Archive of SID

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۶۹۸-۶۸۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 4, Winter. 2017, p. 686-698

اثر آبیاری و نیتروژن بر پارامترهای زراعی، عملکرد، کیفیت دانه و کارایی زراعی نیتروژن در آفتابگردان

جواد حمزه‌ئی[1*]- حمید نجفی[2]- مجید بابایی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۰۱

چکیده

اثر آبیاری و نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد، کیفیت دانه و کارآیی زراعی نیتروژن آفتابگردان، در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در دانشگاه بوعلی‌سینا مطالعه شد. آبیاری (آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد) در کرت‌های اصلی و نیتروژن (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار قرار گرفتند. اثر آبیاری و نیتروژن بر کلیه صفات معنی‌دار شد. بیش‌ترین ارتفاع بوته، وزن هزاردانه (۴۶/۲۶گرم)، درصد روغن (۴۲/۴۹درصد)، کارآیی زراعی نیتروژن (۴/۵۰کیلوگرم بر کیلوگرم) از آبیاری در کل دوره رشد به‌دست آمد. کمترین میزان این ویژگی‌ها نیز از آبیاری تا گلدهی حاصل شد. مقایسه میانگین سطوح نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته، وزن هزاردانه (۴۶/۹۳گرم) و درصد پروتئین (۲۲/۷۰درصد) از نیتروژن ۱۸۰کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین کارآیی زراعی نیتروژن (۷/۰۸کیلوگرم بر کیلوگرم) از نیتروژن ۱۲۰کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. اثر متقابل تیمارها بر قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتیین معنی‌دار شد. بیش‌ترین این صفات از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد، که اختلاف معنی‌دار با آبیاری در کل دوره رشد و نیتروژن ۱۲۰کیلوگرم در هکتار نداشت. کمترین عملکرد دانه با ۸۳/۳۷درصد کاهش از تیمار آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن حاصل شد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای دست‌یابی به بیش‌ترین عملکرد دانه، روغن و کارآیی زراعی نیتروژن در زراعت آفتابگردان مناسب است.

واژه‌های کلیدی: دانه روغنی، درصد پروتئین، درصد روغن، رشد، کود شیمیایی، مدیریت آب آبیاری

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با داشتن حدود ۵۰-۴۰درصد روغن با کیفیت مطلوب، می‌تواند به‌عنوان یک دانه روغنی مطمئن در دامنه وسیعی از شرایط محیطی، عملکرد قابل‌توجهی داشته باشد (El-Gizawy, 2009). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک را کاهش داده است (Alizadeh, 2005). تنش خشکی در مرحله زایشی مخرب‌تر از مرحله رویش بوده و دوره گلدهی، حساس‌ترین دوره نسبت به کمبود آب است که منجر به کاهش بسیار زیاد بازده محصول می‌شود، چرا که گل‌های کمتری به مرحله رشد کامل می‌رسند (Ali and Shui, 2009: Beyazgul *et al*., 2000). پس از دوره گلدهی، دوره تشکیل دانه حساس‌ترین مرحله از رشد گیاه نسبت به کمبود آب به‌شمار می‌آید و تنش خشکی در این مرحله از رشد، می تواند عملکرد کمی و کیفی را کاهش دهد. هم‌چنین، دلیل کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی اختلال در فتوسنتز جاری گزارش شده است (Behbodi and Beheshti, 2009). Omidi, 2008 گزارش داد که تنش خشکی به‌دلیل کمبود مواد غذایی برای پُرکردن دانه به‌دلیل کاهش رشد رویشی و در نهایت کاهش سطح فتوسنتزی گیاه و کم شدن سهم دانه در دریافت مقدار کربوهیدرات ذخیره شده، وزن هزاردانه را کاهش داد. Flenet *et al*, 1996 اظهار داشتند وقوع تنش در مراحل مختلف رشد باعث کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود ولی درصد کاهش این تعداد طی مراحل زایشی شدیدتر می‌باشد. وجود شرایط بهینه محیطی در مرحله گلدهی نیز در تعیین تعداد دانه تشکیل شده در طبق مؤثر است و تنش خشکی در این مرحله باعث سقط جنین و تولید دانه‌های نارس می‌شود. Abasi *et al*, 2008 دریافتند که تنش خشکی سبب کاهش شاخص برداشت می‌شود و علت آن را کاهش تعداد دانه پُر در طبق در اثر کاهش قطر طبق و افزایش درصد پوکی دانه عنوان کردند. Nazemie *et al*, 2008 نشان دادند، بالاترین عملکرد و درصد روغن از تیمار عدم قطع آبیاری به‌دست آمد. Ataei *et al*, 2008 در مطالعه‌ای بر روی چهار رقم آفتابگردان به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین درصد روغن دانه آفتابگردان در

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان.
۲ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان.
(*- نویسنده مسئول: (Email: j.hamzei@basu.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v14i4.43336

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط آبیاری مطلوب دیده شد و با محدودیت در آبیاری، درصد روغن دانه کاهش یافت.

در بین عناصر غذایی، نیتروژن یکی از عناصر پُرمصرف و بسیار ضروری برای گیاهان به‌شمار می‌رود که کمبود آن مشکلات فراوانی را در رشد و نمو گیاهان به‌وجود می‌آورد. ماده خشک گیاهی تقریباً دارای ۲ تا چهار درصد نیتروژن است. نیتروژن جزء اولیه تشکیل‌دهنده ترکیبات آلی همانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به‌شمار می‌رود (El-Sayed *et al*., 2000). کمبود نیتروژن نمو فیزیولوژیکی را در دو مرحله رویشی و زایشی به تأخیر می‌اندازد و از سرعت گسترش برگ و دوام سطح برگ در گیاهان می‌کاهد. در این شرایط راندمان استفاده از نور کاهش می‌یابد. از طرفی هر چه غلظت نیتروژن در برگ‌ها افزایش یابد شدت کربن‌گیری نیز بیش‌تر می‌شود. زیرا نیتروژن علاوه‌برآن که به‌صورت پروتئین در گیاه وجود دارد، عنصر اصلی تشکیل‌دهنده کلروفیل در گیاه است و عامل اصلی در کربن‌گیری محسوب می‌شود (Walker, 2001). Naseri *et al*, 2012 در بررسی خود بر روی کلزا (*Brassica napus* L.) گزارش کردند، نیتروژن عملکرد را به‌وسیله تأثیر گذاشتن بر روی پارامترهای رشد افزایش داده و در نتیجه قدرت رشد و نمو گیاه کلزا را از طریق افزایش تعداد و وزن خورجین، بالا بردن وزن دانه‌ها و بهبود جذب عناصر غذایی بالا می‌برد. توجه به‌میزان مصرف کود متناسب با مقدار آب موجود برای حصول یک عملکرد قابل‌قبول حایز اهمیت می‌باشد، چراکه در شرایط کمبود آب در خاک جذب عناصر غذایی خصوصا نیتروژن کاهش می‌یابد و این امر ایجاب می‌کند که تناسب مطلوبی بین میزان فراهمی آب و مصرف کود برقرار گردد تا هزینه تولید کاهش یافته و از مصرف بی‌رویه نیتروژن که تأثیری بر افزایش عملکرد ندارد، خودداری گردد (Mojadam, 2008). بهبود کارآیی مصرف نیتروژن یک استراتژی کلیدی جهت پیشرفت سیستم‌های کشاورزی پایدار است که منجر به رسیدن به حداکثر عملکرد در ازای مصرف حداقل نهاده‌ها و هدررفت نیتروژن می‌شود.

بخش وسیعی از اراضی زیر کشت در ایران خشک و نیمه‌خشک بوده و وجود تنش خشکی و اثرات آن بر روی گیاهان دور از انتظار نیست. افزون بر این، یک رقم خاص در شرایط آب‌وهوایی مختلف عکس‌العمل متفاوتی از خود نشان می‌دهد و این امر می‌تواند در مدیریت منابع آب کشاورزی موردتوجه قرار گیرد (Salemi and Afiuni, 2005). از طرفی، بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن در تولید محصولات کشاورزی، علاوه‌بَر سالم‌سازی محیط زیست، کمک قابل‌توجهی نیز به اقتصاد کشاورز می‌کند. از این‌رو تحقیق حاضر با هدف مطالعه واکنش عملکردهای کمی و کیفی، شاخص‌های زراعی و کارایی زراعی نیتروژن آفتابگردان به آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد تحت سطوح مختلف کود نیتروژن انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینای همدان انجام شد. بر اساس آنالیز نمونه خاک برداشت شده از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری، بافت خاک لوم رسی، میزان فسفر و پتاسیم قابل‌جذب آن به‌ترتیب ۲/۸ و ۲۲۰میلی‌گرم بر کیلوگرم، درصد نیتروژن و ماده آلی آن به‌ترتیب ۰/۱ و ۰/۷۲ و اسیدیته و هدایت الکتریکی آن به‌ترتیب ۷/۷ و ۰/۴۰۹ دسی‌زیمنس بر متر بود.

آزمایش به صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آبیاری در سه سطح شامل آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد در کرت‌های اصلی و نیتروژن در چهار سطح شامل صفر، ۶۰، ۱۲۰و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. رقم مورد مطالعه ایروفلور بود که از مؤسسه تحقیقات استان همدان تهیه شد. بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش مانکوزب ضدعفونی شدند و کاشت در اواخر خردادماه ۱۳۹۱ انجام گرفت. هر کرت فرعی شامل هفت خط کاشت به طول شش متر بود. فاصله بین ردیف و روی ردیف‌های کاشت به‌ترتیب ۶۰ و ۲۰سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری مزرعه طبق عرف منطقه و با دور آبیاری هفت روز یک‌بار و به‌صورت جوی‌وپشته‌ای صورت گرفت. نیتروژن موردنیاز از منبع اوره در سه مرحله (زمان کاشت، شش-هشت برگی و گلدهی) مصرف شد. طبق‌ها پس از پایان دوره گرده‌افشانی توسط توری پوشیده شدند تا از خسارت گنجشگ محفوظ بمانند. هم‌چنین، در طی فصل رشد و برحسب نیاز، در چند مرحله علف‌های‌هرز به‌صورت دستی وجین شدند. در این آزمایش ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن و درصد و عملکرد پروتئین دانه و کارآیی زراعی نیتروژن اندازه‌گیری و مطالعه شد. در پایان فصل رشد برای تعیین اجزای عملکرد، از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و بر اساس آن‌ها ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه محاسبه گردید. برای تعیین وزن ۱۰۰۰دانه، تعداد چهار نمونه ۱۰۰۰تایی از بذور هر واحد آزمایشی جدا شد و پس از توزین متوسط وزن چهار نمونه به‌عنوان وزن ۱۰۰۰دانه و بر حسب گرم در نظر گرفته شد. در زمان برداشت از ۲ردیف میانی هر کرت با رعایت نیم‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت‌ها، برداشت انجام گرفت و عملکرد دانه از مساحت یک مترمربع محاسبه گردید. درصد روغن و پروتیین دانه به‌ترتیب با روش سوکسله و کجلدال تعیین گردید (Naseri *et al*., 2012). عملکرد روغن و پروتیین در واحد سطح از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن و پروتیین به‌دست آمد.

www.SID.ir

Archive of SID

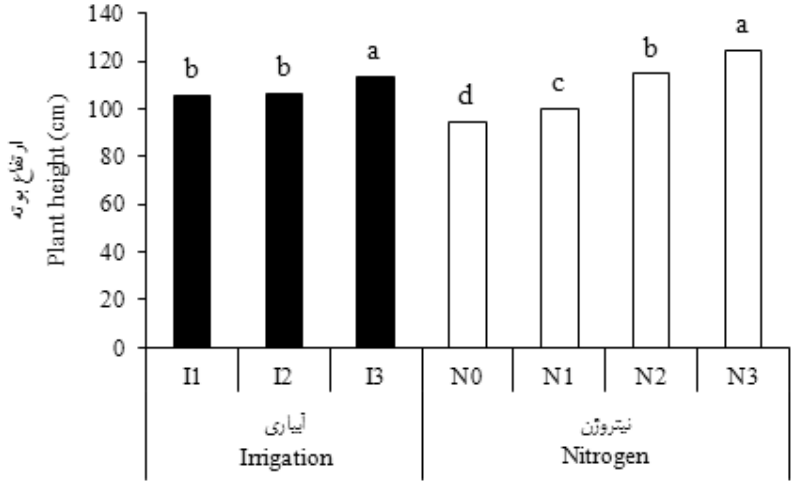
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آبیاری و نیتروژن بر برخی شاخص‌های زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 1- Analysis of variance for the effect of irrigation and nitrogen on some agronomic indices, yield and yield components of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS				
		ارتفاع بوته plant height	قطر طبق Anthodium diameter	تعداد دانه در طبق No. seed per anthodium	وزن هزاردانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield
تکرار (Replication)	2	565.36	42.91	22205	138.84	94538
آبیاری (I) Irrigation	2	239.19**	35.10**	144658**	268.37**	3957666**
خطای a Error a	4	3661.00	0.93	6141	23.81	56685
نیتروژن (N) Nitrogen (N)	3	1676.33**	107.06**	210883**	178.27**	1805915**
I×N	6	38.08^{ns}	5.55**	9074*	6.21^{ns}	99003**
خطای b Error b	18	23.41	0.80	3433	11.48	19289
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		4.46	6.13	6.66	8.04	10.04

* و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک‌درصد

* and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر ارتفاع بوته آفتابگردان (I_1 تا I_3: به‌ترتیب آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N_0 تا N_3: به‌ترتیب صفر، ٦٠، ۱۲۰ و ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Figure 1- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on plant height of sunflower (I_1-I_3: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N_0-N_3: 0, 60, 120 and 180 kg N ha^{-1}, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی زراعی مصرف نیتروژن (ANUE)[1] نیز بر اساس معادله (۱) محاسبه شد (El-Gizawy, 2009).

$$ANUE = \frac{N_i - N_0}{N_t} \quad (۱)$$

در این معادله کارایی زراعی مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود مصرفی، N_i عملکرد دانه در تیمار کودی و N_0 عملکرد دانه در تیمار شاهد و N_t کود مصرفی می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال پنج‌درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر آبیاری و کود نیتروژن بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل آبیاری در نیتروژن بر این ویژگی معنی‌دار نبود (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین‌ها تیمار آبیاری در کل دوره رشد بیش‌ترین ارتفاع بوته آفتابگردان (۱۱۳/۵۰سانتی‌متر) را داشت و کم‌ترین ارتفاع بوته (۱۰۵/۲۵سانتی‌متر) بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار آبیاری تا گلدهی، مربوط به آبیاری تا دانه‌بندی بود که در مقایسه با آبیاری در کل دوره رشد از کاهش ۷/۲۶درصدی برخوردار بود (شکل ۱). Sinebo *et al*, 2004 بیان کردند میزان دسترسی به رطوبت خاک مهم‌ترین عامل در تعیین ارتفاع گیاهان زراعی در مناطق نیمه‌خشک می‌باشد. هم‌چنین، یکی از اثرات کمبود آب، کاهش توسعه سلولی به‌واسطه کاهش در آماس سلول است که این امر باعث کاهش طویل‌شدن ساقه و برگ و کاهش فتوسنتز در گیاه می‌شود. گزارش شده است کمبود آب باعث کاهش تقسیم سلولی و کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Cabuslay *et al*., 2002). در بررسی اثر سطوح نیتروژن بر ارتفاع بوته نیز مشخص گردید که بیش‌ترین (۱۲۴/۴۴سانتی‌متر) و کم‌ترین (۹۴/۴۴سانتی‌متر) ارتفاع بوته به‌ترتیب به تیمارهای ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نیتروژن رخ داده است (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد نیتروژن به‌دلیل افزایش رشد رویشی و افزایش تقسیم سلولی افزایش ارتفاع بوته را به‌دنبال داشته است (Erkossa *et al*., 2002). اوزر (Ozer, 2003) نیز در بررسی تأثیر نیتروژن بر کلزا گزارش کرد که کاربرد بیشتر کود نیتروژن، افزایش ارتفاع بوته کلزا را به‌همراه داشت.

قطر طبق

قطر طبق در سطح احتمال یک‌درصد تحت تأثیر آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱)، به‌طوری‌که بیش‌ترین قطر طبق (۲۲/۴۶سانتی‌متر) به آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص یافت. کم‌ترین میزان این ویژگی (۱۰/۱۰سانتی‌متر) نیز از آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن به‌دست آمد. این تیمار در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار، قطر طبق را ۵۵درصد کاهش داد (جدول ۲). در شرایط آبیاری محدود، کمبود رطوبت قابل‌دسترس خاک موجب اختلال در فتوسنتز و عدم رشد کافی به‌همراه بیش‌تر شدن رقابت برای تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های گیاه و در نهایت کاهش وزن و میزان حجم تولیدی اندام زایشی (طبق) می‌شود. افزایش قطر طبق در اثر افزایش کاربرد نیتروژن توسط Nawaz *et al*, 2003 گزارش شده است. آن‌ها افزایش بیوماس گیاهی پس از تشکیل طبق را دلیل این امر گزارش کردند.

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از این است که اثر آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در طبق در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در نیتروژن مؤید این بود که بیش‌ترین تعداد دانه در طبق (۱۱۸۹دانه) از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و سطح کودی ۱۸۰کیلوگرم به‌دست آمد که اختلاف معنی‌دار با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن نداشت. کم‌ترین میزان این ویژگی (۶۴۸دانه) مربوط به آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن بود که در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن، ۴۵درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آن‌ها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی گیاه و اُفت فعالیت آنزیم‌های مؤثر می‌گردد. هم‌چنین، تنش خشکی از طریق کاهش دوام سطح برگ و کاهش ساخت مواد فتوسنتزی باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به قسمت های زایشی می‌شود که نتیجه آن کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود. هم‌چنین، طی مرحله گلدهی و گرده‌افشانی کمبود آب باعث خشک‌شدن دانه های گرده و کلاله مادگی شده که این مسئله باعث اختلال در گرده‌افشانی توسط حشرات می‌شود. تمام عوامل مذکور در نهایت منجر به اُفت تعداد گلچه‌های بارور در طبق می‌گردد (Mendegar *et al*., 2011). Chimenti and Pearsonand, 2002 نیز در بررسی‌های خود دریافتند که تعداد دانه در طبق آفتابگردان در اثر تنش خشکی کاهش یافت. هم‌چنین، Bani Saeidi, 2012 دریافت که کاربرد نیتروژن افزایش تعداد دانه در طبق را به‌دنبال داشت. نام‌برده، افزایش تعداد سلول‌های بنیادی و افزایش مواد فتوسنتزی را دلیل افزایش تعداد دانه در طبق دانست.

1- Agronomic nitrogen use efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرمتقابل آبیاری و نیتروژن بر قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، روغن و پروتئین آفتابگردان

Table 2- Mean comparison for the effect of irrigation × nitrogen interaction on anthodium diameter, number of seed per anthodium, grain, oil and protein yields of sunflower

آبیاری Irrigation	نیتروژن Nitrogen	قطر طبق Anthodium diameter (cm)	تعداد دانه در طبق No. seed per anthodium	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	عملکرد روغن Oil yield (kg ha^{-1})	عملکرد پروتئین Protein yield (kg ha^{-1})
آبیاری تا گلدهی Irrigation till flowering	0	10.10^{g}	648^{h}	418^{f}	175.53^{g}	95.41^{g}
	60	12.56^{ef}	750^{efg}	706^{e}	296.87^{f}	162.61^{f}
	120	14.13^{d}	842^{d}e	977^{d}	401.78^{e}	229.80^{e}
	180	16.43^{c}	882^{cd}	1021^{cd}	415.92^{de}	238.81^{de}
آبیاری تا دانه‌بندی Irrigation till seed formation	0	11.16^{fg}	680^{gh}	948^{d}	399.19^{d}	212.45^{fg}
	60	12.76^{de}	807^{def}	1218	898.11^{c}	278.01^{d}
	120	14.20^{d}	889^{dc}	1727^{b}	721.91^{b}	390.21^{bc}
	180	17.80^{bc}	1067^{b}	1887^{b}	788.50^{b}	430.86^{b}
آبیاری در کل دوره رشد Irrigation at total growth period	0	11.93^{ef}	737^{fg}	1125^{cd}	484.33^{cd}	241.29^{ef}
	60	13.26^{de}	959^{c}	1688^{b}	735.98^{b}	369.25^{c}
	120	18.66^{b}	1105^{ab}	2338^{a}	983.32^{a}	507.80^{a}
	180	22.46^{a}	1189^{a}	2512^{a}	1055.20^{a}	549.32^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means within each column followed by the same letters are not significantly different at α=0.05 based on LSD test.

وزن هزاردانه

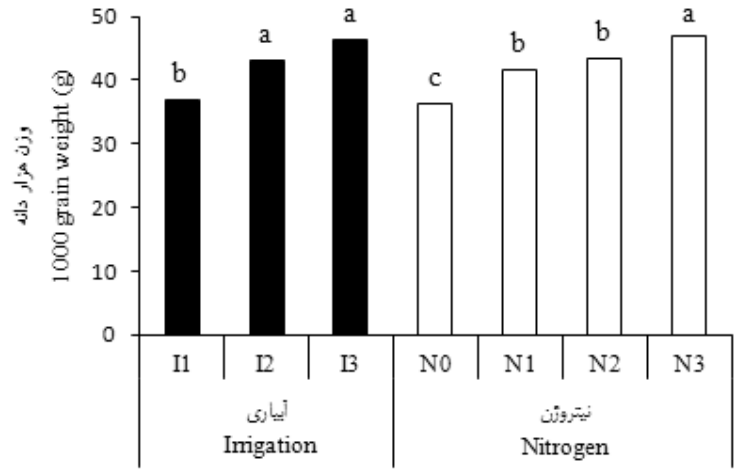
با توجه به نتایج جدول ۱، مشخص شد که اثر آبیاری و نیتروژن بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل آبیاری در نیتروژن بر این ویژگی معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین اثر آبیاری بر وزن هزاردانه آفتابگردان مؤید این بود که بیش‌ترین وزن هزاردانه (۴۲/۲۶گرم) به تیمار آبیاری در کل دوره رشد و کم‌ترین آن (۳۶/۹۶گرم) به تیمار آبیاری تا گلدهی تعلق گرفت. آبیاری تا گلدهی نسبت به آبیاری در کل دوره رشد وزن هزاردانه را به میزان ۱۲/۵۴درصد کاهش داد (شکل ۲). کاهش وزن هزاردانه در تنش شدید خشکی را می‌توان به کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گرده افشانی در اندام‌های رویشی و کاهش دوام سطح برگ در گیاهان تحت تیمار که در نتیجه دوره پُرشدن دانه را کوتاه نموده، نسبت داد (Gholinazad *et al*., 2009). امام (Emam, 2006) اظهار نمود در شرایط تنش شدید، آب کافی برای پُرشدن دانه ها فراهم نبوده، بنابراین مقصدهای فیزیولوژی به‌خوبی پُرنشده و در نتیجه وزن دانه ها به‌شدت کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق با یافته‌های Roshdi *et al*, 2005 نیز مطابقت دارد. در بررسی اثر سطوح نیتروژن بر وزن هزاردانه نیز مشخص گردید که بیش‌ترین (۴۶/۹۳گرم) و کم‌ترین (۳۶/۲۷گرم) وزن هزاردانه به‌ترتیب به تیمارهای ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نیتروژن تعلق گرفت (شکل ۲). عدم مصرف نیتروژن در مقایسه با نیتروژن ۱۸۰کیلوگرم، وزن هزاردانه را ۲۲/۷۰درصد کاهش داد. به‌نظر می‌رسد نیتروژن به‌دلیل افزایش دوام سطح برگ، بهبود فتوسنتز، عرضه و تسهیم بهتر مواد و عناصر غذایی در گیاه باعث افزایش وزن دانه شده باشد. بررسی‌های Malhi and Gill, 2004 نیز نشان داد که مصرف نیتروژن وزن هزاردانه کلزا را افزایش داد. هم‌چنین، نتایج آزمایش Moradi *et al*, 2012 با نتایج این آزمایش هماهنگ است. آن‌ها دلیل این امر را به افزایش در فرآیند فتوسنتز نسبت دادند و اظهار داشتند که کربوهیدرات‌ها و نیتروژن ذخیره شده در طول دوره گلدهی تعیین کننده میزان دانه‌بندی بوده و کمبود نیتروژن وزن دانه را از طریق کاهش فتوآسیمیلات‌ها کاهش می‌دهد.

عملکرد دانه

بین سطوح آبیاری و نیتروژن در سطح احتمال یک‌درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج‌درصد از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد دانه در ترکیبات تیماری حاکی از این بود که بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۵۱۲کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک گروه آماری قرار داشتند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر وزن هزاردانه آفتابگردان (I_1 تا I_3: به‌ترتیب آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N_0 تا N_3: به‌ترتیب صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Figure 2- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on 1000 grain weight of sunflower (I_1-I_3: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N_0-N_3: 0, 60, 120 and 180 kg N ha^{-1}, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

کم‌ترین میزان عملکرد (۴۱۷/۷۰کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن حاصل شد، به‌طوری‌که این تیمار در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن از کاهش ۸۳/۳۷درصدی از نظر عملکرد دانه برخوردار بود (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد قطع آبیاری باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ، کاهش سطح برگ، پیری زودرس و کاهش انتقال مواد می‌شود که نتیجه آن کاهش فتوسنتز و عملکرد دانه است (Aiken and Klocke, 2012). محققان به این نتیجه رسیدند که کمبود آب بعد از مرحله گلدهی به شدت رشد و نمو اندام‌های زایشی را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Aiken and Klocke, 2012). کاهش میزان فتوسنتز به‌علت بسته شدن روزنه‌ها، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پُرکردن دانه و کاهش طول دوره پُرشدن دانه‌ها از مهم‌ترین اثرات خشکی بر عملکرد دانه است (Ozer, 2003). هم‌چنین، از طرفی تنش خشکی از طریق کاهش معنی‌دار تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه منجر به کاهش عملکرد دانه شد، ضمن این که کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی بیشتر به‌علت کاهش تعداد دانه در طبق بوده است.

درصد و عملکرد روغن

اثرات اصلی آبیاری و نیتروژن بر درصد روغن در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل آن‌ها بر این ویژگی معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیش‌ترین میزان درصد روغن (۴۲/۴۹درصد) به تیمار آبیاری در کل دوره رشد تعلق گرفت که از لحاظ آماری با تیمار آبیاری تا دانه‌بندی تفاوت معنی‌دار نداشت. کم‌ترین میزان این ویژگی (۴۱/۴۷درصد) از تیمار آبیاری تا گلدهی به‌دست آمد (شکل ۳). با توجه به نتایج فوق می‌توان بیان کرد که درصد روغن در هنگام تنش کمبود آب به‌علت کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد و طول مدت سنتز روغن کاهش می‌یابد. لذا شرایط آبیاری در کل دوره رشد از مدت زمان بیش‌تری جهت پُرشدن دانه برخوردار بوده و درصد روغن نیز در این تیمار افزایش یافته است. Abraham, 2001 نتایج مشابهی را بر درصد روغن کلزا گزارش کرد. Sinaki *et al*, 2007 نیز کاهش محتوی روغن دانه کلزا را در اثر تنش خشکی گزارش نمودند. آن‌ها دلیل کاهش روغن در شرایط خشکی را به کمبود عناصر غذایی و کاهش طول دوره رشد نسبت دادند. در بررسی اثر سطوح نیتروژن بر درصد روغن نیز مشخص گردید که بیش‌ترین (۴۲/۴۰درصد) و کم‌ترین (۴۱/۵۱درصد) درصد روغن به‌ترتیب به تیمارهای عدم مصرف نیتروژن و ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعلق گرفت (شکل ۳). علت این امر همبستگی منفی بین درصد روغن و میزان نیتروژن است. Barker and Sowyer, 2005 نیز بیان داشتند که با افزایش میزان نیتروژن، درصد روغن دانه کلزا کاهش یافت. این پژوهشگران افزایش درصد پروتئین دانه را دلیل کاهش درصد روغن گزارش کردند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد روغن در سطح احتمال یک‌درصد تحت تاثیر تیمارهای آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل

www.SID.ir

Archive of SID

آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین عملکرد روغن (۱۰۵۵/۲۰کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و کاربرد ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که اختلاف معنی‌دار با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت.

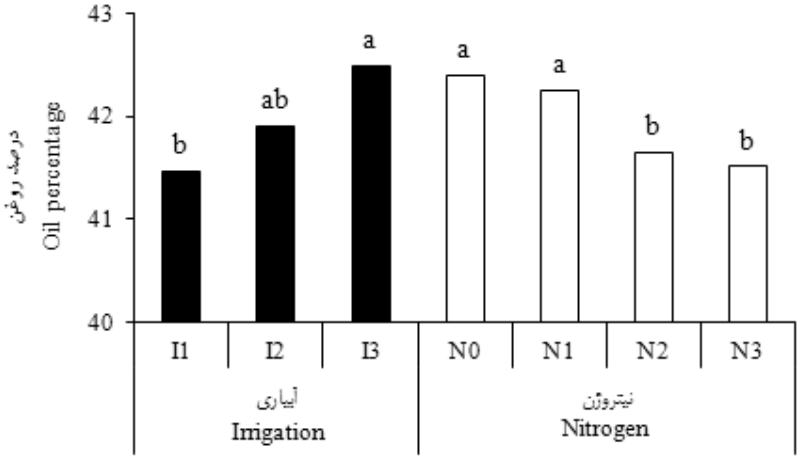
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات کیفی دانه و کارآیی زراعی نیتروژن در آفتابگردان

Table 3- Analysis of variance for the effect of irrigation and nitrogen on grain quality traits and agronomic nitrogen use efficiency of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات				
		درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین Protein yield	کارآیی زراعی نیتروژن agronomic nitrogen use efficiency
تکرار (Replication)	2	1.11	17716	1.46	3042	14.12
آبیاری (I) Irrigation	2	3.11**	732606**	7.40**	169140**	65.50**
خطای a Error a	4	0.77	9199	0.23	2083	8.55
نیتروژن (N) Nitrogen (N)	3	1.74**	301828**	0.38**	94261**	6.23*
I×N	6	0.21ns	17486**	0.05ns	4320**	1.75 ns
خطای b Error b	18	0.32	3159	0.11	993	1.14
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		1.36	9.67	1.50	10.21	17.15

* و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک‌درصد

* and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر درصد روغن دانه آفتابگردان (I_1 تا I_3: به‌ترتیب آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N_0 تا N_3: به‌ترتیب صفر، ٦٠، ١٢٠ و ١٨٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Figure 1- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on oil percentage of sunflower seed (I_1-I_3: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N_0-N_3: 0, 60, 120 and 180 kg N ha^{-1}, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

www.SID.ir

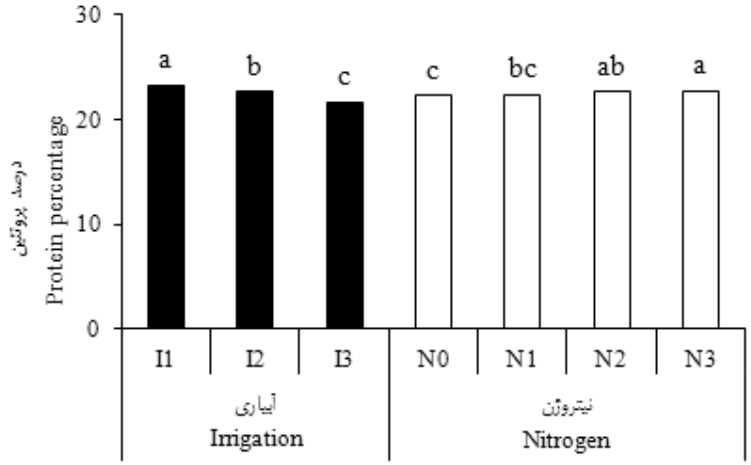
Archive of SID

کم‌ترین میزان این ویژگی نیز که معادل ۱۷۵/۵۳کیلوگرم در هکتار بود، به تیمار آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن تعلق گرفت که در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و کاربرد ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کاهش ۸۳/۳درصدی برخوردار بود (جدول ۲). از آنجایی‌که عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به‌دست می‌آید، لذا به‌دلیل بالابودن عملکرد دانه در تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار، برتری آن از نظر عملکرد روغن نیز دور از انتظار نبود. Goksoy *et al*, 2004 نتایج مشابهی را در گلرنگ گزارش کردند. آن‌ها کاهش عملکرد دانه و درصد روغن در تیمار تنش آبی را علت این امر گزارش کردند.

درصد و عملکرد پروتئین

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر این بود که اثر آبیاری و کود نیتروژن در سطح احتمال یک‌درصد بر درصد پروتئین معنی‌دار شد، ولی بَرهم‌کنش آن‌ها بر درصد پروتئین معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین اثر آبیاری بر درصد پروتئین دانه نشان داد که بیش‌ترین درصد پروتیئن (۲۳/۱۹درصد) از تیمار آبیاری تا گلدهی و کم‌ترین میزان آن (۲۱/۶۴درصد) از آبیاری در کل دوره رشد به‌دست آمد (شکل ۴). بیش‌تر بودن درصد پروتئین در شرایط آبیاری تا گلدهی نسبت به آبیاری در کل دوره رشد می‌تواند مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو در تیمار آبیاری تا گلدهی باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین شده است که با نتایج Jalilian, 2008 مطابقت دارد. مقایسه میانگین سطوح نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین درصد پروتئین (۲۲/۷۰درصد) دانه از مصرف ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل گردید. هم‌چنین، کمترین میزان این ویژگی (۲۲/۳۶درصد) از تیمار عدم مصرف نیتروژن حاصل شد (شکل ۴). در واقع، با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، مواد قابل‌دسترس برای سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد، در نتیجه مواد فتوسنتزی بیش‌تری به تشکیل پروتئین اختصاص یافته و پتانسیل تولید هیدرات‌کربن کاهش خواهد یافت که این عامل باعث کاهش میزان درصد روغن و افزایش میزان پروتئین دانه می‌شود (Taheri *et al*., 2012).

اثر تیمارهای آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک‌درصد بر عملکرد پروتئین معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در نیتروژن حاکی از این بود که بیش‌ترین عملکرد پروتئین (۵۴۹/۳۲کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که اختلاف معنی‌دار با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت.



شکل٤- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر درصد پروتئین دانه آفتابگردان (I_1 تا I_3: به‌ترتیب آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N_0 تا N_3: به‌ترتیب صفر، ٦٠، ١٢٠ و ١٨٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Figure 4- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on protein percentage of sunflower seed (I_1-I_3: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N_1-N_3: 0, 60, 120 and 180 kg N ha^{-1}, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

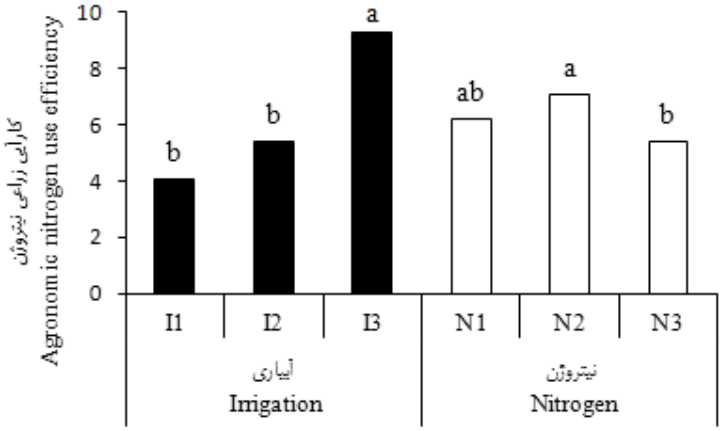
www.SID.ir

Archive of SID

کم‌ترین مقدار آن (۹۵/۴۱کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار آبیاری تا گلدهی و عدم مصرف نیتروژن حاصل شد (جدول ۲). عملکرد پروتئین از حاصلضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه به‌دست می‌آید، لذا به‌دلیل بالابودن عملکرد دانه در تیمار آبیاری در کل دوره رشد و ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار، برتری آن از نظر عملکرد پروتیین نیز کاملاً طبیعی است. Timsina *et al*, 2001 نیز کاهش عملکرد دانه در اثر تنش ناشی از خشکی و کمبود نیتروژن را دلیل کاهش عملکرد پروتئین گزارش کردند.

کارآیی زراعی نیتروژن

آبیاری و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر کارایی زراعی نیتروژن تأثیر معنی‌دار داشتند ولی اثر متقابل آن‌ها بر این ویژگی معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیش‌ترین کارایی زراعی نیتروژن (۹/۲۵کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن) را تیمار آبیاری در کل دوره رشد به‌خود اختصاص داد کم‌ترین میزان این ویژگی که معادل ۴/۰۵کیلوگرم بر کیلوگرم در هکتار بود، از تیمار آبیاری تا گلدهی به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار آبیاری در کل دوره رشد کارایی زراعی نیتروژن را ۵۶درصد کاهش داد (شکل ۵). آب به‌دلیل نقش آن در فرآیندهای جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد ضروری است. هنگامی‌که مقدار آب مصرفی کاهش یابد امکان جذب بیشتر عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن فراهم نشده و هدررفت آن خصوصاً اگر بافت خاک قابلیت نگه‌داری رطوبت پایینی داشته باشد کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش کارآیی زراعی نیتروژن می‌گردد. Hamzei, 2011 در بررسی اثر سطوح آبیاری بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن در کلزا دریافت که با کاهش میزان آب آبیاری کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافت. نامبرده دلیل کاهش این امر را به کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب نسبت داد. هم‌چنین، نتایج این تحقیق با نتایج Gan *et al*, 2008 هماهنگ است. مقایسه میانگین کارایی زراعی نیتروژن در سطوح مختلف نیتروژن حاکی از این بود که بیش‌ترین کارایی زراعی نیتروژن (۷/۰۸کیلوگرم بر کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن و کم‌ترین میزان آن (۵/۴۲کیلوگرم بر کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. به‌طوری‌که، تیمار ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با تیمار ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار از افزایش ۲۳درصدی از نظر کارایی زراعی نیتروژن برخوردار بود (شکل ۵). به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش کارایی زراعی نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروژن افزایش سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق آب‌شویی و تصعید و در نتیجه عدم استفاده مؤثر از نیتروژن باشد (Mojadam, 2008). Sinebo *et al*, 2004 در تحقیق خود دریافتند که با افزایش در میزان نیتروژن مصرفی، کارایی استفاده از نیتروژن کاهش می‌یابد.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر آبیاری و نیتروژن بر کارآیی زراعی نیتروژن (I_1 تا I_3: به‌ترتیب آبیاری تا گلدهی، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری در کل دوره رشد و N_0 تا N_3: به‌ترتیب صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است

Figure 5- Mean comparison for the effect of irrigation and nitrogen on agronomic nitrogen use efficiency (I_1-I_3: irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period, respectively and N_1-N_3: 0, 60, 120 and 180 kg N ha^{-1}, respectively), Different letters above columns indicate significant differences at the P<0.05 level

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش کلیه صفات به‌جز درصد پروتئین دانه شد. آبیاری تا گلدهی بیش‌ترین تأثیر منفی را بر عملکرد نهایی آفتابگردان داشت. تیمار آبیاری در کل دوره رشد (آبیاری به فاصله هر هفت روز یک‌بار) به‌همراه مصرف ۱۸۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه، روغن و پروتئین را داشت ولی این تیمار با تیمار آبیاری در کل دوره رشد و مصرف ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن از نظر آماری تفاوت معنی‌دار نداشت. هم‌چنین، کارایی زراعی مصرف نیتروژن در تیمار ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار به طور معنی‌داری بیش‌تر از نیتروژن ۱۸۰کیلوگرم بود. لذا، می‌توان اظهار داشت که آبیاری مزرعه آفتابگردان در کل دوره رشد و کاربرد ۱۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند ضمن کاهش هزینه کود نیتروژن، عملکرد رضایت‌بخشی داشته باشد.

References

1. Abasi, A., Farahvash, H., Kazemi, A., and Mosavizadeh, E. 2008. Effects of water stress on some morphological characteristics of sunflower cultivars. Journal of Research in Agricultural Science 8 (2): 1-10.
2. Abraham, N. A. 2001. Determinants of sunflower seed quality for processing (Growth and development of the seed, Chapter 1). University of Pretoria. Pp. 22.
3. Aiken, R. M., and Klocke, N. L. 2012. Inferring transpiration control from sap flow heat gauges and the Penman-Monteith equation. Transactions. of the ASABE 55 (2): 543-549
4. Ali, M. D. H., and Shui, L. T. 2009. Potential evapotranspiration model for muda irrigation project, Malaysia. Water Resources Management 23 (1): 57-69.
5. Alizadeh, A. 2005. A review of national drought preparedness strategies and action plant in forren countries. Paper on drougt management strategy. FAO and ministry of Jehad, Agriculture, IR of Iran.
6. Ataei, M., Karimi, B., Naseri, A., Lotfi, F., and Mottaghi, S. 2008. Investigate the effect of limited irrigation on agronomic traits and yield of sunflower cultivars. Plants and Ecosystems 22 (6): 89-110.
7. Bani Saeidi, A. 2012. The effect of nitrogen on yield, yield components and nitrogen use efficiency of sunflower cultivars in Khuzestan conditions. Crop Physiology 15(4): 71-86.
8. Barker, W. B., and Sowyer, J. E. 2005. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. Agronomy Journal 97(2): 615-619.
9. Behbodi, B., and Beheshti, A. R. 2010. Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. Australian Journal of Crop Science 4(3): 185-189.
10. Beyazgul, M., Kayam, Y., and Engelsman, F. 2000. Estimation methods for crop water requirements in the Gediz Basin of western Turkey. Journal of Hydrology 229(2): 19-26.
11. Cabuslay, G. S., Ito, O., and Alejar, A. A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. Plant Science 163(4): 815-827.
12. Chimenti, C. A., and Pearsonand, J. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crops Research 75(3): 235-246.
13. El-Gizawy, N. K. B. 2009. Effects of nitrogen rate and plant density on agronomic nitrogen efficiency and maize yield following wheat and fababean. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 5(3): 378–386.
14. El-Sayed, K. A., Ross, S. A., El-Sohly, M. A., Khalafall, M. M., Abdel Halim, O. B., and Ikegami, F. 2000. Effect of different fertilizers on the amino acid, fatty acid and essential oil composition of Nigella sativa seeds. Saudi Pharmaceutical Journal 8(4): 175-182.
15. Emam, Y. 2006. Agriculture Cereals. Shiraz University. Iran. (In Persian)
16. Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. Agricultural Research Centre, Ethiopia 82: 247-256.
17. Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, E., Di Caterina, R., and De Caro, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. European Journal of Agronomy 17(3): 221–230.
18. Flenet, F., Boundials, A., and suraiva, C. 1996. Sunflower response to a range of soil water content. European Journal of Agronomy 5(4): 161- 167.
19. Gan, Y., Malhi, S. S., Brandt, S., Katepa-Mupondwad, F., and Stevenson, C. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of juncea canola under diverse environments. Agronomy Journal 2(100): 285–295.
20. Gholinazad, A., Ayeneband, A., Hasanzadeh, E. 2009. Effect of drought stress and nitrogen levels of density on yield, yield components and harvest index Euroflour cultivar of sunflower in Urmia. Journal of Plant Production 16(3): 127-140.

www.SID.ir

Archive of SID

21. Goksoy, A. T., Demir, A. O., Turan, Z. M., and Dagustu, N. 2004. Responses of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Research 87 (2): 167-178.
22. Hamzei, J. 2011. Seed, oil, and protein yields of canola under combinations of irrigation and nitrogen application. Agronomy Journal 103(33): 1152-1158.
23. Jalilian, J. 2008. The effect of organic fertilizers and different levels of nitrogen fertilization on yield and quantitative and qualitative characteristics of sunflower in conditions of water stress. PhD. Thesis, University of Tarbiat Modarres, Iran (In Farsi).
24. Kiani, M., Gheysari, M., Mostafazadeh-Fard, B., Majidi, M. M. and Landi, E. 2014. Determination of crop water use and crop coefficient of two hybrids of sunflower (euroflor and sirna) under drip-tape irrigation system. Journal of Science and Technological Agriculture and Natural Resources 67: 289-299.
25. Malhi, S. S., and Gill, K. S. 2004. Placement, rate and source of N, seed row opener and seedling depth effect of canola production. Canadian Journal Plant Science 84(3): 719-729.
26. Mendegar, S., Mojadam, M., Soltani, H., and Danaei, A. K. 2011. Effect of withholding irrigation times on some quantitative and qualitative characteristics of oil sunflower hybrids. Journal of Crop Improvement 1(3): 39-54.
27. Mojadam, M. 2008. Effects of water deficit stress and nitrogen management on dry matter distribution and some morphological characteristics of corn. Journal of Environmental Stresses in Plant Science 1(2): 123-136.
28. Moradi, M., Motamed, M. K., Azarpour, E., and Khosravi Danesh, R. 2012. Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. Journal of Agricultural and Biological Science 7(2): 133-137.
29. Naseri, R., Kazemi, E., Mahmoodian, L., Mirzaei, A., and Soleymanifad, A. 2012. Study on effects of different plant density on seed yield, oil and protein content of four canola cultivars in western Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(2): 70-78.
30. Nawaz, G., Sarwar, M., Yousaf, T., Ahmad, A., and Shah, M. J. 2003. Yield and yield component of sunflower as afected by various NPK levels. Asian Journal of Plant Science 2(7): 561- 562.
31. Nazemie, A., Khazaei, H. R., Boromand Rezazadeh, Z., and Hosseini, A. 2008. Effect of drought stress and defoliation on sunflower in controlled conditions. Desert 12: 99-104.
32. Omidi, A. H. 2008. Effect of drought stress in different growth stages on yield and some agronomic and physiological characteristics of three varieties of safflower. Seed and Plant Production Journal 25(1): 15-31.
33. Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal of Agriculture 19(3): 453-463.
34. Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161(11): 1189-1202.
35. Roshdi, M., Rezadost, S., and Zainalzade, A. 2005. A survey on the effect of different levels of irrigation features on the qualitative and quantitative varieties of sunflower. Journal of Agricultural Water Management 14(3): 113-123.
36. Salemi, H. R., Afiuni, D. 2005.The impact of limited irrigation on grain yield and yield components of several new wheat varieties. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 12(3): 11-20.
37. Sinaki, J. M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noormohammadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola. American Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 2(4): 417-422.
38. Sinebo, W., Gretzmacher, R., and Edelbauer, A. 2004. Genotypic variation for nitrogen use efficiency in Ethiopian barley. Field Crops Research 85(1): 43–60.
39. Stone, L. R., Goodrum, D. E. Jaffar, M. N., and Khan, A. H. 2001. Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. Agronomy Journal 93(5):1105-1110.
40. Taheri, E., Soleymani, A., and Javanmard, H. R. 2012. The effect of different nitrogen levels on oil yield and harvest index of two spring rapeseed cultivars in Isfahan region. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(20): 1496-1498.
41. Timsina, J., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C., and Amin, M. R. 2001 .Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity and nitrogen use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. Field Crops Research 72: 43-161.
42. Walker, A. J. 2001. The effects of soil fertilizer, nitrogen and moisture on yield, oil and protein of flaxseed. Field Crop Research 932: 101-114.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 4, Winter. 2017, p. 686-698

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۶۹۸-۶۸۶

Effect of Irrigation and Nitrogen on Agronomic Parameters, Yield, Grain Quality and Agronomic Nitrogen Use Efficiency of Sunflower (*Helianthus annuus* L.)

J. Hamzei[1*]- H. Nejafi[2] - M. Babaei[2]

Received: 11-04-2014
Accepted: 22-12-2015

Introduction

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the most important oil crops in the world. Iran is climatically regarded as an arid and semi-arid region in the world, where the lack of precipitation and its inappropriate distribution, high temperature and extensive evaporation makes the irrigation the main way for meeting plants water demand. Hence, studying the effect of irrigation on agriculture is more important in arid and semi-arid regions. In addition, nitrogen is one of the major nutrients which enhance the metabolic processes that lead to increases in vegetative, reproductive growth and yield of crops. Due to their importance and multiple functions in plant living processes, water and nitrogen are considered as important environmental factors affecting plants cultivation and production. Therefore, the current study was carried out to evaluate the effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, yield components, grain quality and agronomic nitrogen use efficiency of sunflower.

Materials and Methods

Experiment was carried out as split plot based on randomized complete block design with three replications at Bu-Ali Sina University during 2012 growing season. Irrigation (irrigation till flowering, irrigation till seed formation and irrigation at total growth period) and nitrogen fertilizer (0, 60, 120 and 180 kg. ha^{-1}) were assigned in main and sub plots, respectively.

Results and Discussion

Results indicated that the effect of irrigation and nitrogen was significant on all traits. The highest plant height, seed weight, oil percentages and agronomic nitrogen use efficiency were obtained at full irrigation treatment. The lowest value of these traits was obtained at irrigation till flowering stage. Moreover, the highest and the lowest protein percentages were revealed at irrigation till flowering stage and irrigation at total growth period, respectively. Mean comparison for nitrogen levels showed that the highest plant height, seed weight and protein percentages were achieved in treatment with180 kg N ha^{-1} and maximum agronomic nitrogen use efficiency was obtained in the treatment of 120 kg N ha^{-1}. Effect of treatment interactions on anthodium diameter, the number of seeds per anthodium and grain, oil and protein yields were significant. The highest anthodium diameter, the number of seeds per anthodium, grain, oil and protein yields was obtained under irrigation treatment during total growth period and application of 180 kg N ha^{-1} had no significant difference with irrigation during total growth period and application of 120 kg N ha^{-1}. The lowest values for these traits were revealed under irrigation treatment till flowering stage and non-application of N. Decreasing of plant height and anthodium diameter under water and nitrogen deficiency conditions can be related to the high sensitivity of cell division and growth to drought stress since the decrease in water potential of tissues reduced cell turgor pressure which it was not enough to their enlargement and it led to the decrease in cell enlargement. Since potential flower number is the factor changing seed number per anthodium which is determined particularly by leaf expansion during vegetative growth period. Water deficit stress during growing period decreases plant photosynthesis source and enzymatic activity by the decrease in leaf area and its shedding and then, it decreases anthodium size and flower number per anthodium. It can be said that seed, oil and protein yields decreased under deficit irrigation conditions due to the decrease in plant growing period, seed filling, anthodium diameter, seed number per anthodium and 1000-seeds weight and the increase in empty seeds percentage per anthodium.

1- Associate Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2- Former MSc. Student, Department of Agronomy and plant breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
(*- Corresponding Author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

Conclusions

It can be concluded that full irrigation and consumption of 120 kg N ha^{-1} is suitable for production the highest grain and oil yields and it improves agronomic nitrogen use efficiency in sunflower cultivation.

Keywords: Chemical fertilizer, Growth, Oil percent, Oil seed, Protein percent, Irrigation water management

www.SID.ir