نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۷۶۳-۷۴۷

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 747-763

بررسی اثرات پرایمینگ و تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد آفتابگردان آجیلی (*Helianthus annuus* L.)

امیررضا صادقی بختوری[1*]، بهمن پاسبان اسلام[2] و نسترن حاجی‌زاده اصل[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۶

صادقی بختوری، ا.ر.، پاسبان اسلام، ب.، و حاجی‌زاده اصل، ن. ۱۳۹۷. بررسی اثرات پرایمینگ و تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد آفتابگردان آجیلی (***Helianthus annuus* L.**). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۳): ۷۶۳-۷۴۷.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ و تنش کم‌آبی بر رشد و عملکرد آفتابگردان آجیلی (*Helianthus annuus* L.) آزمایشی در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل فاکتور پرایمینگ در چهار سطح (آب با نیتروکسین، آب با اکسین، آب مقطر (شاهد) و بدون پرایمینگ) و فاکتور تنش کم‌آبی در سه مرحله (ساقه رفتن، پر شدن دانه و شاهد (بدون تنش در کل دوره رشد)) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر اثرات اصلی پرایمینگ و تنش کم‌آبی قرار گرفتند. پیش تیمار کردن بذرها سبب افزایش معنی‌داری در سرعت رشد مطلق بوته و طبق، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و نسبت مغز دانه به کل دانه و کاهش درصد دانه‌های پوک در طبق شد. اما تنش کم‌آبی باعث کاهش تمامی صفات، به‌جز درصد دانه‌های پوک گردید. تنش کم‌آبی در مرحله پر شدن دانه باعث بیشترین کاهش عملکرد دانه در بوته در واحد سطح گردید. بیشترین مقدار عملکرد دانه در پرایمینگ آب با نیتروکسین به دست آمد. نتایج کلی این تحقیق، بیانگر این بود که پرایمینگ کردن بذور باعث کاهش اثرات سوء تنش کم‌آبی از طریق تحریک رشد و تقسیم سلولی و افزایش بنیه اولیه گیاهچه شده و همچنین می‌تواند در افزایش اجزای عملکرد و عملکرد آفتابگردان آجیلی عاملی مؤثر برای دستیابی به کشاورزی پایدار باشد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌تیمار بذر، تنش رطوبتی، عملکرد دانه

مقدمه [1]

روغن‌ها از مواد عمده و اساسی در تغذیه انسان به‌شمار می‌روند و از طرف دیگر نیاز به تأمین روغن سبب افزایش کشت دانه‌های روغنی در ایران و جهان طی سال‌های اخیر شده است. در بین گیاهان زراعی، آفتابگردان به‌عنوان یکی از منابع مهم تأمین‌کننده روغن غیر قابل انکار است (Seile et al., 2017). آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) پس از سویا (*Glycine max* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) چهارمین دانه روغنی زراعی یک‌ساله جهان است که به خاطر روغن خوراکی آن کشت می‌شود (Jamshidi et al., 2009). در همین راستا، توسعه کشت آفتابگردان بخش مهمی از برنامه‌های کشاورزی را تشکیل می‌دهد. بر اساس گزارش فائو سطح زیر کشت آفتابگردان در ایران طی سال‌های اخیر حدود ۸۲۵۰۰ هکتار با میانگین عملکرد حدود ۲۶۸۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (FAO, 2015). آفتابگردان آجیلی از محصولاتی است که عمدتاً به‌صورت آجیلی و بعضاً در برخی صنایع غذایی مورد استفاده داشته و در بین ایرانیان و برخی کشورهای جهان جایگاه ویژه‌ای دارد (Choobforoush-Khoei et al., 2012). از دیدگاه تغذیه، روغن آفتابگردان به‌دلیل داشتن مقادیر فراوانی از اسیدهای چرب اشباع نشده نظیر اسید اولئیک و اسید

۱ و ۳- به‌ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
۲- دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی
(*- نویسنده مسئول: Email: sadeghi.amir1@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.58044

لینولئیک می‌باشند که در حالت معمول به‌ترتیب ۲۰ و۷۰ درصد کل اسیدهای چرب دانه آفتابگردان را تشکیل می‌دهد (Pal et al., 2015).

تنش‌های محیطی از عوامل مهم کاهش محصولات کشاورزی در دنیا هستند و گیاهان در طول دوره رشد در معرض تنش‌های غیر زنده محیطی مختلفی قرار می‌گیرند (Xu, 2016). در بین تنش‌های محیطی، خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی در سراسر دنیا بوده که بیش از ۴۵ درصد از زمین‌های کشاورزی به‌طور دائم در معرض خشکی قرار دارند. لذا در آینده، بیشترین تلاش‌ها در جهت تولید بیشتر محصول در شرایط کم‌آبی خواهد بود به‌عبارت دیگر، باید محصول بیشتری در ازای هر قطره آب تولید کرد (Sinaki et al., 2007). یکی از مهم‌ترین مدیریت‌های مزرعه برای دستیابی به شرایط مطلوب رشد جامعه گیاهی و عملکرد مناسب، تأمین آب کافی می‌باشد تا گیاه در مراحل حساس دچار تنش رطوبتی نگردد.

خشکی به‌طور نامطلوبی جوانه‌زنی، رشد گیاه و در نهایت تولید محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنش خشکی، یکی از تنش‌های چند بعدی است و سبب اثرات فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می شود (Ramírez et al., 2011). میزان خسارت وارده به گیاه در اثر تنش خشکی بسته به طول دوره تنش خشکی، زمان وقوع تنش، فراوانی وقوع تنش خشکی، نوع گیاه و ویژگی‌های ذاتی خاک متفاوت می‌باشد (Joshi et al., 2014).

آفتابگردان به دلیل وجود سیستم ریشه‌ای گسترده و دارا بودن کرک‌های زبر و خشن در ساقه، برگ و دم برگ تا حدودی در برابر خشکی متحمل است (Angadi & Entz, 2002). با این‌حال، تنش محدودیت آب در دوره گلدهی، تعداد دانه در طبق و در مرحله پر شدن دانه‌ها، عملکرد دانه را به‌نحو قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد (Mazaheri laghab et al., 2001).

جوانه‌زنی اولین مرحله نمو گیاه است که از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی گیاهان بوده و یک فرآیند کلیدی در سبز شدن گیاهچه می‌باشد. این مرحله از رشد به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه دما و رطوبت خاک قرار می‌گیرد، جوانه‌زنی غیرهمزمان و کند، یکی از صفات نامطلوب بذر گیاهان زراعی می‌باشد (Najafi et al., 2010). راهکارهایی که محققان برای بهبود و یکنواختی جوانه‌زنی و سرعت سبز شدن پیشنهاد می‌کنند پرایمینگ بذر می‌باشد. مطالعات زیادی درباره تأثیرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پرایمینگ روی دانه‌های مختلف حبوبات انجام شده و نتایج نشان داده است که تیمار پرایمینگ قادر به بهبود فرآیند جوانه زنی و ایجاد مقاومت تحت شرایط تنش است. علاوه بر تأثیرات پرایمینگ روی بهبود رشد و جوانه‌زنی گیاهان و افزایش مقاومت آن‌ها به تنش‌های محیطی است. شیوه‌های مختلف پرایمینگ باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزی شده، به‌علت قابلیت دسترسی آسان گیاهچه به مواد غذایی در طول جوانه‌زنی، در بذرهای پرایمینگ شده، جوانه زنی سریع‌تر اتفاق افتاده و همچنین در زمان کوتاه‌تری فرآیند جوانه‌زنی تکمیل می‌شوند (Nonami et al., 1995). براساس مطالعات صورت گرفته پرایمینگ بذر در شرایط مزرعه‌ای نیز نتایج رضایت‌بخشی را در گیاهان مختلف به همراه داشته است. به‌طوری که با کاهش پتانسیل ماتریک خاک و تنش ناشی از آن، اثر مثبت پرایمینگ بذر گیاهان ذرت (*Zea mays* L.) و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) بر صفات وزن خشک و طول اندام‌های هوایی گیاه گزارش شده است (Murungu et al., 2004).

بنابراین با توجه به اهمیت بسیار بالای گیاه آفتابگردان و بهبود مدیریت آب کشاورزی به‌منظور تولید محصولات با حداقل مصرف آب و این‌که اطلاعات محدودی در زمینه کاربرد پرایمینگ در شرایط تنش کم‌آبی روی گیاه آفتابگردان صورت گرفته است انجام این تحقیق ضروری به‌نظر رسید. هدف اصلی از انجام این آزمایش، ارزیابی اثرات مثبت و منفی پرایمینگ تحت شرایط تنش کم‌آبی روی برخی صفات مهم آفتابگردان آجیلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۹۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸۱ دقیقه شمالی و ۱۳۱۸/۸ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد قرار گرفته است، در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۳ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل دو عامل تنش کم‌آبی در مرحله (ساقه رفتن، پرشدن دانه و بدون تنش) و پرایمینگ (آب و نیتروکسین (۰/۰۵ گرم در یک لیتر آب)، آب و اکسین (۰/۰۵ گرم در یک لیتر آب)، آب مقطر و بدون پرایمینگ) و با سه تکرار بود. در این بررسی از یک رقم آفتابگردان آجیلی توده محلی صوفیان استفاده شد. بذور مربوطه از محل‌های

فروش بذر از شهرستان صوفیان واقع در آذربایجان شرقی تهیه شد.

بر اساس آمار هواشناسی میانگین بارندگی این ناحیه ۲۷۳/۱ میلی‌متر در سال می‌باشد که بیشترین مقدار آن ۴۲/۴ میلی‌متر در اردیبهشت ماه و کمترین مقدار آن ۲۲/۳ میلی‌متر در شهریور ماه در یک دوره ۱۰ ساله رخ داده است. میانگین دمای سالیانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداکثر و حداقل دمای سالیانه ۱۶/۵ و ۲/۷۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میزان رس، سیلیت و شن به‌ترتیب ۳۰، ۲۸ و ۴۲ درصد و دارای خاک با بافت لومی بوده و مقدار کربن آلی خاک در حدود ۰/۷۲ درصد و pH خاک در حدود ۸/۱ در نوسان بود. آماده‌سازی زمین مورد نظر در پاییز سال ۱۳۹۲ انجام شد. عملیات تکمیلی شامل شخم سطحی زمین، کودپاشی و دیسک‌زنی در نیمه اول فروردین سال ۱۳۹۳ صورت گرفت.

قبل از کاشت، جوی و پشته‌هایی به فواصل ۶۰ سانتی‌متر و در راستای شمال- جنوب ایجاد گردید. کاشت در تاریخ ۱۱ اردیبهشت سال ۱۳۹۳ انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت به طول سه متر تشکیل شده بود. کاشت بذور در محل داغ آب به‌صورت دستی و به روش کپه‌ای انجام گردید. فاصله کپه‌ها از هم ۳۰ سانتی-متر بود (تراکم ۵۵۰۰۰ بوته در هکتار) و در هر کپه ۳ تا ۴ بذر قرار داده شد. بعد از کاشت، آبیاری در همان روز انجام گرفت. جوانه‌زنی ۱۱ الی ۱۵ روز بعد از کاشت صورت گرفت. آبیاری به‌روش جوی و پشته با دور آبیاری هفت روز انجام شد. وجین اول پس از ظهور برگ-های لپه‌ای و وجین دوم در مرحله ۱۰ تا ۱۲ برگی انجام شد. تنک کردن بوته‌ها به‌دلیل احتمال حمله کرم مفتولی ریشه (آگریوتیس) در مرحله ۶ تا ۸ برگی صورت پذیرفت. عملیات پرایمینگ ۴۸ ساعت قبل از کاشت انجام شد به‌طوری که بذرها به مدت ۱۶ ساعت در محلول-های مورد نظر خیسانده شده و سپس به مدت ۲۴ ساعت در سایه خشک شدند. آبیاری بر اساس تیمارهای آزمایش اعمال گردید. اعمال زمان آبیاری با استفاده از تشتک تبخیری (به قطر ۱۲۰/۷ سانتی‌متر و عمق ۲۵ سانتی‌متر) که از قبل در مزرعه مستقر شده بود انجام گرفت. میزان تبخیر از تشتک روزانه در ساعت ۷/۵ صبح یاداشت شد. آبیاری کلیه کرت‌ها تا مرحله ساقه رفتن به‌صورت یکسان انجام شد. آبیاری کرت‌های دارای سطوح مختلف تنش خشکی با استفاده از آمار برداشت شده از تشتک تبخیر و جدول محاسبه تبخیر از تشت کلاس Aانجام شد. تنش کم آبی در دو مرحله ساقه رفتن و گلدهی گیاه بر اساس ۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر صورت گرفت. برای جلوگیری از خسارت گنجشک در مرحله تشکیل و پر شدن دانه، تمام طبق‌ها توسط توری پوشانده شدند. پس از رسیدگی فیزیولوژیک در کرت‌های مربوطه، عمل برداشت انجام پذیرفت.

صفات مورد اندازه‌گیری

در زمان برداشت دو بوته از ابتدا و انتهای ردیف هر کرت حذف و پنج بوته از هر کرت برداشت شدند. نمونه‌ها بعد از برداشت به مدت یک هفته در مقابل آفتاب قرار داده شدند تا به‌صورت کامل خشک شوند.

سرعت رشد مطلق بوته: در مرحله ساقه رفتن دو بوته از هر کرت جدا شد. این دو بوته در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و سپس وزن شدند. این کار ۱۰ روز بعد نیز تکرار شد. سپس با استفاده از معدله (۱) زیر سرعت رشد بوته محاسبه گردید.

معادله (۱)

$$\text{سرعت رشد مطلق بوته} = \frac{\text{وزن خشک ثانویه بوته} - \text{وزن خشک اولیه بوته}}{\text{فاصله زمانی دو بین نمونه برداری}}$$

سرعت رشد مطلق طبق: در مرحله ۵۰ درصد گلدهی طبق دو بوته از هر کرت جدا شد. این دو طبق در دمای ۷۵ درجه سانتی-گراد به‌مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و سپس وزن شد. این کار ۱۰ روز بعد نیز تکرار شد. سپس با استفاده از فرمول زیر سرعت رشد طبق معادله (۲) محاسبه گردید (Paseban Eslam, 2015).

معادله (۲)

$$\text{سرعت رشد مطلق طبق} = \frac{\text{وزن خشک طبق ثانویه} - \text{وزن خشک طبق اولیه}}{\text{فاصله زمانی دو بین نمونه برداری}}$$

قطر طبق: با استفاده از متر در موقع برداشت در دو جهت عمود بر هم، بر حسب سانتی‌متر (برای پنج بوته از هر کرت) اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد.

تعداد دانه در طبق: تعداد دانه در هر طبق (برای پنج بوته از هر کرت) به‌صورت دستی شمارش گردید.

وزن هزار دانه: از هر طبق به‌صورت تصادفی ۴۰۰ عدد دانه انتخاب شده و توزین گردیده سپس وزن هزار دانه با استفاده از میانگین کل طبق‌ها به‌دست آمد.

درصد دانه‌های پوک در هر طبق: از طریق معادله (۳) تعیین گردید (Seyahjani et al., 2010).

معدله (۳)

$$\text{درصد دانه های پوک در هر طبق} = \frac{\text{تعداد دانه های پوک}}{\text{تعداد کل دانه های طبق}} \times 100$$

نسبت وزن مغز به وزن کل دانه: مقدار ۲۰ گرم دانه از هر نمونه جدا و پس از پوست‌گیری و توزین مغز، نسبت وزن مغز دانه به کل دانه تعیین گردید.

عملکرد دانه در بوته: با تعیین عملکرد در تک بوته کرت‌ها (پنج بوته از هر کرت) و عملکرد کل کرت تعیین گردید.

آنالیز آماری

بعد از اطمینان از توزیع نرمال باقیمانده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون دانکن توسط نرم افزار MSTAT-C انجام گرفت. همبستگی ساده صفات مورد بررسی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ محاسبه گردید. برای رسم جداول و نمودارهای مربوطه نیز از نرم‌افزار EXCEL 2013 استفاده شد.

نتایج و بحث

سرعت رشد مطلق بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که پرایمینگ و تنش کم‌آبی روی صفت سرعت رشد مطلق بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح مختلف پرایمینگ نشان داد که بیشترین سرعت رشد مطلق بوته به تیمار آب با نیتروکسین و کمترین آن مربوط به شاهد بود. مصرف نیتروکسین وزن خشک گیاه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. این تیمارها به‌دلیل فراهمی نیتروژن توانسته‌اند وزن خشک بیشتری را نسبت به سایر تیمارها ایجاد کنند که در نتیجه افزایش وزن خشک سرعت رشد بوته نیز افزایش یافته است. تیمارهای آب با نیتروکسین و آب با اکسین اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند ولی تیمار آب مقطر اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد (جدول ۲). استفاده از کودهای بیولوژیک باعث آزاد شدن هورمون‌های رشد گیاه در خاک می‌شود و این موضوع به طورمستقیم یا غیرمستقیم باعث بهبود رشد و نمو محصولات زراعی می‌گردد (Sajadi Nik et al., 2011). محققان دیگر نیز گزارش کردند کود بیولوژیک نیتروکسین بر ارتفاع، طول سنبله و سایر شاخص‌های رشد در گندم (*Triticum aestivum* L) تأثیر معنی‌داری دارد (Sharifi & Hagh Nia, 2006). محققان نشان دادند که اعمال پرایمینگ روی بذر به‌طور معنی‌داری وزن خشک کل گیاه را در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد (Moradi et al., 2009). مقایسه میانگین سرعت رشد مطلق بوته در سطوح مختلف تنش کم‌آبی مشخص نمود که بیشترین کاهش سرعت رشد مطلق بوته مربوط به تنش در مرحله ساقه رفتن بود و اختلاف معنی داری با شاهد داشت، اما تنش در مرحله پر شدن دانه اختلاف معنی-داری با شاهد نشان نداد (جدول ۲). تنش شدید منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش جذب دی‌اکسید کربن شده و به‌طور غیرمستقیم تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد و در نهایت، از وزن تک بوته کاسته می‌شود. با افزایش درصد رطوبت، میزان ماده خشک تولید شده در واحد سطح افزایش پیدا می‌کند. در مطالعه‌ای محققان گزارش کردند که بیشترین وزن خشک ساقه و برگ آفتابگردان را در شاهد و کمترین آن را در تیمار اعمال تنش کمبود آب به‌دست آمد (Halaji, 2004).

سرعت رشد مطلق طبق

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که پرایمینگ بذر و تنش کم‌آبی روی صفت سرعت رشد مطلق طبق در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح مختلف پرایمینگ مشخص نمود که تیمارهای آب با نیتروکسین و آب با اکسین اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند، ولی تیمار آب مقطر اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد. بیشترین سرعت رشد مطلق طبق مربوط به تیمار آب با نیتروکسین و کمترین آن مربوط به شاهد بود (جدول ۲). در این تیمارها به‌علت تحریک رشد و استفاده بهینه از منابع، ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید شد و به‌علت استقرار سریع‌تر گیاهان به دنبال جوانه‌زنی زودتر، فتوسنتز افزایش یافت و در نتیجه تولید و تجمع ماده خشک در واحد سطح از سایر تیمارها بیشتر بود که این نیز باعث افزایش سرعت رشد طبق گردید. محققین گزارش کردند سرعت رشد محصول سویا و برنج (*Oryza sativa* L) در گیاهان پرایمینگ شده نسبت به گیاهان شاهد بیشتر بود و نیز نشان دادند که اعمال روش‌های مختلف پرایمینگ سبب افزایش معنی‌دار سرعت رشد محصول در برنج گردید (Farooq et al., 2006).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه در آفتابگردان آجیلی تحت تأثیر پرایمینگ و تنش کم‌آبی

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for study characteristics of sunflower nuts affected as priming and water stress

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سرعت رشد مطلق بوته Plant growth rate	سرعت رشد مطلق طبق Head growth rate	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	وزن هزار دانه 1000-seeds weight	عملکرد دانه در هکتار Seed yield per hectare	نسبت وزن مغز به وزن کل دانه Kernel to seed ratio	درصد دانه‌های پوک در طبق Percentage of unfilled seeds
تکرار Replication	2	4.949	0.401	0.03	6799.85	218.59	404646.69	0	0.13
پرایمینگ Priming (P)	3	18.848**	2.855**	16.16**	84994.50**	5246.54**	3123126.89**	۰0.009**	7.82**
تنش کم‌آبی Water stress (W)	2	63.295**	25.471**	160.598**	81571.48**	8344.42**	4605356.77**	0.101**	9.57**
پرایمینگ (P) × تنش کم‌آبی (W)	6	2.796	0.837	1.235	9395.94	636.30	575242.55	0.001	2.51
خطای آزمایش Error	22	1.758	0.406	0.54	7786.38	373.52	4111476.30	0.001	1.19
ضریب تغییرات Coefficient of Variation(٪)	---	12.96	10.22	3.15	8.98	8.17	11.07	4.67	6.34

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** significant at $P \leq 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

دیگر محققان معتقدند افزایش سرعت رشد عمدتاً در نتیجه جوانه زنی سریع‌تر و استقرار یکنواخت‌تر بوته‌ها در تیمارهای پرایمینگ است. قاسمی‌گل‌نازی و همکاران (Ghassemi-Golezani et al., 2008) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. مقایسه میانگین سرعت رشد مطلق طبق در سطوح تنش کم‌آبی مشخص نمود که بیشترین کاهش سرعت رشد مطلق طبق مربوط به تنش در مرحله ساقه رفتن بود و با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش خشکی و تحریک پیری برگ و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی یک دلیل عمده کاهش سرعت رشد می‌تواند باشد که با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد. در این آزمایش تنش در مرحله پر شدن دانه اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد (جدول ۲). تنش در هر مرحله از رشد گیاه که اتفاق بیافتد باعث کاهش وزن خشک طبق می‌گردد، گزارش شده که سطوح مختلف تنش کم‌آبی بر روی وزن خشک طبق تأثیر معنی‌داری می‌گذارد و از وزن خشک طبق کاسته می‌شود که این کاهش باعث افت سرعت رشد طبق می‌شود که با نتایج به دست آمده مطابقت دارد (Halaji, 2004).

قطر طبق

پرایمینگ بذر و تنش کم‌آبی بر صفت قطر طبق در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین قطر طبق در سطوح مختلف پرایمینگ نشان داد که بیشترین قطر طبق مربوط به تیمار آب با نیتروکسین و کمترین آن مربوط به تیمار آب مقطر بود. ریز جانداران موجود در کودهای زیستی که در محیط ریشه استقرار یافته‌اند تأثیر مثبتی بر رشد گیاه از جمله قطر طبق دارند این موجودات با سنتز موادی از جمله اکسین می‌توانند رشد و تکثیر سلولی را افزایش داده و به‌تبع آن، قطر طبق را نیز افزایش دهند. در تحقیق حاضر تیمار آب مقطر اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت ولی تیمارهای آب با نیتروکسین و آب با اکسین اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان دادند (جدول ۲). بر مبنای بررسی‌های انجام شده در آفتابگردان، مصرف کودهای زیستی باعث افزایش قطر طبق شده است (Akbari et al., 2009). قطر طبق در هر سه مرحله تنش کم آبی اختلاف معنی‌داری با هم داشتند و بیشترین کاهش مربوط به تنش در مرحله ساقه رفتن بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری محدود، کمبود رطوبت قابل دسترس خاک موجب اختلال در فتوسنتز و عدم رشد کافی به همراه بیشتر شدن رقابت برای تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های گیاه و در نهایت، کاهش وزن و میزان حجم تولیدی اندام زایشی (طبق) می‌شود (Daneshian et al., 2005). نتایج آزمایش نشان می‌دهد که حداقل خشکی بر اندازه مخزن تأثیر منفی می‌گذارد. بنابراین، به‌خوبی واضح است که تنش خشکی می‌تواند هم با تأثیر بر منبع و هم بر مخزن سبب کاهش عملکرد نهایی شود. اثر تنش خشکی روی کاهش قطر طبق توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Andria et al., 1995; Soleymani et al., 2016).

تعداد دانه در طبق

تعداد دانه در طبق یکی دیگر از صفات بسیار مهم در تعیین عملکرد دانه آفتابگردان است که متأثر از میزان آب قابل دسترس گیاه است و تحت شرایط کم‌آبی کاهش می‌یابد. براساس جدول ۱ پرایمینگ و تنش کم‌آبی برای صفت تعداد دانه در طبق در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. با توجه به مقایسه میانگین تعداد دانه در طبق در سطوح پرایمینگ تیمارهای آب با نیتروکسین و آب با اکسین اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند و تیمار آب مقطر اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد که بیشترین تعداد دانه در طبق مربوط به تیمار آب با نیتروکسین بود (شکل ۱). به نظر می‌رسد تأثیر مثبت این باکتری‌ها بر اندام‌های زایشی سبب افزایش تعداد دانه در طبق گردیده است. محققان گزارش کردند که استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش تعداد دانه در نیام سویا می‌گردد (Sogut, 2006). هریس و همکاران (Harris et al., 2007) نیز گزارش دادند که پرایمینگ بذر باعث افزایش تعداد دانه در ردیف ذرت می‌گردد. در مطالعه‌ای محققان گزارش کردند که پرایمینگ بذر موجب افزایش تعداد دانه نخود در واحد سطح می‌گردد (Ghassemi-Golezani et al., 2008). در تحقیق حاضر نتایج مقایسه میانگین سطوح تنش کم‌آبی روی صفت تعداد دانه در طبق نشان داد، تنش در مرحله ساقه رفتن و تنش در مرحله پر شدن دانه اختلاف معنی‌داری با هم نداشته ولی با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند که بیشترین کاهش در تعداد دانه در طبق مربوط به تنش در مرحله ساقه رفتن بود (شکل ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر نوع پرایمینگ و تنش خشکی بر برخی صفات آفتابگردان

Table 2- Mean comparisons of effects of priming and drought stress in sunflower characteristics

Treatments تیمارها	سرعت رشد مطلق بوته (گرم بر روز) Plant growth rate ($g.day^{-1}$)	سرعت رشد مطلق طبق (گرم بر روز) Head growth rate ($g.day^{-1}$)	قطر طبق (سانتی‌متر) Head diameter (cm)	نسبت وزن مغز به وزن کل دانه Kernel to seed ratio	درصد دانه‌های پوک در طبق Percentage of unfilled seeds
پرایمینگ Priming					
آب و اکسین Water and auxin	10.89[a*]	6.66[a]	24.24[a]	0.50[a]	14.99[b]
آب و نیتروکسین Water and nitr auxin	12.06[a]	6.79[a]	24.71[a]	0.51[a]	14.80[b]
آب مقطر Hydro priming	9.47[b]	5.79[b]	22.13[b]	0.45[b]	19.53[a]
شاهد (بدون خیساندن) Control	8.83[b]	5.72[b]	22.24[b]	0.46[b]	19.76[a]
تنش کم‌آبی Water stress					
تنش در مرحله پر شدن دانه Water deficit stress at seed filling stage	11.23[a]	7.15[a]	24.99[b]	0.38[c]	22.57[a]
تنش در مرحله ساقه رفتن Water deficit stress on during stem stage	7.70[b]	4.56[b]	19.14[c]	0.51[b]	15.33[b]
شاهد (بدون تنش) Control	12.02[a]	7.01[a]	25.88[a]	0.55[a]	13.89[c]

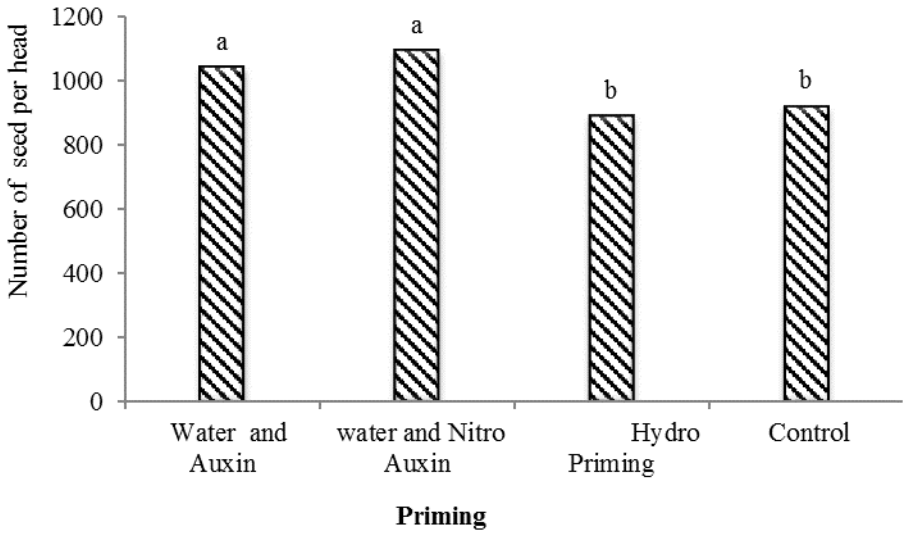
* میانگین‌هایی که برای هر جزء در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means within a column for each component followed by the same letters have not significantly difference based on Duncan test ($p\leq0.05$).

طرح اولیه گل‌ها در آفتابگردان قبل از مرحله گلدهی شروع می‌شود، زیرا براساس تعریف شروع گلدهی زمانی است که گل‌های شعاعی طبق شروع به باز شدن می‌کنند و واضح است که در این هنگام بخش عمده‌ای از رشد و نمو گل‌آذین انجام شده است. لذا اعمال تنش خشکی قبل از دوره گل‌دهی که در این تحقیق مرحله ساقه رفتن می‌باشد، سبب کاهش تعداد گل و نهایتاً تعداد دانه در گل‌آذین می‌گردد. در اثر کاهش فتوسنتز به‌واسطه تنش خشکی، تولید سلول‌های بنیادی کاهش یافته و در نتیجه تعداد دانه کمتری در طبق تولید می‌شود، همچنین در مرحله رویشی کمبود آب باعث کاهش قدرت منبع در انتقال مواد فتوسنتزی شده و همین عامل در افت تعداد گلچه‌های بارور سطح طبق و در نتیجه تعداد دانه در طبق مؤثر می‌باشد(Baydar et al., 2010). نتایج سایر محققان نیز نشان داد که تعداد دانه در طبق تحت تأثیر شرایط محیطی حاد طی دوره زمانی قبل از شروع گرده‌افشانی و تا مدتی بعد از آن تغییر می‌نماید(Vilalobos et al., 1996).

وزن هزار دانه

وزن دانه‌های آفتابگردان به‌عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد است که کمیت آن به مرحله پر شدن دانه‌ها وابسته است. در این آزمایش وزن هزار دانه تحت تأثیر هر دو فاکتور پرایمینگ و تنش کم‌آبی قرار گرفت و این دو فاکتور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند، اما اثر متقابل این دو فاکتور معنی‌دار نشد (جدول ۱). طبق مقایسه میانگین پرایمینگ آب با نیتروکسین و آب با اکسین اختلاف معنی‌داری با هم نداشته ولی با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار آب با نیتروکسین و کمترین وزن هزار دانه مربوط به آب مقطر بود (شکل ۳). کمبود نیتروژن باعث متوقف شدن رشد اندام‌های هوایی به‌خصوص دانه‌ها می‌گردد.

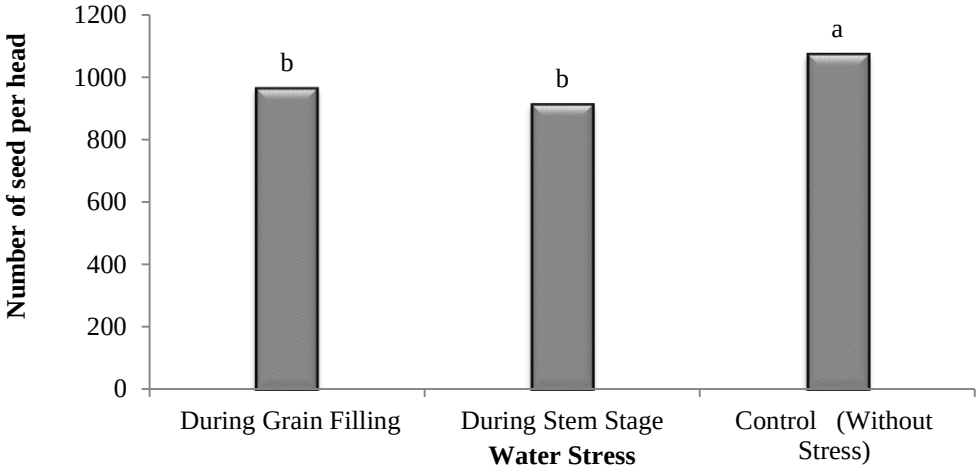


شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر روش‌های مختلف پرایمینگ بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Fig. 1- Mean comparisons for the effect of different methods of priming on number of seed per head of sunflowers

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means followed by the same letters have not significantly difference based on Duncan test ($p\leq 0.05$).



شکل ۲- مقایسه میانگین تاثیر تنش کم آبی بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Fig. 2- Mean comparisons for the effect of deficit water stress on number of seed per head of sunflowers

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

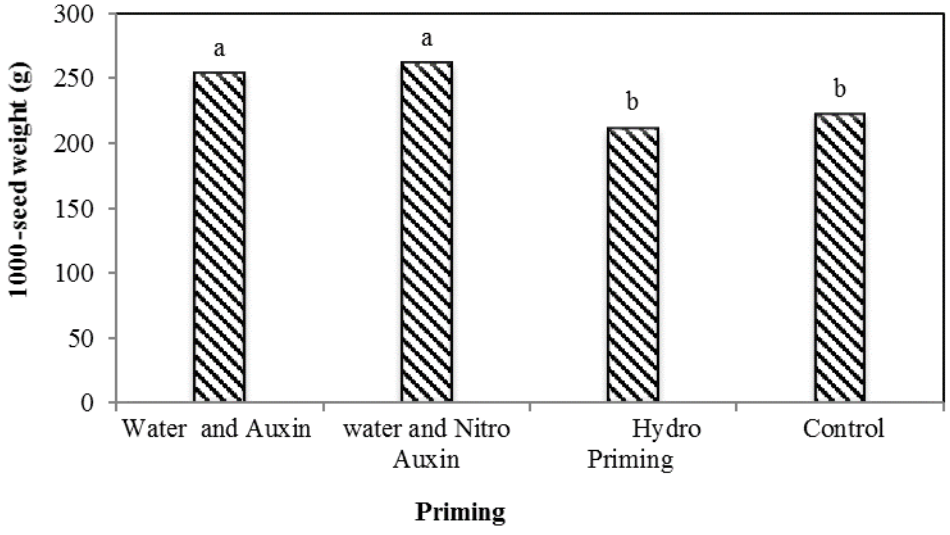
* Means followed by the same letters have not significantly difference based on Duncan test ($p\leq 0.05$).

در این آزمایش با مصرف نیتروکسین وزن هزار دانه افزایش یافت این امر می‌تواند به‌دلیل کارآیی جذب و مصرف اوره بیشتر گیاهان حاصل از بذرهای پرایم شده نسبت به گیاهان حاصل از بذرهای پرایم نشده باشد. کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری در افزایش وزن هزاردانه آفتابگردان داشتند (Pirasteh Anousheh et al., 2010; Rezvani Moghaddam et al., 2015). در مطالعه‌ای محققین نیز افزایش وزن هزار دانه گندم در اثر پرایمینگ بذور را گزارش نمودند (Farooq et al., 2006). طبق گزارش محققین تلقیح بذر با نیتروکسین افزایش

معنی‌دار در وزن هزاردانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) ایجاد کرده است (Sajadi Nik et al., 2011). مقایسه میانگین وزن هزار دانه در سطوح تنش کم‌آبی نشان‌دهنده این بود که تنش در مرحله ساقه روی با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، در حالی‌که تنش در مرحله پر شدن دانه اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد. بیشترین کاهش در وزن هزار دانه مربوط به تنش در مرحله پر شدن دانه بود (شکل ۴). در شرایط تنش رقابت دانه‌های موجود در یک طبق، بر سر مصرف مواد فتوسنتزی محدود باعث کاهش وزن هزار دانه می‌گردد. همچنین از دلایل کاهش وزن هزار دانه در شرایط دیم (تنش خشکی) نسبت به حالتی که آبیاری تکمیلی انجام شده است، می‌توان به کاهش انتقال مواد از آوند آبکش که مواد اصلی را تأمین می‌کند اشاره کرد. همچنین تنش کم‌آبی، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی را در برگ‌های در حال توسعه کاهش می‌دهد در نتیجه، خشکی به‌طور غیرمستقیم، میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ‌ها را به‌سمت دانه کاهش می‌دهد (Brown, 1971). آبیاری در مرحله دانه‌بندی باعث افزایش اندوخته‌های غذایی و پرشدن دانه‌ها و درنتیجه افزایش وزن دانه آفتابگردان می‌گردد (Mazaheri Laghab et al., 2001).

عملکرد دانه در واحد سطح

در تحقیق حاضر تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده این بود که پرایمینگ و تنش کم‌آبی برای عملکرد دانه در واحد سطح معنی‌دار بودند (جدول ۱). در نتیجه مقایسه میانگین سطوح مختلف پرایمینگ مشخص شد که بیشترین عملکرد به تیمار آب با نیتروکسین و کمترین عملکرد مربوط به شاهد بود (شکل ۵). افزایش عملکرد به‌وسیله پرایمینگ بذر، می‌تواند به دلیل جوانه‌زنی بهتر، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت، استفاده مطلوب از مواد غذایی و عوامل محیطی باشد. در این آزمایش تیمارهای آب با نیتروکسین و آب با اکسین اختلاف معنی‌داری با هم نداشته ولی با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. تیمار آب مقطر اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد (شکل ۶). باکتری‌های مفید موجود در نیتروکسین (*ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم*) قادرند با ترشح هورمون‌های رشد به افزایش عملکرد کمک کنند. همچنین دیگر محققان گزارش کردند که پرایمینگ بذور ذرت باعث بهتر شدن استقرار، رشد گیاه، گلدهی زودتر و عملکرد بیشتر شد (Harris et al., 2002).

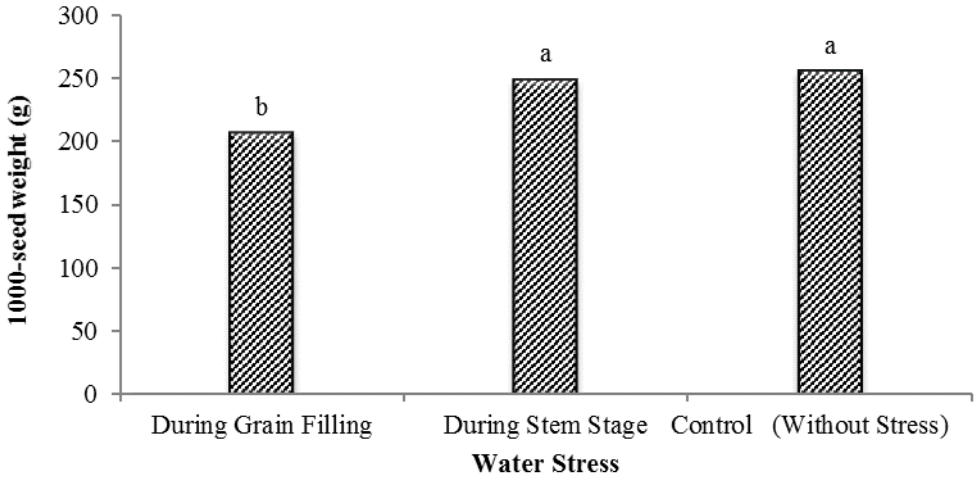


شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر روش‌های مختلف پرایمینگ بر وزن هزار دانه آفتابگردان

Fig. 3- Mean comparisons for the effect of different methods of priming on 1000-seed weight of sunflowers

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters have not significantly difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).



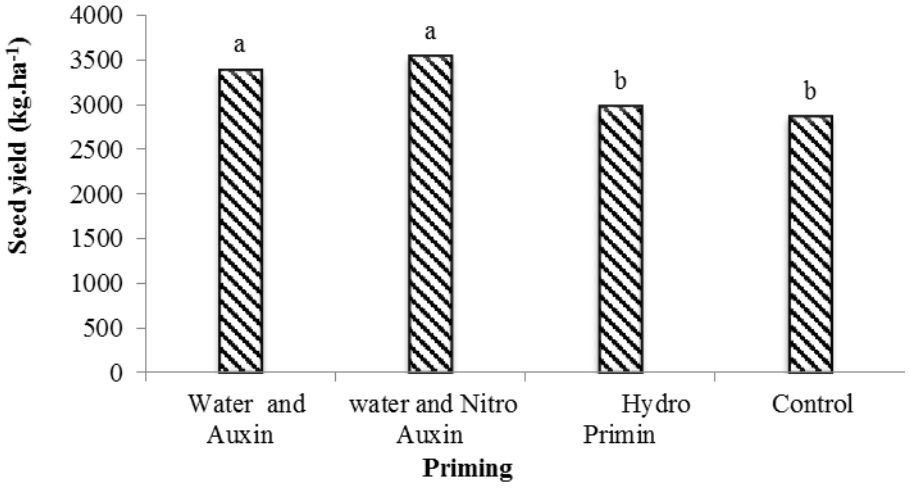
شکل ٤- مقایسه میانگین تأثیر تنش کم‌آبی بر وزن هزار دانه آفتابگردان

Fig. 4- Mean comparisons for the effect of deficit water stress on 1000-seed weight of sunflowers

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters have not significantly difference based on Duncan test ($p\leq 0.05$).

پیش تیمار کردن بذر با هورمون‌های رشد گیاهی نه تنها جوانه‌زنی و سبز شدن بلکه رشد و عملکرد نهایی گیاه را نیز تحت شرایط عادی و تنش آبی افزایش می‌دهد. تأثیر کود زیستی بر پارامترهای رشد، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان بررسی و مشخص شد که کاربرد آن‌ها صفت‌های کیفی را در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود زیستی) بهبود بخشید (Shehata & El-Khawas, 2003). عملکرد دانه کنجد تحت تأثیر تیمار نیتروکسین قرار گرفت و تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسین افزایش ۸/۵ درصدی عملکرد دانه را به‌دنبال داشت (Sajadi Nik et al., 2011). عملکرد دانه در گیاهانی که بذر آن‌ها پرایمینگ شده بود نسبت به گیاهان پرایمینگ نشده در تمام سطوح مصرف کودی نیتروژن به‌صورت معنی‌داری بیشتر بود (Harris et al., 2007). از دلایل مهم دیگری که می‌توان در این زمینه بیان نمود نقش هورمون‌ها در این زمینه است. در واقع در تیمارهای تحت تنش میزان هورمون اسید آبسیزیک افزایش می‌یابد که این هورمون نیز به‌نوبه خود از فعالیت اکسین و سیتوکینین که تقسیم و افزایش طول سلول‌ها را بر عهده دارند جلوگیری می‌کند (Andria et al., 1995). از طرفی، مقایسه میانگین عملکرد در سطوح تنش کم‌آبی نشان داد که بیشترین کاهش عملکرد مربوط به تنش در مرحله پر شدن دانه بود. تنش در مرحله ساقه رفتن اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۶). کمبود آب می‌تواند سبب بسته شدن روزنه‌ها شده، در نتیجه میزان گاز کربنیک ورودی به گیاه نیز کاهش می‌یابد که به دنبال آن میزان فتوسنتز کم شده و این مسئله سبب کاهش اجزاء عملکرد و در نهایت، کاهش عملکرد کل بوته در واحد سطح می‌گردد. برخی از محققین علت عمده افت عملکرد دانه در اثر تنش خشکی را کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد طی دوره پر شدن دانه می‌دانند. وقتی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، برای این که از اثرهای تنش فرار کند اقدام به کوتاه کردن چرخه زندگی خود می‌کند. بنابراین، به‌دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و تأثیر منفی تنش کم‌آبی برفتوسنتز جاری در نهایت، مواد منتقل شده به دانه کاهش و وزن هزاردانه کم می‌شود که این نیز باعث کاهش عملکرد می‌شود (Jafarzadeh Knarsry & Postini, 1998). فررس و همکاران (Fereres et al., 1986) نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه در تمام ژنوتیپ‌های مورد مقایسه آفتابگردان شد که علت آن کاهش تعداد دانه و وزن دانه‌ها بوده است.

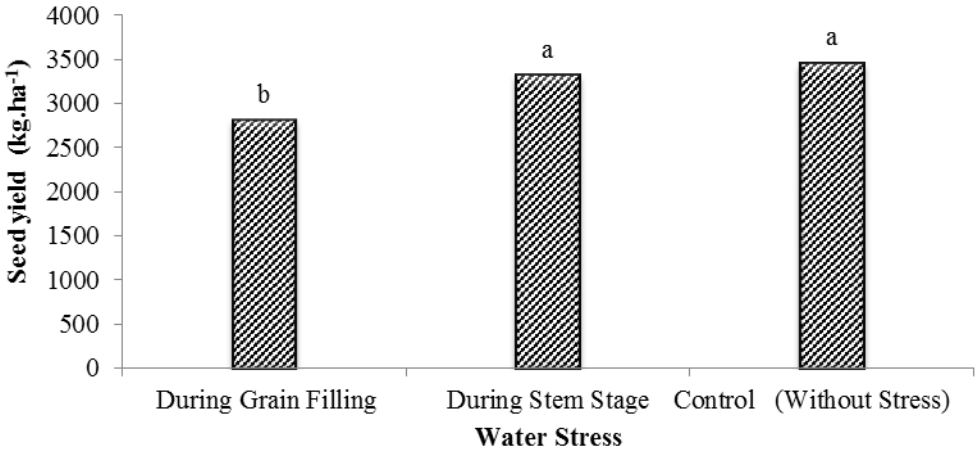


شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر روش‌های مختلف پرایمینگ بر عملکرد دانه آفتابگردان

Fig. 5- Mean comparisons for the effect of different methods of priming on seed yield of sunflower

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters have not significantly difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).



شکل ٦- مقایسه میانگین تأثیر تنش کم آبی بر عملکرد دانه آفتابگردان

Fig. 6- Mean comparisons for the effect of deficit water stress on seed yield of sunflower

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters have not significantly difference based on Duncan test ($p \leq 0.05$).

نسبت وزن مغز به وزن کل دانه

طبق جدول ۱ هر دو فاکتور پرایمینگ و تنش کم‌آبی برای صفت نسبت وزن مغز به کل دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین سطوح پرایمینگ نشان داد که تیمار آب با نیتروکسین باعث بیشترین افزایش در نسبت وزن مغز به کل دانه شد. کمترین مقدار نسبت وزن مغز به کل دانه نیز به تیمار آب مقطر اختصاص داشت. تیمارهای آب با نیتروکسین و آب با اکسین با هم اختلاف معنی‌داری نداشته ولی، با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. تیمار آب مقطر اخلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۲). محققین گزارش کردند که مصرف کامل سولفات پتاسیم مورد نیاز و مصرف اوره همراه با تلقیح بذر به‌صورت توأم با دو نوع کود زیستی نیتروژنه *ازتوباکتر* و نیتروکسین، بیشترین تأثیر مثبت را بر افزایش

درصد مغز دانه‌های آفتابگردان داشته است. نتایج مقایسه میانگین سطوح تنش کم‌آبی مشخص نمود که هر سه سطح تنش کم‌آبی با هم اختلاف معنی‌دار داشتند و بیشترین کاهش در نسبت وزن مغز به کل دانه مربوط به تنش در مرحله پر شدن دانه بود (جدول ۲). سایر محققین نتیجه گرفتند که تنش خشکی باعث افزایش وزن پوست دانه‌ها و کاهش درصد مغز به دانه آفتابگردان گردید که با نتیجه به‌دست آمده مطابقت دارد (Khalilvand, 2006). در مطالعه‌ای وقوع تنش رطوبتی باعث کوچک‌تر شدن دانه و افزایش درصد پوست دانه‌ها و کاهش درصد مغز دانه‌ها گردید (Jafarzadeh Knarsry & Postini, 1998).

درصد دانه‌های پوک در طبق

پوکی دانه‌ها یکی از فاکتورهای مؤثر در کاهش عملکرد دانه آفتابگردان است که در صورت بروز می‌تواند باعث کاهش شدید عملکرد دانه شود. در تحقیق حاضر پرایمینگ و تنش کم‌آبی برای صفت درصد دانه‌های پوک در طبق در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین سطوح پرایمینگ نشان داد که کمترین درصد دانه پوک در تیمار آب با نیتروکسین و بیشترین درصد دانه پوک در تیمار آب مقطر حاصل شد. تیمار آب مقطر اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت، ولی بین تیمارهای آب با نیتروکسین و آب با اکسین با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). کاربرد میکروارگانیسم‌های حل‌کننده نیتروژن در زراعت آفتابگردان می‌تواند مسیر انتشار و جذب نیتروژن را کوتاه نموده و موجب سهولت دسترسی عنصر نیتروژن برای گیاه گردد و همچنین از طریق بهبود تغذیه سایر عناصر، بر تعداد دانه پر در طبق مؤثر باشد (Moradi et al., 2009). با توجه به نقش نیتروژن در افزایش تقسیم و رشد سلولی و افزایش در فرآیند فتوسنتز و انتقال مواد آسمیلاتی، با به کار بردن کود زیستی نیتروکسین محدودیت مخزن تا حدودی از بین رفته و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها باعث پر شدن دانه و افزایش ابعاد دانه گشته و به دنبال آن درصد دانه‌های پوک کاهش می‌یابد (Choobforoush Khoei et al., 2012; Sajadi Nik et al., 2011). بین هر سه سطح تنش کم‌آبی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد که تنش در مرحله پر شدن دانه بیشترین افزایش را در درصد دانه‌های پوک در طبق باعث شد (جدول ۲). سایر محققان نیز در مطالعات خود روی آفتابگردان افزایش تعداد دانه پوک را به‌دلیل تنش کم‌آبی گزارش نمودند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (Brown, 1997; Najafi, 2010).

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی در آفتابگردان آجیلی تحت شرایط تنش کم‌آبی و پرایمینگ

Table 3- Correlation coefficients between measured traits of sunflower nuts under water deficit stress and priming conditions

صفت Trait	1	2	3	4	5	6	7	8
عملکرد دانه در بوته-۱ 1- Seed yield per plant	1							
سرعت رشد مطلق بوته-۲ 2-Absolute growth rate of plant	0.279	1						
سرعت رشد مطلق طبق-۳ 3- Absolute growth rate of head	0.01	0.817**	1					
قطر طبق-۴ 4- Head diameter	0.19	0.839**	0.835**	1				
تعداد دانه در طبق-۵ 5- No. of seeds per head	0.492**	0.633**	0.404*	0.711**	1			
وزن هزار دانه-۶ 6- 1000 seeds weight	0.667**	0.144	0.005	0.15	0.449**	1		
نسبت وزن مغز به وزن کل دانه-۷ 7- Kernel to seed ratio	0.682**	0.0290	-0.186	0.0490	0.323	0.741**	1	
درصد دانه‌های پوک در طبق-۸ 8- Percentage of unfilled seeds	-0.705**	-0.08	0.086	-0.114	*-0.392	-0.746**	-0.924**	1

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** Significant at P < 0.05 and P < 0.01, respectively.

بروز محدودیت آب در مرحله پر شدن دانه موجب عدم رسیدن مواد پرورده کافی به دانه‌ها و باعث پوکی دانه‌ها می‌شود. محققین گزارش کردند که تنش خشکی باعث تولید ۲۱/۵ درصد دانه پوک در حالی که در آبیاری کامل ۹/۹ درصد می‌باشد (Ghaffaripor, 2004). محققان دیگری به این نتیجه رسیدند که درصد پوکی دانه حساس‌ترین صفت نسبت به خشکی می‌باشد، زیرا که کمبود آب منجر به پوکی شدید دانه‌ها می‌گردد (Razi & Assad, 1998).

همبستگی صفات مرتبط با عملکرد

ضرایب همبستگی صفات مورد اندازه‌گیری نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، نسبت وزن مغز به کل دانه اما همبستگی منفی و معنی‌داری با درصد دانه‌های پوک در طبق داشت (جدول ۳).

تعداد دانه در طبق از جمله صفات مؤثر بر عملکرد دانه در آفتابگردان است و وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار این صفت در سطح احتمال یک درصد با عملکرد نشان‌دهنده همین واقعیت می‌باشد. نتایج آزمون نشان داد که مقدار ضریب همبستگی بین صفات وزن هزار دانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی‌دار است. همبستگی بین نسبت وزن مغز به کل دانه با عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی‌دار بود که بیشترین همبستگی عملکرد دانه با نسبت وزن مغز به کل دانه است. بین وزن هزار دانه با تعداد دانه در طبق همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همبستگی بین درصد دانه‌های پوک در طبق و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد منفی و معنی‌دار بود (جدول ۳). یعنی با افزایش تعداد دانه‌های پوک عملکرد دانه کاهش یافته است. همبستگی منفی بین درصد دانه‌های پوک و وزن هزار دانه در گیاه مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری

در سیستم‌های کشاورزی عملکرد به‌طور چشمگیری تحت تأثیر شرایط محیطی می‌باشد. عامل محدودکننده در پتانسیل عملکرد محصولات، تنش‌های غیرزنده می‌باشد. البته بسته به مکانیزم سازگاری گیاه و مدیریت زراعی متفاوت می‌باشد. در آزمایش حاضر نتایج نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌داری در سرعت رشد مطلق بوته و طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در بوته و نسبت وزن مغز به کل دانه و افزایش معنی‌دار درصد دانه‌های پوک در طبق و اعمال پرایمینگ باعث افزایش معنی‌داری در صفات سرعت رشد بوته و طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در بوته و نسبت وزن مغز به کل دانه و کاهش معنی‌دار درصد دانه‌های پوک در طبق شد. درحالی اثر متقابل تنش کم‌آبی و پرایمینگ برای هیچ کدام از صفات معنی‌دار نشد چون پرایمینگ باعث کاهش اثرات تنش کم‌آبی شده است و بیشترین تأثیر مثبت از نیتروکسین حاصل شده است. با کاهش میزان آب مصرفی و به دنبال آن بروز تنش کم‌آبی، از عملکرد آفتابگردان کاسته شد. اما، با به کارگیری کودهای زیستی به‌صورت پیش تیمار از بروز اثرات منفی تنش کم‌آبی روی صفات مورفولوژیکی و عملکرد این گیاه کاسته شد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که به کارگیری کود زیستی نیتروکسین ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نداشتن عواقب سوء زیست‌محیطی روش مناسبی برای تولید سالم و پایدار محصولات می‌باشد و کود زیستی نیتروکسین در شرایط تنش کم‌آبی باعث بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد دانه آفتابگردان آجیلی شد.

منابع

Akbari, P., Ghalavand, A., and Modarres Sanavy, S.A.M. 2009. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on penology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Science and Natural Research 2(3): 119-134. (English with Persian in Summary)

Andria, R., Chiaranda, F.Q., Magliulo, V., and Mori, M. 1995. Yeild and soil water uptake of sunflower sown in spring and summer. Agronomy Journal 87: 1122-1128.

Angadi, S.V., and Entz, M.H. 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. Agronomy Journal 94: 136-145.

Baldini, M.F., Cecconim, G., Vanozzi, P., and Benvenuti, A. 1998. Effect of drought on yield reduction in different

sunflower hybrids. Helia 14: 71-76.

Baydar, H., and Erbas, S. 2005. Influence of seed development and seed position on oil, fatty acids and total tocopherol contents in sunflower. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29: 179- 186.

Brown, C.L. 1977. Effect of data of final irrigation on yield components of sunflower. Agronomy Journal 54: 19-23.

Chimenti, C., Pearson, A., and Hall, J. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crops Research 75: 235-246.

Choobforoush Khoei, B., Roshdi, M., Jalili, F., and Ghaffari, M. 2012. The effect of biofertilizers on the yield and yield components of sunflower nuts in the Khoy region. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 103: 132-139. (In Persian with English Summary)

Daneshian, J., Ardakani, M.R., and Habibi D. 2005. Effect of drought stress on yield and quantitative characteristics of new sunflower hybrids. Proceedings of the 2nd International Conference on Integrated Approaches to Sustain and Improve Plant Population under Drought Stress, Roma, Italy, 24-28 September, 2005. P. 406.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2015. Statistics: FAOSTAT agriculture. Available at Web site http://fao.org/crop/statistics.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Warraich, E.A., and Khaliq, A. 2006. Optimization of hydro priming techniques for rice seed invigoration Seed Science. Technology 34: 529- 534.

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

Ghaffaripor, A. 2004. Drought effect on yield and quantitative and qualitative attributes in new sunflower hybrids. MSc. AIU. Karaj Branch, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)

Ghassemi-Golezani, K., Sheikhzadeh-Mosaddegh, P., and Valizadeh, M. 2008. Effects of hydro priming duration and limited irrigation on field performance of chickpea. Research Journal of Seed Science 1(1): 34-40. (In Persian with English Summary)

Halaji, H. 2004. The effect of efficiency water and plant density on yield and yield components of sunflower Azargol. Master Thesis. Borojerd Azad University, Borojerd, Iran 150 pp. (In Persian)

Harris, D., Rashid, A., Hollington, P.A., Jasi, L., and Riches, C. 2002. Prospects of improving maize yields with 'on-farm' seed priming. Sustainable Maize Production Systems for Nepal: Proceedings of Maize Symposium held at Kathmandu, Nepal, 3–5 December, 2002, P. 180-185.

Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., and Shah, H. 2007. Seed priming with zinc sulphate solution-A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field Crops Research 102: 119-127.

Jafarzadeh Knarsry, M., and Postini, K. 1998. Effect of drought stress in various stages of growth on morphological parameters and yield components of sunflower (*Helianthus annus* L). Iranian Journal of Agriculture Science 29(2): 353-361. (In Persian with English Summary)

Jamshidi, E., Aghaalikhani, M., and Ghalavandm, A. 2009. Effect of defoliation intensity at different reproductive stages on seed and oil yield in sunflower (*Helianthus annuss* L.). Iranian Journal of Crop Science 10(4): 349-361. (In Persian with English Summary)

Joshi, B., Garg, A., Rls, S., and Ap, T. 2014. The altered output of *Aloe vera* L. Burm. f. Crop under differential water stress conditions. Journal of Natural Remedies 4(1): 112-118.

Kalhori, J. 2002. Effect of drought stress in various stages of growth on yield and yield components of oil sunflower. Master of Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Khalilvand, E. 2006. Effect of drought on two sunflower (*Helianthus annuss* L.) hybrid yield and yield components in different density MSc. Thesis. IAU. Tabriz Branch, Iran. (In Persian with English Summary)

Mazaheri laghab, H., Nouri, F., Hamid, Z.A., and Vafaei, H. 2001. Effects of supplemental irrigation on important agronomy traits of three cultivars of sunflower in dry farming. Agricultural Research 3: 33-43. (In Persian with English Summary)

Moradi, M., Madani, H., Malboubi, M.A., and Pilehvari Khomami, R. 2009. Comparison the effect of biologic fertilizer with chemical on oil sunflower (*Helianthus annus* L.) in Arak condition. New Findings in Agriculture 3(2): 167-177. (In Persian with English Summary)

Murungu, S., Chiduza, C., Nyamugafat, P., Clark, L.J., Whalley, W.R., and Finch-Savage, W.E. 2004. Effects of 'on-farm seed priming' on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of maize in semi-arid Zimbabwe. Field Crops Research 89: 49-57.

Najafi, S., Taheri, G., and Jafarnejad, A. 2010. Evaluation of the effect of seed priming on the characteristics of Maize (*Zea mayz* L.). Var. 704. The International Congress of Water, Soil, Plant and Agricultural Mechanization Science. Islamic Azad University of Dezful, Iran. 2-3 March. (In Persian)

Nonami, H., Tanimoto, K., Tabuchi, A., Fukwjama, T., and Hashimoto, Y. 1995. Salt stress under hydroponic conditions causes changes in cell wall extension during growth. Seed Science Research 396: 91-98.

Pal, U.S., Patra, R.K., Sahoo, N.R., Bakhara, C.K., and Panda, M.K. 2015. Effect of refining on quality and composition of sunflower oil. Journal of Food Science and Technology 52(7): 4613-4618.

Paseban Eslam, B. 2015. Effects of planting date on grain yield, yield components and oil content of safflower spring cultivars in Tabriz. Sustainable Agriculture and Production Science 25(2): 155-164. (In Persian with English Summary)

Pirasteh Anousheh, H., Imam, Y., and Jamali Ramin, F. 2010. Comparative effect of biofertilizers with chemical fertilizers on sunflower (*Helianthus annuus* L.) growth, yield and oil percentage in different drought stress levels. Journal of Agroecology 2(3): 492-501. (In Persian with English Summary)

Ramírez, I., Estay, D., Stange, C., and Cardemil, L. 2011. Superoxide dismutase is a critical enzyme to alleviate oxidative stress in *Aloe vera* (L.) Burm. Plants subjected to water deficit. Plant Ecology and Diversity 5(2): 183-195.

Razi, H., and Assad, M.T. 1998. Evaluating variability of important agronomic traits and drought tolerant criteria in sunflower cultivars. JWSS-Isfahan University of Technology 2 (1): 31-44. (In Persian with English Summary)

Sajadi Nik, R., Yadavi, A., Balouchi, H.R., and Farajee, H. 2011. Effect of chemical (Urea), organic (Vermicompost) and biological (Nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 21 (2):87-101. (In Persian with English Summary)

Seiler, G.J., Qi, L.L., and Marek, L.F., 2017. Utilization of sunflower crop wild relatives for cultivated sunflower improvement. Crop Science 57: 1-19.

Seyahjani, E.A., Farhvash, F., Khorshidi Benam, M.B., and Sadeghi, A. 2010. Studying the effect of drought stress on yield and yield components of three sunflower cultivars. Environmental Stresses in Crop Sciences 3(1): 59-68.

Soleymani, F., Ahmadvand, G., and Safari Sanjani, A.A. 2016. The Effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under the influence of water deficit stress. Journal of Agroecology 8(1): 107-119. (In Persian with English Summary)

Sharifi, Z., and Hagh Nia, G.H. 2008. Effect of nitroxin biofertilizer application on grain yield and yield components of wheat (cv. Sabalan). In 2nd National Conference on Agro Ecology in Iran, 17th-18th October, Gorgan, Iran, p. 123. (In Persian)

Shehata, M.M., and EL-Khawas, S.A. 2003. Effect of two bio fertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. Pakistan Journal of Biological Sciences 6(14): 1257-1268.

Sinaki, J.M., Heravan, E.M., Shirani, Rad, A.H., Noormohammadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural and Environmental Sciences 2(4): 417-422.

Sogut, T. 2006. *Rhizobium* inoculation improves yield and nitrogen accumulation in soybean (*Glycine max* L.) cultivars better than fertilizer. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 34: 115-120.

Vilalobos, F.J., Hall, A.J., Ritchie, J.T., and Orgaz, F. 1996. Oil crop–Sun. A development, growth, and yield model of the sunflower crop. Agronomy Journal 88: 403-415.

Xu, Y. 2016. Envirotyping for deciphering environmental impacts on crop plants. *TAG*. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische Und Angewandte Genetik 129: 653-673.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 747-763

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۷۶۳-۷۴۷

Studying of Seed Priming and Water Stress Effects on Growth and Yield of Sunflower Nuts (*Helianthus annuus* L)

A.R. Sadeghi Bakhtevari[1]* , B. Paseban Eslam[2] and N. Hajizadeh Asl[3]

Submitted:03-09-2016
Accepted: 05-0-2017

Sadeghi Bakhtevari, A.R., Paseban Eslam, B., and Hajizadeh Asl, N. 2018. Effects evaluation of seed priming and deficit water stress on growth and yield of sunflower confectionary. Journal of Agroecology. 10(3): 747-763.

Introduction

Water stress is one of the most important environmental stresses that affect the germination, growth and yield of plants. Seed priming is a technology that positively influences seedling establishment in many crops and may improve field performance under adverse environmental conditions. Seeds can be primed using different media such as tap water (hydro-priming), low water potential solutions (osmo-priming) such as polyethylene glycol or salt solutions, solid matrix (matri-priming), and plant growth regulators (hormonal priming). Nitroauxin and auxin are the rich source of macro-nutrients, micro-nutrients, vitamins, enzymes and hormones of plant growth promoters. Therefore, the use of these media in sustainable agriculture causes the rapid growth of oil seed plants. Limited information is available about the response of sunflower under water deficiency conditions in priming, so the aim of this research was to study the growth and yield of these species under these conditions.

Materials and Methods

An experiment was conducted in 2014 at the field research station of the Faculty of Agriculture of Azerbaijan Shahid Madani University, Iran. The experiment was laid out as a randomized complete block design arranged in a factorial with three replications. Priming factor included (water treatment and nitro auxin, water and auxin, hydro-priming and control (without priming)) and factor water stress include (stress during stem stage, stress during grain filling stage and control (normal)).The seed priming 48h before sowing were treated with the water and nitro auxin, water and auxin and hydro-priming for 16h, after priming, seeds are air-dried back near to the original weight. Seedlings planted by hand on 2 may 2014 by density of 38000 plants ha^{-1} (60×30 cm). Weeds were controlled by hand during crop growth and development as required. At maturity, five plants randomly were harvested from each plot and plant growth rate, head growth rate, head diameter, No. of seed per head, 1000 seed weight, seed yield per plant and kernel to grain ratio, husk to grain ratio and percentage of unfilled seeds were recorded. The data were analyzed by SPSS 16 software. The means were compared using the Duncan multiple range test at $p \leq 0.05$. Excel software was used to draw figures.

Results and Discussion

Analyses of variance of the data showed that all traits were affected by water stress and seed priming main effects. Priming of seeds increased significantly the absolute growth rate, head diameter, grain number, 1000 seeds weight, grain yield and kernel to grain ratio and husk to grain ratio was reducing the percentage of unfilled seeds per head. Water stress also reduces all traits except unfilled seeds per head, which enhances it. Water stress at the grain filling stage was causing the most reduction of grain yield per unit area.

The increase in growth and yield of sunflower with seed priming treated nitro auxin and auxin could be due to the fact that by promoting germination and providing more uptakes of phosphorus and nitrogen. Reduction in the growth and yield under water stress could be the result of a preferential allocation of biomass production to the roots or a reduction in chlorophyll content and, consequently, photosynthesis efficiency. Seed yield decreased on account of water deficit stress. Decrease in seed weight and increase in unfilled seeds were the main reasons for decreasing in seed yield. Decrease in seed yield due to decrease in yield components, especially seed weight has been reported by other researchers previously. The increase in Percentage of unfilled Seeds under water stress could be due to the fact that water stress effect on available assimilates during seed filling

1 and 3- Assistant Professor and MSc. Graduated, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Iran, respectively.
2- Associate Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center, Eastern Azarbaijan, Iran.
(*- Corresponding Author Email: sadeghi.amir1@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.58044

stage and decreases sink capacity and leads to unfilled seeds and low seed weight.

Conclusion

In conclusion, this study showed that application of seed priming play useful role in improving the growth, yield and performance components of sunflower, and also the seed priming with auxin and nitro auxin, were better than seed hydro-priming, this can be related to the chemical properties of these compounds. The results of this study indicate that pre-treatment of seeds are effective in increasing yield and yield components of sunflower seeds in order to avoid adverse effects of water stress.

Keywords: Seed priming, Seed yield, Water stress