متر از ابتدا و انتهای هر ردیف برداشت انجام نشد. جهت تعیین رطوبت وزنی خاک در شرایط ظرفیت مزرعه از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک از هر کرت آزمایشی نمونه برداری شد. هر نمونه پس از عبور از الک دو میلیمتری در حلقه های لاستیکی مخصوص ریخته شد و پس از آنکه با اضافه کردن آب مقطر به حالت اشباع در آمد در داخل دستگاه صفحه فشار قرار گرفت و تحت مکش ۰/۳ اتمسفر و سپس جهت مشخص شدن نقطه پژمردگی دایم تحت مکش ۱۵ اتمسفر قرار گرفت در انتهای مرحله نمونه ها در آون ۱۰۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و درصد رطوبت وزنی آنها در شرایط ظرفیت مزرعه محاسبه 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. اندازه گیری های نهایی نیز از این نمونه ها انجام شد. جهت اندازه گیری عملکرد دانه دانه ها از طبق جدا و وزن شدند. جهت تعیین درصد رطوبت اندام های مختلف و دانه و محاسبه عملکرد ماده خشک کل و دانه، نمونه های تصادفی از محصول بخش-های مختلف و دانه از هر کرت برداشت گردیده و در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و با توجه به وزن اولیه اندام ها و دانه، عملکرد ماده خشک کل و عملکرد دانه بر اساس وزن خشک آنها تصحیح شد. در پایان از مدل آماری آزمایشی کرت های دو بار خرد شده بر اساس طرح بلوک های کامل تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار رایانه ای SAS و رسم نمودارها با استفاده از Excel انجام و مقایسه میانگین ها نیز توسط آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت پذیرفت. همچنین برای هر تیمار کرت شاهد (بدون مصرف کود) کشت شده بود که عملکرد هر تیمار شاهد به طور جداگانه محاسبه و در فرمول مربوطه وارد گردید. کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب با استفاده از روابط زیر (علیزاده ۱۳۷۴ و هاشمی دزفولی ۱۳۷۳) محاسبه شدند.

در هکتار از منبع کودی اوره (میزان بهینه مصرف کودی این رقم ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار می باشد) و فاصله بوته ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتیمتر به عنوان تیمار فرعی فرعی بودند که به طور تصادفی در کرت-های اصلی و فرعی و فرعی - فرعی قرار داده شدند. هر کرت فرعی دارای ۷ خط کاشت هرکدام به طول ۴ متر و به فاصله ۶۰ سانتی متر از یکدیگر بود. فاصله کرت های فرعی از هم به صورت یک خط نکاشت و فاصله میان هر دو کرت اصلی ۱۸۰ سانتی متر به صورت سه خط نکاشت در نظر گرفته شد. مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات منگنز و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی بر اساس آزمون تجزیه خاک به طور یکنواخت در سطح مزرعه پخش و شیارها زده شد (جدول ۱). کاشت در ۹ خرداد ۱۳۸۶ با دست و به طریقه هیرم کاری در محل داغ آب انجام شد. بذر مورد استفاده هیبرید ایروفلور بود که دارای پتانسیل عملکرد بسیار بالا، قدرت جوانه زدن سریع، سیکل رشد منظم، مقاومت زیاد به خوابیدگی و سازگاری بسیار خوب به شرایط گرم و خشک می باشد این رقم از تیپ سینگل کراس و گروه بلوغ میان رس بوده و در سال ۱۹۸۸ در فرانسه به ثبت رسیده است (بی نام ۱۳۸۶). بذر 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 (مرحله V₄-V₅) انجام گرفت. وجین علف های هرز به صورت دستی در دو مرحله، ۲۰ و ۴۰ روز بعد از کاشت انجام شد. بیماری و آفت خاصی در مزرعه مشاهده نشد. کود نیتروژن نیز به صورت سرک به هنگام آبیاری هر تیمار در دو مرحله ۷-۸ برگی (مرحله V₄-V₅) و زمان غنچه دهی (R₁) در زمین پاشیده شد. هنگامی که پشت طبق در ۹۰٪ بوته ها به رنگ زرد مایل به قهوه ای درآمد (R₇) که در این مرحله بذور ۲۰٪ رطوبت داشتند برداشت نهایی انجام گرفت اندازه گیری رطوبت از طریق نمونه گیری و توزین نمونه ها و با استفاده از آون انجام گرفت برای حذف اثر حاشیه، از ردیف های کناری و نیم

این وضعیت ناشی از کاهش جذب و افزایش هدر روی نیتروژن در شرایط کمبود آب در خاک بود. گزارشات مارتین و همکاران (۱۹۸۲) نتایج به دست آمده در این تحقیق مبنی بر کاهش کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تنش خشکی را تایید می نماید. افزایش تعداد بوته در واحد سطح با افزایش قابل ملاحظه عملکرد دانه (افزایش ۳۸۳ کیلوگرم در هکتار) همراه بود (جدول ۳). پژوهشگران زیادی به افزایش عملکرد دانه در اثر افزایش تراکم گیاهی اشاره نموده‌اند (امام و رنجبر ۱۳۷۹، امام و تدین ۱۳۷۸). بیشترین عملکرد دانه به میزان ۴۶۲۸/۷ کیلوگرم در هکتار از بالاترین تراکم در تیمار آبیاری مطلوب به دست آمد (جدول ۴) ولی در تنش خشکی ملایم و شدید با افزایش تراکم عملکرد زیاد نبود این نتایج نشان داد که استفاده از تراکم‌های بالا تنها در شرایط مطلوب می تواند مفید باشد. 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 موثر بود، نیتروژن مازاد بدون استفاده باقی ماند و از دسترس گیاه خارج گردید. بین عملکرد دانه با صفات عملکرد بیولوژیکی، کارایی اقتصادی مصرف آب، کارایی بیولوژیکی آب، کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد نیتروژن همبستگی مثبت معنی داری وجود داشت (جدول ۶).

عملکرد بیولوژیکی

تاثیر کمبود آب، مصرف نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیکی که نشان دهنده ماده خشک تجمع یافته در اندام هوایی در زمان برداشت است، معنی دار بود (جدول ۲). به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش معنی داری در عملکرد بیولوژیکی مشاهده شد در تیمار آبیاری مطلوب با افزایش تراکم بوته عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت.

$$WUE = \frac{Y}{V} \quad [2]$$

WUE^1 : تولید دانه (کیلوگرم بر مترمکعب)

Y : عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

V : کل حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)

$$WUBE = \frac{Y}{V} \quad [3]$$

$WUBE^2$: تولید کل ماده خشک (کیلوگرم بر متر مکعب)

Y : عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)

V : کل حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)

جهت محاسبه کارایی مصرف و درصد و عملکرد نیتروژن از روابط پیشنهادی فاجریا (۱۳۷۴) استفاده شد:

$$NUE = \frac{Y}{N} \quad [4]$$

NUE^3 : کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)

Y : عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

N : میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که تاثیر تنش خشکی، نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش شدت تنش خشکی (افزایش از ۷۰ به ۹۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت مزرعه) عملکرد دانه کاهش یافت. خماری و همکاران (۱۳۸۶) نشان دادند که عملکرد دانه در شرایط آبیاری محدود را می توان به کاهش طول دوره رشد و پر شدن دانه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و افزایش درصد پوکی طبق نسبت داد. افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه شد. مصرف مقادیر زیاد کود در شرایط آبیاری مطلوب، به صورت 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 می رسد

¹Water use efficiency

²Water use biological efficiency

³Nitrogen use efficiency

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

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

%

برهمکنش آبیاری و تراکم نشان داد که تیمار بیشترین تراکم در شرایط آبیاری مطلوب از برتری قابل ملاحظه- ای از لحاظ تولید ماده خشک در مقایسه با دیگر تیمارها برخوردار بود در حالی که در شرایط خشکی شدید، تغییر عملکرد بیولوژیک در اثر افزایش تراکم قابل ملاحظه نبود. کاهش عملکرد بیولوژیک 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 تک بوته جبران و عملکرد ماده خشک افزایش یافت ولی در شرایط خشکی شدید، کاهش شدید وزن خشک تک بوته‌ها جبران نشد و در نتیجه تفاوت میان عملکرد بیولوژیک در میان تراکمها معنی‌دار نگردید (جدول ۴)، بنابراین در زراعت آفتابگردان توصیه تراکم- های بالا تنها در شرایط مطلوب می‌تواند مفید باشد. مقایسات میانگین‌ها نشان داد که روند تغییرات عملکرد ماده خشک تحت تاثیر 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 بیولوژیک افزایش یافت. همبستگی بین عملکرد دانه و بیولوژیک مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). بین عملکرد بیولوژیک با صفات عملکرد دانه، کارایی اقتصادی مصرف آب، کارایی بیولوژیک آب، کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد نیتروژن همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶).

ولی در تیمار آبیاری سوم (تنش خشکی شدید) تفاوت معنی‌داری در سطوح مختلف تراکم بوته بین عملکرد بیولوژیک وجود نداشت (جدول ۴) این نتایج یافته‌های اسبورن و همکاران (۲۰۰۲) و سپهری و مدرس ثانوی (۱۳۸۱) مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی را تایید نمود. دلیل افزایش تولید کل ماده خشک در گیاهان تحت تیمار آبیاری مطلوب گسترش بیشتر و تداوم بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید و ستگیت و بویر (۱۹۸۶) در این زمینه گزارش دادند که تنش خشکی در زمان ظهور ابریشم و در اوایل یا اواسط پر شدن دانه، باعث کاهش وزن کل اندام‌های هوایی می‌شود. کاهش سطح نیتروژن مصرفی از ۲۲۰ به ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، عملکرد بیولوژیک را به طور متوسط به میزان ۱۶۵۷ کیلوگرم در هکتار کاهش داد (جدول ۳)، این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). تفاوت میانگین عملکرد بیولوژیک در تراکم‌های مختلف معنی‌دار بود (جدول ۲) و با افزایش تراکم عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت (جدول ۲). اگر چه 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 بود. گزارشاتی در خصوص تاثیر مثبت افزایش تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیکی ارائه شده است (آکتینوی و همکاران ۱۹۹۷). اثر متقابل آبیاری و تراکم بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در مرحله گلدهی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	کارایی اقتصادی مصرف آب	کارایی بیولوژیکی مصرف آب	کارایی مصرف نیتروژن	درصد نیتروژن دانه	عملکرد نیتروژن
تکرار	۲	۱۲۵۶۳۸/۶ ^{**}	۱۵۵۰۶۰۰۵/۶ ^{**}	۰/۰۰۵ ^{**}	۲/۲۳ ^{**}	۷/۲۹ ^{**}	۰/۱۸ ^{**}	۳۸۷/۱۴ ^{**}
آبیاری	۲	۳۹۰۵۹۱۶۰/۱ ^{**}	۲۱۳۷۸۳۰۵۰/۱ ^{**}	۲/۰۵۵ ^{**}	۱۵/۳۵ ^{**}	۲۹۲۴/۶۷ ^{**}	۰/۰۵ ^{**}	۴۴۴۷۰/۵ ^{**}
اشتباه اصلی	۴	۴۲۶۱۰/۶	۱۰۱۹۰۵۵/۶	۰/۰۰۱	۰/۰۹۹	۱/۴۴	۰/۰۰۲	۷۷/۸
نیتروژن	۲	۳۷۰۸۸۹۳/۷ ^{**}	۱۸۵۵۶۸۹۷/۷ ^{**}	۰/۱۴ ^{**}	۰/۷۵ ^{**}	۵۶۲/۹ ^{**}	۰/۳۷ ^{**}	۷۰۱۸/۵ ^{**}
آبیاری × نیتروژن	۴	۳۶۹۴۷/۸ ^{ns}	۱۶۴۳۵۹/۸ ^{ns}	۰/۰۰۲ [*]	۰/۰۰۵ ^{ns}	۱۲۰/۰۱ ^{**}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۸۶/۵۹ ^{ns}
اشتباه فرعی	۱۲	۳۱۳۳۴/۹	۱۶۹۴۹۸/۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۲/۳۶	۰/۰۱۲	۶۶/۹۲
تراکم	۲	۹۹۵۰۱۹/۳ ^{**}	۲۲۲۴۶۳۴۶/۳ ^{**}	۰/۰۴۲ ^{**}	۱/۳۸ ^{**}	۳۲/۹ ^{**}	۰/۵۴ ^{**}	۱۶۴/۹ ^{**}
تراکم × آبیاری	۴	۴۹۹۷۲۱/۵ ^{**}	۴۷۵۹۶۳۰/۵ ^{**}	۰/۰۲۲ ^{**}	۰/۳۲ ^{**}	۲۲/۷ ^{**}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۳۳۱/۹ ^{**}
تراکم × نیتروژن	۴	۲۷۵۱۵/۱ ^{ns}	۲۱۸۳۷۶/۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱۵/۷۱ ^{ns}
تراکم × نیتروژن × آبیاری	۸	۱۵۳۰۹/۹ ^{ns}	۹۹۴۰۰/۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۱۹/۰۱ ^{ns}
اشتباه فرعی فرعی	۳۶	۱۹۷۸۲/۲	۱۹۲۳۳۱/۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۸۱	۰/۰۰۴	۳۵/۸
ضریب تغییرات	-	۴/۸۹	۵/۸۴	۴/۹۷	۸/۰۳	۵/۴۷	۱/۹۲	۵/۹۸

^{ns}، * و ** به ترتیب اختلاف غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۰/۵ و ۰/۱.

جدول ۳- مقایسه میانگین های صفات مورد مطالعه در مرحله گلدهی

تیمار	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیکی (kg/ha)	کارایی اقتصادی		کارایی بیولوژیکی مصرف آب (kg/m ³)	کارایی مصرف نیتروژن (kg/kg)	درصد نیتروژن دانه (%)	عملکرد نیتروژن (kg/ha)
			مصرف آب (kg/m ³)	مصرف آب (kg/m ³)				
آبیاری								
آبیاری مطلوب	۴۲۰۰/۳۵ a	۱۰۶۱۰/۲ a	۰/۸۷ a	۲/۵۴ a	۲۸/۳۴ a	۳/۴۴ b	۱۴۴/۸۲ a	
تنش ملایم خشکی	۲۵۷۱/۴۳ b	۶۷۵۱/۴۰ b	۰/۵۲ b	۱/۵۸ b	۱۲/۲۳ b	۳/۴۶ b	۸۹/۲۵ b	
تنش شدید خشکی	۱۸۵۲/۹۶ c	۵۱۳۳/۱۰ c	۰/۳۳ c	۱/۰۵ c	۸/۸۷ c	۳/۵۳ a	۶۵/۸ c	
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)								
۱۰۰	۲۵۱۴/۰۵ c	۶۶۸۳/۶ c	۰/۵ c	۱/۵۵ c	۲۱/۵۲ a	۳/۳۵ c	۸۴/۰۱ c	
۱۶۰	۲۸۵۶/۱۰ b	۷۴۷۰/۲ b	۰/۵۷ b	۱/۷۲ b	۱۵/۲۹ b	۳/۵ b	۹۹/۶ b	
۲۲۰	۳۲۵۴/۵۹ a	۸۳۴۰/۹ a	۰/۶۵ a	۱/۸۹ a	۱۲/۶۳ c	۳/۵۹ a	۱۱۶/۲۵ a	
تراکم (بوته در مترمربع)								
۸/۳۳	۳۰۷۲/۴۴ a	۸۳۷۵/۸ a	۰/۶۱ a	۱/۹۴ a	۱۷/۵۳ a	۳/۳۵ c	۱۰۲/۶۳ a	
۶/۶۶	۲۸۶۳/۲۷ b	۷۵۵۵/۸ b	۰/۵۷ b	۱/۷۳ b	۱۶/۵ b	۳/۴۷ b	۹۹/۴۸ ab	
۵/۵۵	۲۶۸۹/۰۳ c	۶۵۶۳/۱ c	۰/۵۳ c	۱/۴۹ c	۱۵/۳۳ c	۳/۶۲ a	۹۷/۷۶ b	

ارقام با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های برهمکنش آبیاری و تراکم بر برخی صفات مورد مطالعه

عملکرد نیتروژن (kg/ha)	کارایی مصرف نیتروژن (kg/kg)	کارایی بیولوژیکی مصرف آب (kg/m ³)	کارایی اقتصادی مصرف آب (kg/m ³)	عملکرد بیولوژیکی (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	تیمار (آبیاری × تراکم)
						آبیاری تراکم (بوته در مترمربع)
۱۵۳/۰۹ a	۳۱/۱۹ a	۲/۹۴ a	۰/۹۶ a	۱۲۱۷۳/۹۳ a	۴۶۲۸/۳۱ a	۸/۳۳
۱۴۴/۴۷ b	۲۸/۲۹ b	۲/۵۷ b	۰/۸۷ b	۱۰۷۶۰/۲۵ b	۴۱۹۶/۷۲ b	آبیاری مطلوب ۶/۶۶
۱۳۶/۹۰ c	۲۵/۵۵ c	۲/۱۰ c	۰/۷۸ c	۸۸۹۶/۳۵ c	۳۷۷۶/۰۲ c	۵/۵۵
۹۲/۹۴ d	۹/۴۷ e	۱/۸ d	۰/۵۶ d	۷۶۶۳/۲۶ d	۲۷۸۳/۰۰ d	۸/۳۳
۸۸/۲۱ d	۹/۲۲ e	۱/۵۶ e	۰/۵۱ e	۶۶۹۶/۰۰ e	۲۵۳۲/۸ e	تنش ملایم خشکی ۶/۶۶
۸۶/۶۱ d	۷/۹۳ f	۱/۳۸ e	۰/۴۸ e	۵۸۹۵/۰۶ f	۲۳۹۸/۴۸ e	۵/۵۵
۶۱/۸۷ f	۱۱/۹۳ d	۱/۰۸ f	۰/۳۲ f	۵۲۹۰/۱۵ fg	۱۸۰۶/۰۱ f	۸/۳۳
۶۵/۷۵ ef	۱۲/۲۶ d	۱/۰۷ f	۰/۳۳ f	۵۲۱۱/۲۴ fg	۱۸۶۰/۲۷ f	تنش شدید خشکی ۶/۶۶
۶۹/۷۷ e	۱۲/۵ d	۱/۰۰ f	۰/۳۴ f	۴۸۹۷/۹۰ g	۱۸۹۲/۶۰ f	۵/۵۵

ارقام با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب

کارایی مصرف آب از خصوصیات مهم فیزیولوژیک گیاه در رابطه با توانایی در مقابله با کمبود آب است. در این تحقیق، میان سطوح مختلف آبیاری از لحاظ کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب اختلاف معنی‌دار وجود داشت، با افزایش فواصل آبیاری و افزایش شدت تنش خشکی کارایی‌های مزبور کاهش معنی‌دار نشان دادند به طوری که کمترین کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیک مصرف آب به ترتیب با ۰/۳۳ و ۱/۰۵ کیلوگرم بر متر مکعب به تیمار تنش شدید خشکی تعلق داشت (جدول ۱ و ۲). دلیل کاهش کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب در تیمار تنش خشکی، کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در این تیمار بود (جدول ۲). در تیمار آبیاری مطلوب حفظ همیشگی آب در حد نیاز، موجب شد تا گیاهان با سرعت مناسبی به رشد و نمو پرداخته و این وضعیت موجب افزایش عملکرد دانه و ماده خشک در تیمار یاد شده گردید (جدول ۳)، با توجه به وجود مستقیم و همبستگی مثبت و معنی‌دار میان عملکرد دانه و ماده خشک با کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب (جدول ۶) این وضعیت باعث افزایش کارایی استفاده از آب شد. اصولاً کافی بودن رطوبت و یا افزایش بیش از حد آن اثر نامطلوبی بر رشد و عملکرد گیاه می‌گذارد که در هر دو حالت کارایی مصرف آب ممکن است کاهش یابد، به نظر می‌رسد این فرضیه که گیاهان رشد یافته در شرایط دیم معمولاً از آب با کارایی بیشتری استفاده می‌کنند و یا تنش خشکی کارایی استفاده از آب را افزایش می‌دهد، قابل تردید باشد (پازکی ۱۳۷۹) ولی در این تحقیق با افزایش شدت تنش خشکی و کمبود آب کارایی مصرف آب کاهش یافت. آل کایسی و یین (۲۰۰۳) در آزمایشی نتیجه گرفتند که حداکثر کارایی مصرف آب به تیمار آبیاری معادل ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه تعلق داشت.

در این تحقیق، اختلاف میان سطوح مختلف نیتروژن از لحاظ کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب معنی‌دار بود و افزایش کاربرد نیتروژن موجب بهبود کارایی‌های مذکور گردید (جدول ۲ و ۳). به نظر می‌رسد عامل اصلی و موثر در اختلاف کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب میان تیمارهای کودی، تفاوت میان این تیمارها از لحاظ عملکرد دانه و ماده خشک بوده باشد زیرا میان سطوح مختلف کاربرد نیتروژن از لحاظ رسیدگی گیاهان تفاوت معنی‌دار وجود نداشت و میزان آب مصرفی نیز برای تمام سطوح کودی تقریباً یکسان بود. مصطفی و عبدالمجید (۱۹۸۲) نیز گزارش نمودند که افزایش مصرف نیتروژن تبخیر و تعرق گیاه سورگوم را تنها ۲/۵ تا ۵ سانتی متر افزایش داد اما عملکرد دانه و ماده خشک به میزان بیشتری افزایش یافت به طوری که با افزایش مصرف کود نیتروژن، کارایی استفاده از آب بیشتر شد. افزایش مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری باعث افزایش معنی‌دار کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب در مقایسه با سایر تیمارها گردید به طوری که کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در تیمار آبیاری مطلوب از لحاظ کارایی‌های مزبور نسبت به سایر تیمارها برتری داشت (جدول ۴). افزایش مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب از طریق رشد سریع‌تر برگ‌ها، سرعت بسته شدن سایه‌انداز گیاهی را افزایش داد و موجب به حداقل رساندن تصعید آمونیاک و کاهش تلفات آب از سطح خاک گردید، این وضعیت باعث افزایش عملکرد دانه و ماده خشک و بهبود کارایی مصرف آب شد. یافته‌های پرینار و ساندهو (۱۹۸۷) و بوتون (۱۹۸۰) در خصوص تاثیر مثبت مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب بر کارایی مصرف آب با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. بوتون (۱۹۸۰) با مطالعه عوامل موثر بر کارایی استفاده از آب در شرایط مطلوب

و تنش خشکی اظهار داشت که در شرایط مطلوب استفاده از کودهای نیتروژن باعث افزایش کارایی استفاده از آب می‌شود که دلیل آن تاثیر مثبت نیتروژن بر رشد رویشی، پوشش مناسب زمین و کاهش تبخیر بود. پری‌نار و ساندهو (۱۹۸۷) استفاده از نیتروژن را تنها زمانی در افزایش کارایی استفاده از آب موثر دانستند که آب کافی برای رشد گیاه وجود داشته باشد این محققین اظهار داشتند که بهتر است به جای استفاده از پتانسیل عملکرد، عملکرد مطلوب همراه با بیشترین مقدار کارایی مصرف آب را به کار گیریم. نورتن (۱۹۸۹) دلیل افزایش کارایی استفاده از آب در کلزا را به دنبال استفاده از نیتروژن، کاهش مقدار تبخیر از سطح خاک به واسطه افزایش سریع پوشش گیاهی و افزایش تثبیت کربن و فتوسنتز و نیز افزایش انتقال مواد به دانه‌ها دانست و رابطه کمتری را بین استفاده از تیمارهای کودی و راندمان تعرق مشاهده نمود. در این تحقیق، کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب با افزایش تراکم بوته افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین و کمترین کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب به ترتیب مربوط به بالاترین و پایین‌ترین تراکم مورد استفاده بودند (جدول ۳). به طور کلی هر عامل مدیریتی که بدون افزایش قابل ملاحظه میزان آب مصرفی، منجر به افزایش عملکرد دانه و ماده خشک شود، کارایی استفاده از آب را افزایش خواهد داد. در این تحقیق افزایش تراکم از طریق افزایش عملکرد دانه و ماده خشک موجب افزایش کارایی مصرف آب شد (جدول ۳). افزایش کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب ضمن افزایش تراکم کاشت با استفاده کاراتر از آب به واسطه تراکم بیشتر بوته در واحد سطح و تلفات کمتر آب به واسطه تبخیر ارتباط داشت. گزارش‌هایی مطابق با نتایج حاصل از این آزمایش، مبنی بر افزایش کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب به واسطه

افزایش تراکم وجود دارد (امام و رنجبر، ۱۳۷۹). برهمکنش سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن از یک سو و آبیاری و تراکم از سوی دیگر بر کارایی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی مقایسات میانگین برهمکنش آبیاری و تراکم نشان داد که تراکم ۸/۳۳ بوته در مترمربع در شرایط آبیاری مطلوب به دلیل تولید بیشترین عملکرد دانه و ماده خشک نسبت به سایر تیمارها برتر بود. عکس العمل کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب با کاربرد سطوح بالاتر نیتروژن، بیشترین تراکم برتری را نشان داد. شواهد حاکی از آن است که اگر ذخیره مواد غذایی زیاد باشد با افزایش تامین آب، کارایی استفاده از این نهاده‌ها نیز افزایش می‌یابد، در چنین شرایطی، به منظور استفاده کامل از این مواد و در نتیجه تولید حداکثر عملکرد، تراکم گیاه در واحد سطح باید بیشتر باشد. کارلن و راسل (۱۹۸۷) گزارش نمودند که در شرایط خشکی جهت اجتناب از تنش آبی، تراکم‌های پایین مناسب می‌باشند ولی در شرایط آبیاری تراکم ۷-۹ بوته در هر متر مربع را جهت دستیابی به حداکثر کارایی مصرف آب و عملکرد دانه توصیه نمودند.

کارایی مصرف نیتروژن

کارایی مصرف نیتروژن نیز به صورت نسبت عملکرد دانه به مقدار نیتروژن در نظر گرفته شده و عاملی کلیدی در مدیریت نیتروژن برای تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود (مول و همکاران ۱۹۸۲).

بر اساس نتایج این تحقیق، افزایش شدت تنش خشکی به صورت معنی‌دار باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن گردید به طوری که کمترین کارایی مصرف نیتروژن به تیمار تنش خشکی تعلق داشت (جدول ۲ و ۳). عدم تاثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تنش خشکی موجب کاهش

را کاهش داد (جدول ۵). این وضعیت نیز ناشی از اختلال در جذب نیتروژن توسط گیاه به دلیل کمبود شدید آب در خاک بود. ساکی‌نژاد (۱۳۸۲) نیز از بررسی‌های خود روی گیاه ذرت نتیجه گرفت که آبیاری سبب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود و افزایش شدت تنش آب توانایی گیاه را از نظر جذب نیتروژن از خاک محدود می‌سازد. نتایج بدست آمده توسط پانندی و همکاران (۲۰۰۰) در خصوص تاثیر کاربرد نیتروژن بر کارایی مصرف کود با نتایج این تحقیق مطابقت داشت، این محققین گزارش دادند که در یک سطح ثابت رطوبت خاک (کم و یا زیاد) افزایش مصرف نیتروژن منجر به افزایش عملکرد می‌شود اما شیب افزایش عملکرد به ازاء افزایش هر واحد مصرف نیتروژن در شرایط مطلوب رطوبتی در مقایسه با سایر شرایط، می‌باشد و این وضعیت منجر به افزایش کارایی مصرف کود و آب می‌گردد. بر اساس نتایج این تحقیق تاثیر سطوح مختلف تراکم، آبیاری و تراکم بر کارایی‌های مزبور از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین کارایی مصرف نیتروژن به بیشترین تراکم تعلق داشت (جدول ۳). گزارشات مشابهی در این خصوص توسط حمیدی و دباغ محمدی نسب (۱۳۷۹) ارائه گردیده است که صحت نتایج بدست آمده در این تحقیق را تایید می‌نماید. مقایسه میانگین‌های برهمکنش آبیاری و تراکم بوته نشان داد که در سطوح پایین تر مصرف نیتروژن تراکم‌های کمتر و در سطوح بالاتر مصرف این عنصر تراکم‌های بیشتر از کارایی مصرف بالاتری برخوردار بوده اند و واکنش بهتری نسبت به افزایش مصرف نیتروژن نشان داده اند (جدول ۴). این نتایج حاکی از آن است که با پایین بودن تعداد بوته‌ها در واحد سطح افزایش مصرف نیتروژن به دلیل ثابت بودن ظرفیت جذب و استفاده از نیتروژن در گیاهان موجب افزایش کارایی استفاده از کود نمی‌شود و برعکس در تراکم‌های بالاتر گیاهان برای دستیابی به

کارایی‌های مزبور گردید که این وضعیت نیز ناشی از کاهش جذب و افزایش هدرروی عنصر نیتروژن در شرایط تنش بود. مارتین و همکاران (۱۹۸۲) گزارش نمودند که جذب نیتروژن به طور موثری تحت تاثیر آب قابل استفاده در خاک قرار می‌گیرد و افزایش رطوبت خاک عملکرد ذرت را در پاسخ به نیتروژن مصرفی افزایش داده و باعث افزایش کارایی کود می‌شود. اختلاف میان سطوح مختلف نیتروژن از لحاظ کارایی زراعی و کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود و با افزایش مصرف نیتروژن هر دو مولفه کاهش یافتند (جدول ۲ و ۳). مول و همکاران (۱۹۸۲) اعلام داشتند که بالاترین کارایی مصرف هر عنصر معمولاً با جذب اولین واحد عنصر غذایی (کود) به دست می‌آید و واحدهای بعدی مصرف عنصر غذایی کارایی کمتری دارند. در این تحقیق، با افزایش مصرف نیتروژن مقدار عملکرد دانه به تبعیت از قانون بازده نزولی می‌چرخد افزایش کمتری داشت که این وضعیت موجب کاهش کارایی کود مصرفی گردید. سایر دانشمندان علت این کاهش را فزونی سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق تصعید، دنتریفیکاسیون، آبشویی، پیشی گرفتن شتاب جذب نیتروژن بر تولید ماده خشک به هنگام افزایش کاربرد کود و یا به علت عدم استفاده موثر از آن می‌دانند (گودرود و جلوم ۱۹۸۸). جوکلا و راندال (۱۹۸۹) نیز افزایش کارایی مصرف نیتروژن به ازاء کاهش کاربرد نیتروژن از ۲۲۵ به ۷۵ کیلوگرم در هکتار را در ذرت ۶/۴ تا ۱۷/۸ کیلوگرم در کیلوگرم گزارش نمودند. برهمکنش آبیاری و نیتروژن هم بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در تنش ملایم با میانگین کارایی مصرف نیتروژن ۳۸/۱۱ نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. افزایش مصرف نیتروژن تحت شرایط تنش خشکی به صورت قابل ملاحظه‌ای کارایی مصرف کود

ولی بالاترین عملکرد نیتروژن از بیشترین تراکم بوجود آمد که این به دلیل تولید عملکرد بیشتر در تراکم‌های بالا می‌باشد و سبب افزایش عملکرد نیتروژن می‌شود. این نتایج با نتایج نادری (۱۳۷۸) و زافارونی و اشنایدر (۱۹۹۱) مطابقت داشت.

نتیجه گیری کلی

کاهش فواصل آبیاری تاثیر بسیار مثبتی بر عملکرد بیولوژیک و دانه داشت. افزایش شدت تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک گردید. در شرایط مطلوب و تنش ملایم خشکی، افزایش مصرف نیتروژن با افزایش قابل ملاحظه عملکرد دانه همراه بود و افزایش تراکم بوته تاثیر بسیار مثبتی بر عملکرد دانه و بیولوژیک داشت.

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، در شرایط مطلوب و ملایم تنش خشکی، کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و افزایش تراکم بوته جهت تولید عملکرد مناسب و افزایش کارایی مصرف آب و کود توصیه می‌شود. اما در شرایط تنش خشکی شدید، افزایش مصرف نیتروژن و تراکم تاثیر بسیار کمی بر عملکرد دانه داشت و کاهش معنی‌دار کارایی مصرف آب نیز شد. با کاهش فواصل آبیاری افزایش مصرف نیتروژن و تراکم بوته، کارایی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب افزایش یافت. افزایش شدت تنش خشکی و یا افزایش مصرف نیتروژن، موجب کاهش معنی‌دار کارایی مصرف نیتروژن گردید. با افزایش تراکم بوته کارایی مزبور افزایش یافت.

حد بالقوه تولید خویش نیازمند تامین نیتروژن کافی می‌باشند. از نتایج حاصل چنین استنباط می‌شود که برای بهره‌وری بهتر در استفاده از نیتروژن باید حد بهینه میان تراکم بوته و میزان نیتروژن مصرفی را تعیین نمود.

درصد نیتروژن دانه و عملکرد نیتروژن

در این تحقیق تاثیر تنش خشکی، سطوح نیتروژن و تراکم بوته بر درصد نیتروژن دانه معنی‌دار بوده است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد نیتروژن دانه افزایش می‌یابد (جدول ۳) به طوری که بیشترین درصد نیتروژن دانه در تیمار تنش شدید خشکی به میزان ۳/۵۳ درصد بدست آمده است. ولی بیشترین عملکرد نیتروژن از آبیاری مطلوب به دلیل تولید عملکرد دانه بیشتر بدست آمد. با افزایش میزان نیتروژن کاربردی درصد نیتروژن دانه افزایش یافت که این به دلیل افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن و جذب و انتقال بیشتر آن می‌باشد نتایج حسن زاده و قلاوند (۱۳۸۴) و سرمه و همکاران (۱۹۹۴) با این نتایج مطابقت داشت. بهره‌گیری بهتر از عوامل افزایش عملکرد دانه، نیتروژن دانه و عملکرد نیتروژن می‌باشد (متولی و همکاران، ۱۹۸۹). همچنین افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی و جذب نیتروژن بیشتر از دلایل افزایش نیتروژن دانه و عملکرد نیتروژن می‌باشد که این نتایج با نتایج استیونسون و همکاران (۱۹۹۸) مطابقت داشت.

با افزایش تراکم بوته درصد نیتروژن دانه کاهش یافت و بیشترین درصد نیتروژن دانه از کمترین تراکم بدست آمد که این به دلیل قابلیت دسترسی و جذب بیشتر نیتروژن گیاه در تراکم‌های پایین بوده به طوری که در تراکم‌های بالا برای جذب نیتروژن بین بوته‌ها رقابت بوجود آمده و درصد نیتروژن دانه کاهش می‌یابد.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر برخی صفات مورد مطالعه

کارایی مصرف نیتروژن (kg/kg)	کارایی اقتصادی مصرف آب (kg/m ³)	تیمار (آبیاری × نیتروژن)	آبیاری
		نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	
۳۸/۱۱ a	۰/۷۹ c	۱۰۰	آبیاری مطلوب ×
۲۵/۷۷ b	۰/۸۶ b	۱۶۰	
۲۱/۱۴ c	۰/۹۷ a	۲۲۰	
۱۱/۳۴ e	۰/۴۵ f	۱۰۰	تنش ملایم خشکی ×
۸/۳۷ g	۰/۵۲ e	۱۶۰	
۶/۹۱ g	۰/۵۹ d	۲۲۰	
۱۵/۱۲ d	۰/۲۷ i	۱۰۰	تنش شدید خشکی ×
۱۱/۷۳ e	۰/۳۳ h	۱۶۰	
۹/۸۴ f	۰/۳۹ g	۲۲۰	

ارقام با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه

عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	کارایی اقتصادی	کارایی بیولوژیکی	کارایی مصرف نیتروژن	درصد نیتروژن دانه	عملکرد نیتروژن
عملکرد دانه	۱					
عملکرد بیولوژیکی	۰/۹۵**	۱				
کارایی اقتصادی	۰/۹۹**	۰/۹۵**	۱			
کارایی بیولوژیکی	۰/۹۲**	۰/۹۸**	۰/۹۲**	۱		
کارایی مصرف نیتروژن	۰/۶۵**	۰/۶۳**	۰/۶۵**	۰/۶۳**	۱	
درصد نیتروژن دانه	-۰/۰۹ ^{ns}	-۰/۱۲ ^{ns}	-۰/۱۱ ^{ns}	-۰/۱۱ ^{ns}	-۰/۳۴**	۱
عملکرد نیتروژن	۰/۹۸**	۰/۹۳**	۰/۹۸**	۰/۹۰**	۰/۵۹**	۰/۰۴ ^{ns}

ns، * و ** به ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

منابع مورد استفاده

- امامی و تدین م، ۱۳۷۸. تأثیر تراکم بوته و سربرداری بر عملکرد ذرت دانه‌ای منطقه زیر سد درون زن استان فارس. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد شماره چهار. صفحات ۱۳۷۵-۱۳۷۳.
- امامی و رنجبر غ، ۱۳۷۹. تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی در مرحله رشد رویشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی استفاده از آب در ذرت دانه ای. مجله علوم زراعی ایران. جلد دوم، شماره سوم. صفحه‌های ۵۶۲-۵۱۰.
- بی نام، ۱۳۸۶. آفتابگردان (رقم ایروفلور). نشریه جهاد کشاورزی. نشریه اختصاصی شرکت دانه های روغنی. شماره ۳۵. صفحه‌های ۲۰-۲۲.
- پازکی ع، ۱۳۷۹. بررسی و اندازه گیری اثر تنش آب بر ویژگی های فیزیولوژیک و شاخص های مختلف به خشکی دو رقم کلزا. پایان نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز.
- چوگان ر، ۱۳۷۱. بررسی اثر تراکم بوته در عملکرد زراعت دیم آفتابگردان. مجله تحقیقات کشاورزی نهال و بذر. جلد ۸. شماره ۱ و ۲. صفحه‌های ۱۵-۲۴.
- حسن زاده قورت تپه ع، فتح اله زاده ع، نصراله زاده اصل ع و آخوندی ن، ۱۳۸۷. بررسی عملکرد، اجزاء عملکرد و راندمان زراعی جذب نیتروژن در ارقام و لاین های گندم در استان آذربایجان غربی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. جلد اول شماره اول.
- حسن زاده قورت تپه ع و قلاوند ا، ۱۳۸۴. بررسی تاثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن در برخی از ارقام آفتابگردان در آذربایجان غربی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۲. صفحه‌های ۲۰-۲۷.
- حمیدی آ و دباغ محمدی نسب ع، ۱۳۷۹. بررسی اثرات تراکم بوته بر کارایی مصرف زراعی نیتروژن در دو هیبرید ذرت. مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۰، شماره چهار. صفحه‌های ۵۸-۴۳.
- خماری س، قاسمی گلعدانی ک، آلیاری ه، زهتاب سلماسی س و دباغ محمدی نسب ع، ۱۳۸۶. اثر زمان قطع آبیاری بر فنولوژی و عملکرد دانه سه رقم آفتابگردان در تبریز. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۴. شماره ۶. بهمن و اسفندماه ۱۳۸۶. صفحه‌های ۷۲-۸۰.
- رشدی م، حیدری شریف آباد ح، کریمی م، درویش ف و نورمحمدی ق، ۱۳۸۵. بررسی اثرات تنش کم آبی بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه ارقام آفتابگردان. مجله علوم کشاورزی. سال ۱۲. شماره ۱. صفحه‌های ۱۰۰-۱۲۳.
- زمانیان ع و نجفی ح، ۱۳۸۱. بررسی اثر فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر عملکرد سیلویی و صفات مورفولوژیکی ذرت رقم ۷۰۴. مجله نهال و بذر. جلد ۱۸. شماره ۲. صفحه‌های ۲۱۴-۲۰۰.
- ساکی نژاد ط، ۱۳۸۲. مطالعه اثر تنش آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره های مختلف رشد، با توجه به خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان نامه دوره دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز.

سپهری ع و مدرس ثانوی م، ۱۳۸۱. فلئوریمتری کلروفیل تحت کمبود نیتروژن و خشکی موقت در دوره رشد رویشی ذرت. صفحه ۵۷۸. خلاصه مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.

شفازاده م ک، یزدان سپاه ا، امینی ا و قنادها م، ۱۳۸۳. بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ های امید بخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص های حساسیت و تحمل به تنش خشکی. نهال و بذر. جلد ۲۰. شماره ۱. صفحه های ۵۷-۶۱.

علیزاده ا، ۱۳۷۴. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ اول. انتشارات آستان قدس.

فاجریا ان ک، ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه هاشمی درفولی، س.ا. ع. کوچکی و م. بنایان اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

لک ش، نادری ا، سیادت س ع، آیینه بند ا و نورمحمدی ق، ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب بر خصوصیات آگروفیزیولوژیکی و عملکرد ذرت دانه ای در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته در خوزستان. پایان نامه دکتری دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات اهواز.

مجدم م، نادری ا، نورمحمدی ق، سیادت س ع و آیینه بند ا، ۱۳۸۶. بررسی تاثیر تنش خشکی و مدیریت مصرف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه ای در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایگاه اطلاعات علمی. ۱۳: ۶۹۱-۷۰۵.

میرشکاری ب، خدابنده ن، آلیاری ه و سلطانی ا، ۱۳۸۰. بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روی اجزای عملکرد آفتابگردان هیبرید آذرگل در شرایط آب و هوایی تبریز. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۱. شماره ۱. صفحه های ۱-۱۱.

میرزایی نهر ب، شکیا م ر، زهتاب سلماسی س، قاسمی گلعدانی ک و آلیاری ه، ۱۳۸۴. رابطه تراکم و الگوی کاشت با عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز. دانشکده کشاورزی. ۸۹ صفحه.

نادری ا، ۱۳۷۸. اثر فاصله خطوط کاشت و تراکم بوته بر صفات زراعی، عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان رقم رکورد در خوزستان. نهال و بذر. جلد ۱۵. شماره ۴. صفحه های ۳۴۳-۳۵۳.

هاشمی نیا م، ۱۳۸۳. مدیریت آب در کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۵۳۵ صفحه.

هاشمی دزفولی س.ا، ۱۳۷۳. مفهوم کارایی مصرف آب. نشریه پژوهش و سازندگی. شماره ۲۵. صفحات ۳۴-۳۷.

Aiken, RM , 2005. Apply thermal time scales to sunflower development. Agron J 97: 746-754.

Aktinoye HA, Lucas EO and Kling JG, 1997. Effects of density of planting and time of nitrogen application on maize varieties in different ecological zones of West Africa. Commun. Soil Sci Plant Ann 28: 1163-1175.

Al-Kaisi MM and Xinhua Y, 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate and plant population on corn yield and water use efficiency. Agron J 95: 1475-1482.

Allen RR and Musick JT, 1993. Planting date, water management, and maturity length relation for irrigation grain sorghum. Trans. ASAE. 36: 1123-1129.

Barar KL and Gerik TJ, 1996. Late season water stress in cotton. Crop Sci. 36: 922-928.

- Beauchamp EG, 1986. Availability of nitrogen from three manures to corn in field. *Can. J Sci* 66: 713-720.
- Botton FE, 1980. Optimizing the use of water and crop management. *Plant and Soil* 58: 231-247.
- Carlson MK and Russel WA, 1987. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different ears of breeding. *Crop Sci* 27:465-470.
- Cavigila OP and Sadras VO, 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water and radiation use efficiency of wheat. *Field Crops Res* 69: 259-266.
- Corbels M., Hofman G and Cleemput OV, 1998. Residual effect of nitrogen fertilization in a wheat-sunflower cropping sequence on a vertic under semi-arid Mediterranean conditions. *Europ J Agron* 9: 109-116.
- Delbert EJ and Ulter RA, 1989. Sunflower Growth and nutrient uptake: Response to tillage system, hybrid maturity and weed control method. *Soil Sci Soc Am J* 53: 133-138.
- Goodroad LL and Jellum MD, 1988. Effect of Nitrogen fertilizer rate and soil Ph on Nitrogen efficiency in corn. *Plant and Soil* 106: 85-89.
- Jokela WE and Randall GW, 1989. Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agron J* 81:720-726.
- Martin DL, Watts G, Mielke LN, Frank KD and Eisen-Hauer DE, 1982. Evolution of nitrogen and irrigation management for corn production using water high in nitrate. *Soil Sci Soc Am J* 49: 1056-1062.
- Moll RH, Kamprath EJ and Jackson WA, 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron J* 74: 262-264.
- Motavalli PP., Kelling KA and Converse JC, 1989. First year nutrient availability from injected manure. *J Environ Quality* 18: 180-185.
- Mustafa MA and Abdolmajid E, 1982. Interrelationship of irrigation frequency, nitrogen and gypsum on forage sorghum growth on a saline sodic clay soil. *Agron J* 74: 447-450.
- Norton RM, 1989. Applied nitrogen and water use efficiency of canola. In Buzza, G. C (ed). *Proc. of seventh workshop of Aust. Pp. 107-110. Rapeseed agronomists and breeders. Toowoomba, Queensland, Aust*
- Osborne SL, Scheppers JS, Francis DD and Schlemmer MR, 2002. Use of spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. *Crop Sci* 42:165-171.
- Pandey RK, Marienvile JW 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.
- Prinars SS and Sandhu BS, 1987. *Irrigation of field crops (principles and practices). Indian Council of Agric Res New Delhi.*

- Sarmah PC., Katyal SK and Bholal AL, 1994. Nutrient and quality of spring sunflower (*Helianthus annuus*) cultivars to fertility level and plant population. *Indian J Agron* 39:76-78.
- Sepaskhah AR and Kamgar-hagighi AA, 1997. Water use and yield of sugar beet grown under every other furrow irrigation with different intervals. *Agric Water Management*. 34: 71-79.
- Singh GR, Choudhary KK, Chaure NK and Pandya KS, 1996. Effect of seed bacterization and nitrogen level on soil properties, yield parameters, yield and economic of sunflower (*Helianthus annuus*). *Indian J Agri Sci* 66: 250-252.
- Stevenson FC, Jonnsron AM, Beckie HJ, Brandt SA and Townley-Smith L, 1998. Cattle manure as a nutrient source of barley and oil seed crops in zero and conventional tillage systems. *Can J Plant Sci* 78: 409-416.
- Sullivan M, Toai TV, Fausey N, Beuerlein J, Parkinson R and Soboyejo A, 2001. Evaluating on-farm flooding impacts on soybean. *Crop Sci* 41: 93-100.
- Westgate ME and Boyer JS, 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Sci* 26: 591-956.
- Zaffaroni E and Schneiter AA, 1991. Sunflower production as influenced by plant type, plant population, and row arrangement. *Agron J* 63:113-118.