



بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به تنش رطوبتی

سید پوریا دربانی^{۱*}، علی اشرف مهربانی^۲، سید سعید پورداد^۳، عباس ملکی^۴، محسن فرشادفر^۵

۱. دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحدایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

۳. عضو هیئت علمی (استاد)، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، (معاونت سرارود) سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۴. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحدایلام، دانشگاه آزاد اسلامی ایلام، ایران

۵. دانشیار، عضو هیئت‌علمی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۱۰

چکیده

تحقیق حاضر به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی آفتابگردان در معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (سرارود) کرمانشاه انجام گردید. آزمایش در قالب طرح لاتیس ساده انجام شد که در آن، ۶۴ ژنوتیپ آفتابگردان با آرایش ۸×۸ در دو شرایط عدم تنش و اعمال تنش رطوبتی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها و همچنین سطوح تیمار تنش رطوبتی، از نظر تعداد طبق در واحد سطح، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در شرایط تنش رطوبتی، در ۲۷ ژنوتیپ قطر طبق بیشتر از ۱۱/۴ سانتی‌متر بود و در ۱۶ ژنوتیپ قطر طبق حتی به ۱۰ سانتی‌متر هم نرسید. در صفت تعداد دانه در طبق در شرایط عدم تنش، ژنوتیپ Sil-96 با تولید بیش از ۸۴۲ دانه در طبق، بیشترین تعداد دانه در طبق را از خود نشان داد. باین‌حال ۱۲ ژنوتیپ دیگر با این ژنوتیپ در گروه برتر آماری قرار گرفتند. در شرایط اعمال تنش رطوبتی نیز در ۱۱ ژنوتیپ (از جمله ژنوتیپ Sil-96) تعداد دانه در طبق بیش از ۶۳۰ عدد و در ۱۶ ژنوتیپ، تعداد دانه در طبق، کمتر از ۴۰۰ عدد بود. از نظر وزن هزار دانه، بین ژنوتیپ‌های آفتابگردان در هر دو شرایط تنش و عدم تنش، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت؛ اما مقایسه دو شرایط تنش و عدم تنش، نشان داد که اعمال تنش رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار و ۸/۶۲ درصدی وزن هزار دانه گردید. ژنوتیپ Sil-96 در هر دو شرایط تنش و عدم تنش، بالاترین عملکرد دانه را از خود نشان داد. هرچند که در شرایط عدم تنش، با چهار ژنوتیپ دیگر مشترکاً در گروه برتر آماری قرار گرفت. همچنین ژنوتیپ Sil-96 از بالاترین شاخص تحمل به خشکی برخوردار بود. لذا به نظر می‌رسد که این ژنوتیپ برای کشت در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش رطوبتی قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، تنش رطوبتی، شاخص تحمل به خشکی، عملکرد

مقدمه

گسترده کشت می‌شود. آفتابگردان پنجمین گیاه روغنی مهم جهان محسوب می‌شود (Aboutalebian and Baba, 2017). در سال ۲۰۱۴ میلادی، سطح زیر کشت آفتابگردان در ۷۰ کشور کشت‌کننده آن، حدود ۲۶ میلیون هکتار بوده که حاصل آن ۲۳-۳۳ میلیون تن بذر، معادل

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) گیاهی یک‌ساله و دیپلوئید ($2n=34$) است که منشأ آن آمریکای شمالی بوده و اندازه ژنوم آن در حدود ۵/۳ گیگا باز تخمین زده شده است (Jennatdoust et al., 2015). این گیاه سازگاری خوبی به شرایط آب و هوایی مختلف داشته و در سراسر جهان به‌طور

هدف از این تحقیق بررسی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های آفتابگردان در شرایط تنش رطوبتی، جهت گزینش ژنوتیپ‌های برتر تحت این تنش بود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (سرارود) کرمانشاه با طول و عرض جغرافیایی شمالی و شرقی ۴۷ و ۳۴ درجه و ارتفاع ۱۳۵۱ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه ۴۱۶/۸ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. آزمایش در قالب یک طرح لاتیس ساده جزئی متعادل ۸×۸ با دو تکرار انجام شد که در آن، تعداد ۶۴ ژنوتیپ آفتابگردان (جدول ۱) در دو شرایط عدم تنش و اعمال تنش رطوبتی (قطع آبیاری در مرحله گلدهی) مورد مقایسه قرار گرفتند. اثرات تنش رطوبتی نیز در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. قبل از انجام عملیات آماده‌سازی زمین و کاشت، از خاک مزرعه در عمق ۵۰ سانتی‌متری، نمونه‌برداری و مقادیر pH، درصد ماده آلی، EC، عناصر ماکرو (N، P، K) و همچنین نوع بافت خاک تعیین شدند (جدول ۲). بافت خاک محل آزمایش از نوع سیلتی رسی لومی بود. بر اساس توصیه کودی آزمایشگاه خاک مقدار عناصر پتاسیم خاک در حد متعادل قرار داشت و نیازی به مصرف کود پتاسه نبود. باین‌حال، ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته مصرف گردید. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین (شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته)، کاشت در تاریخ ۱۹ اسفندماه سال ۱۳۹۵ در وسط پشته انجام گردید. فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود و در هر کرت پنج ردیف منظور شد که دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه بودند. طول کرت‌ها چهار متر بود و بعد از هر کرت، یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد.

در تیمار تنش رطوبتی، آبیاری تا ابتدای گلدهی اعمال و پس آن قطع گردید و از این زمان تا انتهای فصل رشد نیز بارشی رخ نداد؛ اما در تیمار عدم تنش، دو نوبت آبیاری بیشتر در مراحل ۵۰ درصد گلدهی و دوره پر شدن دانه انجام گردید. در هر بار آبیاری، مقدار آب مصرفی توسط کنتور حجمی کنترل گردید.

۴/۷-۲/۱۲ میلیون تن روغن بوده است. دانه آفتابگردان حاوی مقدار زیادی روغن (به‌طور متوسط ۳۵-۴۸ درصد) بوده (FAO, 2015) و در بعضی گونه‌ها مقدار روغن آن به ۵۰ درصد می‌رسد (Darvishzadeh and Eyvaznejad, 2014). وجود درصد بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع همراه با مقدار قابل‌توجهی پروتئین (در حدود ۲۷-۲۰ درصد) ارزش غذایی این دانه روغنی را دوچندان کرده است (Karimi, 2010). (Kakhki et al., 2010). علاوه بر این، با توجه به مصرف بالای روغن در سبب خانوار و واردات بخش عظیمی از روغن موردنیاز کشور، توسعه کشت و افزایش عملکرد گیاهان دانه روغنی همچون آفتابگردان امری ضروری به نظر می‌رسد. (Pirasteh Anusheh et al., 2010).

تنش خشکی از عمده‌ترین چالش‌ها برای تولید محصولات زراعی در جهان به شمار می‌رود. به‌طوری‌که حدود ۴۰ درصد اراضی دنیا در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند و در این مناطق، آب عامل اصلی محدودکننده تولید محسوب می‌شود (Aboutalebian and Baba, 2017). (Raeisi, 2017). در ایران نیز محدودیت منابع آبی و کمبود نزولات آسمانی، کشت و زرع گیاهان زراعی را با چالشی بزرگ مواجه ساخته است. به‌طوری‌که امروزه تنش خشکی یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در ایران محسوب شده و به‌عنوان مهم‌ترین عامل کاهش تولید در کشور به شمار می‌رود (Kafi et al., 2009). از این رو، بررسی پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه زراعی به شرایط کم‌آبی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل‌تر و همچنین اصلاح ارقام پیشرفته و مقاوم برای مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند دستیابی به تولید بیشتر و عملکردهای بالاتر را محقق سازد (Kafi et al., 2007; Golparvar et al., 2003). در گیاه آفتابگردان، علی‌رغم وجود ریشه عمیق و گسترده، تنش شدید رطوبتی سبب کاهش قابل‌توجه قطر طبق، شمار دانه در طبق و عملکرد دانه می‌شود (Rahimizade et al., 2010). استون و همکاران (Stone et al., 2001) اظهار داشتند که کمبود رطوبت در مرحله غنچه‌دهی تا پایان گلدهی بیشترین تأثیر منفی را بر عملکرد هیبریدهای آفتابگردان داشت. فرحوش و همکاران (Farahvash et al., 2011) در گزارش‌های خود اظهار داشتند که تنش رطوبتی سبب پیری زودرس برگ‌ها، کاهش تعداد و سطح برگ، قطر طبق، وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه آفتابگردان گردید.

جدول ۱. نام ژنوتیپ‌های آفتابگردان مورد مطالعه در آزمایش.

شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype name	شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype name	شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype name	شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype name
1	Sil -2	17	Sil -39	33	Sil -42	49	Sil -74
2	Sil -6	18	Sil -44	34	Sil -82	50	Sil -94
3	Sil -7	19	Sil -48	35	Sil -99	51	Sil -95
4	Sil -9	20	Sil -51	36	Sil -140	52	Armaviresky
5	Sil -13	21	Sil -53	37	Sil -203	53	Sil-96
6	Sil -18	22	Sil -54	38	Sil -206	54	Sil-75
7	Sil -19	23	Sil -58	39	Sil -224	55	Ghasem
8	Sil -20	24	Sil -59	40	Sil -231	56	Progress
9	Sil -22	25	Sil -61	41	Sil -193	57	Master
10	Sil -23	26	Sil -276	42	Sil -198	58	Gabor
11	Sil -24	27	Sil -221	43	Sil -199	59	Azargol
12	Sil -25	28	Sil -237	44	Sil -208	60	Barzegar
13	Sil -28	29	Sil -292	45	Sil -210	61	Lakomka
14	Sil -31	30	Sil -198	46	Sil -211	62	Zarya
15	Sil -33	31	Sil -238	47	Sil -64	63	Record
16	Sil -34	32	Sil -215	48	Sil -66	64	Farokh

جدول ۲. مشخصات خاک محل آزمایش.

Table 2. Traits of soil of experiment location.

رسیدته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	نیترژن (پی‌پی‌ام) N (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	کربن آلی (%) OC (%)	شن (%) Sand (%)	سیلت (%) Silt (%)	رس (%) Clay (%)
7.38	2.97	0.12	11.7	508	0.825	30	38	32

ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند، تعیین‌شده و محتوای نسبی آب برگ از طریق معادله ۱ محاسبه شد:

$$RWC = \left[\frac{FW - DW}{TW - DW} \right] \times 100 \quad [1]$$

در این رابطه DW = وزن خشک، FW = وزن تر و TW = وزن تورژانس نمونه برگ است.

به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های امیدبخش متحمل به خشکی، از دو شاخص مقاومت به خشکی به شرح زیر استفاده شد:

شاخص حساسیت به تنش^۱ (SSI) (Fischer and Maurer, 1978):

$$SSI = \frac{1 - (Y_s / Y_p)}{1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)} \quad [2]$$

شاخص تحمل به خشکی (STI^۲) (Fernandez, 1992):

در انتهای فصل رشد، تعداد پنج بوته از هر کرت برداشت شد و پس از انتقال آن‌ها به آزمایشگاه صفات قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. در نیمه پایینی هر کرت که به ارزیابی عملکرد اختصاص یافته بود، بوته‌ها پس از حذف حاشیه و شمارش تعداد طبق در واحد سطح، برداشت شده و پس از جداسازی دانه‌ها، عملکرد دانه به تفکیک اندازه‌گیری گردید. از آنجایی که تقریباً تمامی ژنوتیپ‌ها از نوع متوسط‌رس بودند، برداشت محصول در حدفاصل ۲۲ تا ۲۵ مردادماه ۱۳۹۶ صورت پذیرفت.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، چند روز پس از گلدهی، قطعاتی با ابعاد تقریبی ۲ سانتی‌متر مربع از پنج برگ تهیه و وزن تر نمونه‌ها تعیین شد. سپس قطعات برگ به مدت چهار ساعت و در شرایط تاریکی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در آب مقطر قرار داده شدند و وزن تورژانس محاسبه گردید. در نهایت وزن خشک نمونه‌ها که به مدت ۷۲

² Stress Tolerance Index

¹ Stress Sensitivity Index

$$STI = \frac{(Y_s * Y_p)}{(\bar{Y}_p)^2} \quad [3]$$

در این معادلات Y_p : میانگین عملکرد ژنوتیپ در شرایط عدم تنش، Y_s : میانگین عملکرد ژنوتیپ تحت شرایط تنش، \bar{Y}_p : میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط عدم تنش و \bar{Y}_s : میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش است. تجزیه و تحلیل داده‌ها تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. قابل ذکر است که کارایی نسبی طرح لاتیس در صفات مورد بررسی، بیشتر از ۱۰۰ درصد شد و لذا طرح در قالب بلوک‌های ناقص تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج و بحث

قطر طبق

اختلاف ژنوتیپ‌های آفتابگردان از نظر قطر طبق در شرایط عدم تنش رطوبتی معنی‌دار نشد (جدول ۳)؛ اما اختلاف ژنوتیپ‌های آفتابگردان از نظر قطر طبق در شرایط تنش رطوبتی معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، در ۲۷ ژنوتیپ قطر طبق بیشتر از ۱۱/۴ سانتی‌متر بود و این ژنوتیپ‌ها همگی در اولین گروه آماری قرار گرفتند؛ اما در ۱۶ ژنوتیپ قطر طبق حتی به ۱۰ سانتی‌متر هم نرسید (جدول ۵). هرچند در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، قطر طبق چهار ژنوتیپ Sil-2، Sil-13، Sil-20 و Zarya بیش از ۱۴ سانتی‌متر بود، باین وجود اختلافات بین ژنوتیپ‌ها از این نظر چندان زیاد نبود و بین کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین طبق کمتر از ۷ سانتی‌متر اختلاف وجود داشت. به‌طور کلی یکی از اهداف اصلاحی به‌نژادگران در آفتابگردان، افزایش قطر طبق بوده است (Aboutalebian and Baba, 2017). در پژوهش حاضر، از این نظر بین ژنوتیپ‌های موجود اختلاف چشمگیری وجود نداشت. علاوه بر این، اثر تیمار تنش رطوبتی بر روی قطر طبق آفتابگردان معنی‌دار نشد (جدول ۶). این موضوع به کیفی بودن صفت قطر طبق نسبت داده شد. چراکه صفات کیفی چندان تحت تأثیر محیط قرار نمی‌گیرند (Arshadi et al., 2008). پیروسته انوشه و همکاران (Pirasteh Anusheh et al., 2010) نیز در مطالعات خود بر روی مقایسه اثر کودهای زیستی با کودهای

شیمیایی بر رشد، عملکرد و درصد روغن آفتابگردان در سطوح مختلف تنش خشکی گزارش کردند که قطر طبق چندان تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. به‌طوری‌که برهمکنش کود و تنش بر روی این صفت معنی‌دار نشد و اثر تنش خشکی نیز تنها در شدیدترین سطح تنش (۲۵ درصد ظرفیت مزرعه) بر روی قطر طبق معنی‌دار شد.

تعداد طبق در مترمربع

اختلاف ژنوتیپ‌های آفتابگردان از نظر تعداد طبق در مترمربع در شرایط عدم تنش رطوبتی معنی‌دار نشد (جدول ۳). همچنین اختلاف ژنوتیپ‌های آفتابگردان از نظر تعداد طبق در مترمربع در شرایط تنش رطوبتی معنی‌دار نگردید (جدول ۳)؛ به‌عبارت‌دیگر، در هر دو شرایط اعمال تنش رطوبتی و عدم تنش، بین ژنوتیپ‌های آفتابگردان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. علاوه بر این، اثر تیمار تنش رطوبتی بر روی تعداد طبق در مترمربع معنی‌دار نشد (جدول ۶). بر اساس گزارش‌های علمی منتشرشده، عملکرد آفتابگردان، از سه جزء مهم تشکیل می‌شود که اولین جزء آن تعداد طبق در واحد سطح است. دومین جزء آن تعداد دانه در طبق بوده و سومین آن متوسط وزن دانه است. از آنجایی که تقریباً تمام ارقام زراعی آفتابگردان دارای یک طبق می‌باشند، بنابراین تعداد جزء اول تنها از طریق جمعیت گیاه مشخص می‌شود. درحالی‌که دو جزء دیگر می‌توانند در ارقام زراعی گوناگون و در شرایط محیطی مختلف، متفاوت باشند (Farrokhi et al., 2005)؛ به‌عبارت‌دیگر، به نظر می‌رسد تنها عاملی که می‌تواند تعداد طبق آفتابگردان در واحد سطح را دستخوش تغییرات آشکاری کند، تراکم بوته باشد و عواملی مانند ژنوتیپ و یا تنش رطوبتی بر روی این جزء از عملکرد آفتابگردان تأثیر چندان ندارند. عباس‌دخت و همکاران (Abbasdokht et al., 2015) نیز در بررسی کلات ریزمغذی جادوگر بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در تراکم‌های مختلف بیان نمودند که افزایش تراکم بوته تا حدی از طریق افزایش تعداد طبق در مترمربع سبب افزایش عملکرد دانه آفتابگردان گردید. از آنجاکه مصرف عناصر ریزمغذی، تعداد طبق در واحد سطح را تحت تأثیر قرار نداد و این عامل به‌واسطه افزایش تعداد دانه در طبق باعث افزایش عملکرد دانه آفتابگردان شد.

جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و محتوی نسبی آب ژنوتیپ‌های آفتابگردان در دو شرایط تنش و عدم تنش.

Table 3. Analysis of variance for yield, yield components and RWC of sunflower genotypes in two stress and non-stress conditions.

S.O.V	منابع تغییر در طرح لاتیس ساده	درجه آزادی df	قطر طبق		تعداد طبق در مترمربع		تعداد دانه در طبق	
			Head diameter		No. of head per m ²		No. of seed per diameter	
			تنش Stress	عدم تنش Non-stress	تنش Stress	عدم تنش Non-stress	تنش Stress	عدم تنش Non-stress
Replication	تکرار	1	42.55	0.200	4.50	3.44	43697	21743
Unadjusted	تیمار تصحیح نشده	63	4.73 **	1.94 ns	0.74 ns	0.73 ns	30142 **	25275 **
Adjusted	تیمار تصحیح شده	63	5.29 **	1.84 ns	0.71 ns	0.73 ns	33000 **	24196 **
Adjusted	بلوک تنظیم شده در تکرار	14	3.37	2.42	0.75	0.97	21735	22044
Effective	خطای مؤثر	49	1.94	1.86	0.60	0.65	6422	11673
Complete block	بلوک کامل	63	2.11	1.90	0.61	0.68	9114	13028
Intra block	خطای درون بلوک	49	1.75	1.79	0.57	0.60	5508	10452
Efficiency of Lattice than RCB	کارایی طرح لاتیس نسبت به بلوک	-	108.3	102.1	101.6	104.8	141.1	111.7
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	12.58	12.05	15.61	16.75	15.82	21.43

Table 3. Continued

جدول ۳. ادامه

S.O.V	منابع تغییر در طرح لاتیس ساده	درجه آزادی df	وزن هزار دانه		عملکرد دانه		محتوای آب نسبی RWC	
			Weight of 1000 seeds		Seed yield		RWC	
			تنش Stress	عدم تنش Non-stress	تنش Stress	عدم تنش Non-stress	تنش Stress	عدم تنش Non-stress
Replication	تکرار	1	123.14	56.15	125.63	0.061	10.01	0.085
Unadjusted	تیمار تصحیح نشده	63	68.84 ns	83.95 ns	100.5 *	141.9 **	586.2 **	111.4 ns
Adjusted	تیمار تصحیح شده	63	-	96.01 ns	100.4 *	139.5 **	467.1 **	83.84 ns
Adjusted	بلوک تنظیم شده در تکرار	14	34.95	124.19	37.98	32.55	239.0	192.1
Effective	خطای مؤثر	49	-	76.90	13.37	15.14	121.1	104.2
Complete block	بلوک کامل	63	47.18	82.13	17.44	17.65	137.1	115.4
Intra block	خطای درون بلوک	49	-	70.12	11.58	13.38	107.9	93.54
Efficiency of Lattice than RCB	کارایی طرح لاتیس نسبت به بلوک	-	<100	106.8	130.5	116.5	113.2	110.8
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	17.99	20.99	14.04	11.58	22.35	15.45

**، * و ns: به ترتیب معنی دار در سطح یک و پنج درصد و غیر معنی دار

**، * and ns: significant in 1% and 5% level and non-significant, respectively

جدول ۴. مقایسات میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های آفتابگردان در شرایط عدم تنش.

Table 4. Mean comparison for yield and yield components of sunflower genotypes in non-stress conditions.

نام ژنوتیپ Genotype name	تعداد دانه در طبق No. of seed per diameter	عملکرد دانه Seed yield (gr/h)	نام ژنوتیپ Genotype name	تعداد دانه در طبق No. of seed per diameter	عملکرد دانه Seed yield (gr/h)
Sil -2	666.1 ^{a-e}	2193 ^{d-h}	Sil -42	404.2 ^{e-h}	1646 ^{j-v}
Sil -6	359.8 ^{f-h}	1699 ^{h-s}	Sil -82	279.8 ^h	1139 ^{vw}
Sil -7	350.8 ^{gh}	1777 ^{h-r}	Sil -99	602.9 ^{a-g}	1569 ^{k-w}
Sil -9	530.0 ^{b-h}	1943 ^{f-n}	Sil -140	701.7 ^{a-c}	1714 ^{h-r}
Sil -13	662.8 ^{a-e}	1552 ^{l-w}	Sil -203	480.1 ^{b-h}	1721 ^{h-r}
Sil -18	481.4 ^{b-h}	1850 ^{f-r}	Sil -206	475.1 ^{b-h}	1695 ^{h-t}
Sil -19	349.6 ^{gh}	2080 ^{e-k}	Sil -224	363.2 ^{f-h}	1181 ^{t-w}
Sil -20	584.6 ^{b-g}	2026 ^{f-m}	Sil -231	701.0 ^{a-c}	1559 ^{l-w}
Sil -22	506.2 ^{b-h}	1745 ^{h-r}	Sil -193	721.4 ^{ab}	2540 ^{b-e}
Sil -23	425.0 ^{d-h}	2594 ^{a-d}	Sil -198	387.2 ^{f-h}	1391 ^{p-w}
Sil -24	529.0 ^{b-h}	1580 ^{k-w}	Sil -199	607.3 ^{a-g}	1485 ^{n-w}
Sil -25	586.1 ^{b-g}	1895 ^{f-p}	Sil -208	591.5 ^{a-g}	2166 ^{d-i}
Sil -28	517.2 ^{b-h}	1659 ^{i-u}	Sil -210	501.0 ^{b-h}	1742 ^{h-r}
Sil -31	540.1 ^{b-h}	1538 ^{m-w}	Sil -211	580.19 ^{b-g}	1713 ^{h-r}
Sil -33	491.2 ^{b-h}	1413 ^{o-w}	Sil -64	426.0 ^{d-h}	1353 ^{r-w}
Sil -34	433.7 ^{c-h}	1399 ^{p-w}	Sil -66	475.4 ^{b-h}	1960 ^{f-n}
Sil -39	496.1 ^{b-h}	1689 ^{h-t}	Sil -74	420.1 ^{d-h}	1115 ^w
Sil -44	464.3 ^{b-h}	1496 ^{n-w}	Sil -94	300.2 ^h	1098 ^w
Sil -48	286.4 ^h	1157 ^{u-w}	Sil -95	389.8 ^{f-h}	2917 ^{ab}
Sil -51	446.4 ^{c-h}	1507 ^{n-w}	Armaviresky	406.2 ^{d-h}	2695 ^{a-c}
Sil -53	496.4 ^{b-h}	1196 ^{s-w}	Sil -96	848.2 ^a	3035 ^a
Sil -54	505.4 ^{b-h}	1549 ^{m-w}	Sil -75	478.0 ^{b-h}	1634 ^{j-v}
Sil -58	672.5 ^{a-d}	1668 ^{i-u}	Ghasem	454.6 ^{b-h}	2342 ^{c-g}
Sil -59	507.4 ^{b-h}	1630 ^{j-v}	Progress	513.3 ^{b-h}	1475 ^{n-w}
Sil -61	402.9 ^{e-h}	2530 ^{b-e}	Master	609.3 ^{a-g}	2065 ^{e-l}
Sil -276	576.0 ^{b-g}	2292 ^{c-g}	Gabor	583.7 ^{b-g}	2052 ^{e-m}
Sil -221	454.2 ^{b-h}	1380 ^{p-w}	Azargol	584.1 ^{b-g}	2353 ^{c-f}
Sil -237	468.9 ^{b-h}	1644 ^{j-v}	Barzegar	457.0 ^{b-h}	2759 ^{a-c}
Sil -292	512.8 ^{b-h}	1424 ^{o-w}	Lakomka	483.3 ^{b-h}	1656 ^{i-u}
Sil -198	464.0 ^{b-h}	1633 ^{j-v}	Zarya	490.7 ^{b-h}	1621 ^{f-o}
Sil -238	413.5 ^{d-h}	1374 ^{q-w}	Record	602.4 ^{a-g}	1842 ^{g-r}
Sil -215	542.1 ^{b-h}	1882 ^{f-q}	Farokh	619.5 ^{a-f}	2122 ^{d-g}

میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, have not significantly different together based on LSD test at 5%.

تعداد دانه در طبق

تعداد دانه در طبق، کمتر از ۴۰۰ عدد بود (جدول ۴). در شرایط اعمال تنش رطوبتی نیز در ۱۱ ژنوتیپ تعداد دانه در طبق بیش از ۶۳۰ عدد دانه در طبق بود که همگی در اولین گروه آماری قرار گرفتند. در حالی که در ۱۶ ژنوتیپ، تعداد دانه در طبق، کمتر از ۴۰۰ عدد بود (جدول ۵). تعداد دانه در طبق، از جمله اجزای عملکردی است که کاملاً تحت تأثیر پتانسیل ژنوتیپ‌ها و عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Vafaie nezhad et al., 2011). ابوطالبیان و بابارئیسی (Aboutalebian and Baba Raesi, 2017) در گزارش‌های خود اظهار داشتند که تنش رطوبتی به‌واسطه

اختلاف ژنوتیپ‌های آفتابگردان از نظر تعداد دانه در طبق آفتابگردان در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی معنی‌دار شد (جدول ۳). بدین ترتیب که در شرایط عدم تنش رطوبتی، ژنوتیپ Sil-96 با تولید بیش از ۸۴۲ عدد دانه در طبق، بیشترین تعداد دانه در طبق را از خود نشان داد. همچنین ۱۲ ژنوتیپ دیگر که تعداد دانه در طبق آن‌ها بیش از ۵۹۰ عدد در طبق بود، با این ژنوتیپ در گروه برتر آماری قرار گرفتند (جدول ۴). در دو ژنوتیپ Sil-82 و Sil-48 تعداد دانه در طبق، حتی به ۳۰۰ عدد هم نرسید و در نه ژنوتیپ،

بیشتری نیز تولید کنند. سعیدی (Bani Saeidi, 2012) نیز در بررسی تأثیر نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن سه رقم آفتابگردان گزارش کرد که تعداد دانه در طبق در رقم آلتار نسبت به دو رقم مستر و لاکومکا به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و همین امر سبب برتری معنی‌دار عملکرد دانه رقم آلتار نسبت به دو رقم دیگر گردید.

خشک شدن دانه‌های گرده و کلالة مادگی و همچنین کاهش فعالیت حشرات، می‌تواند در کاهش تعداد دانه در طبق مؤثر باشد. هرچند در این پژوهش، اثر تنش رطوبتی بر روی تعداد دانه در طبق آفتابگردان معنی‌دار نشد (جدول ۶)، اما با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این جزء از عملکرد و عملکرد دانه (جدول ۸)، ژنوتیپ‌هایی که از پتانسیل بالاتری در تشکیل تعداد دانه در طبق برخوردارند، می‌توانند محصول

جدول ۵. مقایسات میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و محتوی نسبی آب ژنوتیپ‌های آفتابگردان در شرایط تنش رطوبتی.

Table 5. Mean comparisons for yield, yield components and RWC of sunflower genotypes in water stress condition.

نام ژنوتیپ Genotype name	تعداد دانه در عملکرد				نام ژنوتیپ Genotype name	تعداد دانه در			
	قطر طبق Head diameter (cm)	طبق No. of seed per diameter	دانه Seed yield (g/plot)	محتوی نسبی آب RWC (%)		قطر طبق Head diameter (cm)	طبق No. of seed per diameter	عملکرد دانه Seed yield (g/plot)	محتوی نسبی آب RWC (%)
Sil-2	14.61 ^a	804.1 ^{ab}	36.18 ^{a-e}	32.7 ^{l-r}	Sil-42	8.34 ^{m-o}	478.7 ^{g-v}	36.18 ^{a-e}	56.7 ^{a-l}
Sil-6	12.66 ^{a-h}	638.4 ^{a-g}	31.25 ^{c-m}	38.2 ^{h-r}	Sil-82	11.31 ^{b-n}	385.3 ^{n-v}	31.25 ^{c-m}	30.36 ^{n-r}
Sil-7	11.41 ^{a-n}	586.2 ^{c-m}	31.96 ^{c-l}	32.4 ^{l-r}	Sil-99	10.86 ^{c-o}	577.1 ^{c-p}	31.96 ^{c-l}	46.9 ^{c-r}
Sil-9	12.63 ^{a-h}	582.3 ^{c-n}	33.75 ^{b-h}	30.7 ^{m-r}	Sil-140	10.16 ^{f-o}	420.9 ^{i-v}	33.75 ^{b-h}	37.1 ^{i-r}
Sil-13	14.03 ^{a-c}	496.1 ^{f-u}	26.51 ^{g-r}	23.5 ^r	Sil-203	12.33 ^{a-i}	427.9 ^{i-v}	26.51 ^{g-r}	43.7 ^{d-r}
Sil-18	11.74 ^{a-l}	680.8 ^{a-f}	30.26 ^{d-m}	63.7 ^{a-h}	Sil-206	10.56 ^{d-o}	395.5 ^{m-v}	30.26 ^{d-m}	60.8 ^{a-j}
Sil-19	11.96 ^{a-k}	760.5 ^{a-d}	35.00 ^{b-f}	36.6 ^{j-r}	Sil-224	7.83 ^o	390.2 ^{m-v}	35.00 ^{b-f}	47.7 ^{b-r}
Sil-20	14.48 ^{ab}	608.0 ^{c-k}	33.38 ^{b-i}	56.8 ^{a-l}	Sil-231	9.26 ^{i-o}	382.7 ^{o-v}	33.38 ^{b-i}	60.5 ^{a-j}
Sil-22	13.34 ^{a-f}	638.3 ^{a-g}	26.79 ^{f-r}	33.1 ^{l-r}	Sil-193	10.88 ^{c-o}	547.2 ^{e-r}	26.79 ^{f-r}	54.5 ^{a-n}
Sil-23	11.73 ^{a-l}	578.1 ^{c-o}	26.64 ^{f-r}	38.0 ^{h-r}	Sil-198	9.26 ^{i-o}	380.4 ^{o-v}	26.64 ^{f-r}	24.7 ^r
Sil-24	12.06 ^{a-j}	292.6 ^v	17.38 ^{t-w}	38.2 ^{h-r}	Sil-199	11.01 ^{c-o}	434.5 ^{i-v}	17.38 ^{t-w}	39.1 ^{g-r}
Sil-25	9.67 ^{g-o}	564.8 ^{d-q}	30.42 ^{c-m}	47.3 ^{c-r}	Sil-208	11.80 ^{a-l}	614.0 ^{b-j}	30.42 ^{c-m}	53.8 ^{a-o}
Sil-28	12.66 ^{a-h}	516.7 ^{f-u}	26.70 ^{f-r}	53.1 ^{a-p}	Sil-210	10.16 ^{f-o}	443.8 ^{g-v}	26.70 ^{f-r}	59.4 ^{a-j}
Sil-31	10.30 ^{e-o}	507.8 ^{f-u}	24.46 ^{k-v}	60.4 ^{a-j}	Sil-211	10.75 ^{c-o}	406.4 ^{m-v}	24.46 ^{k-v}	56.3 ^{a-m}
Sil-33	9.87 ^{g-o}	435.9 ^{h-v}	24.14 ^{l-v}	51.9 ^{a-q}	Sil-64	7.74 ^o	371.0 ^{q-v}	24.14 ^{l-v}	65.9 ^{a-e}
Sil-34	11.75 ^{a-l}	413.1 ^{k-v}	21.45 ^{n-w}	58.9 ^{a-k}	Sil-66	9.86 ^{g-o}	637.1 ^{a-g}	21.45 ^{n-w}	71.6 ^{a-c}
Sil-39	13.62 ^{a-d}	578.3 ^{c-o}	29.06 ^{e-n}	40.7 ^{e-r}	Sil-74	8.71 ^{k-o}	457.5 ^{g-v}	29.06 ^{e-n}	73.3 ^{ab}
Sil-44	12.51 ^{a-i}	507.9 ^{f-u}	24.66 ^{j-v}	24.1 ^r	Sil-94	8.17 ^{no}	391.1 ^{m-v}	24.66 ^{j-v}	77.4 ^a
Sil-48	12.85 ^{a-g}	345.4 ^{s-v}	19.32 ^{p-w}	33.4 ^{k-r}	Sil-95	11.26 ^{b-n}	717.8 ^{a-e}	19.32 ^{p-w}	75.3 ^a
Sil-51	9.50 ^{h-o}	396.1 ^{m-v}	18.53 ^{t-w}	27.3 ^{q-r}	Armaviresky	11.32 ^{b-n}	619.3 ^{b-i}	18.53 ^{t-w}	44.4 ^{d-r}
Sil-53	9.41 ^{h-o}	633.8 ^{a-h}	15.67 ^w	25.2 ^r	Sil-96	8.55 ^{l-o}	772.1 ^{a-c}	40.44 ^{ab}	74.4 ^a
Sil-54	8.83 ^{j-o}	354.0 ^{r-v}	17.71 ^{s-w}	64.6 ^{a-g}	Sil-75	9.68 ^{g-o}	378.8 ^{p-v}	17.71 ^{s-w}	53.4 ^{a-o}
Sil-58	8.76 ^{k-o}	327.9 ^{t-v}	16.58 ^{vw}	27.5 ^{p-r}	Ghasem	11.40 ^{a-n}	408.6 ^{l-v}	16.58 ^{vw}	46.7 ^{c-r}
Sil-59	10.73 ^{d-o}	537.6 ^{e-s}	25.44 ^{h-t}	61.3 ^{a-j}	Progress	10.91 ^{c-o}	419.0 ^{j-v}	25.44 ^{h-t}	62.6 ^{a-i}
Sil-61	10.94 ^{c-o}	765.4 ^{a-c}	40.44 ^{ab}	66.1 ^{a-e}	Master	12.69 ^{a-h}	522.6 ^{e-t}	15.67 ^w	59.4 ^{a-j}
Sil-276	11.82 ^{a-l}	822.9 ^a	32.89 ^{b-j}	39.8 ^{f-r}	Gabor	10.74 ^{c-o}	318.9 ^{uv}	32.89 ^{b-j}	61.3 ^{a-j}
Sil-221	11.40 ^{a-n}	467.7 ^{g-v}	20.62 ^{o-w}	28.7 ^{o-r}	Azargol	13.49 ^{a-e}	420.2 ^{j-v}	20.62 ^{o-w}	60.0 ^{a-j}
Sil-237	10.95 ^{c-o}	375.6 ^{q-v}	17.75 ^{s-w}	25.1 ^r	Barzegar	11.50 ^{a-m}	588.4 ^{c-m}	17.75 ^{s-w}	60.1 ^{a-j}
Sil-292	10.04 ^{g-o}	390.0 ^{m-v}	16.89 ^{u-w}	37.3 ^{l-r}	Lakomka	11.75 ^{a-l}	607.2 ^{c-l}	16.89 ^{u-w}	69.0 ^{a-d}
Sil-198	10.69 ^{d-o}	464.3 ^{g-v}	21.00 ^{n-w}	44.2 ^{d-r}	Zarya	14.36 ^{ab}	539.6 ^{e-s}	21.00 ^{n-w}	56.3 ^{a-m}
Sil-238	10.96 ^{c-o}	429.7 ^{i-v}	19.50 ^{p-w}	33.2 ^{k-r}	Record	11.97 ^{a-k}	507.2 ^{f-u}	19.50 ^{p-w}	65.3 ^{a-f}
Sil-215	10.77 ^{c-o}	548.8 ^{e-r}	30.78 ^{c-m}	55.7 ^{a-n}	Farokh	10.71 ^{d-o}	408.8 ^{l-v}	30.78 ^{c-m}	71.7 ^{a-c}

میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, have not significantly different together based on LSD test at 5%.

جدول ۶. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت دو تیمار تنش رطوبتی و عدم تنش.

Table 6. Analysis of variance for yield and yield components of sunflower under two treatments of water stress and non-stress.

منابع تغییر s.o.v	درجه آزادی df	قطر طبق Head diameter (cm)	تعداد طبق در مترمربع No. of head per m ²	تعداد دانه در		عملکرد دانه Seed yield (g/plot)	محتوی نسبی آب RWC (%)
				طبق No. of seed per diameter	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds (g)		
تکرار Replication	2	0.189	0.0002	496.4	1.35	0.513	0.065
تنش رطوبتی Water stress	1	0.104 ^{ns}	0.330 ^{ns}	9.06 ^{ns}	19.44 ^{**}	85.49 ^{**}	426.1 ^{**}
خطا Error	2	0.144	0.062	14.81	0.051	0.469	0.020
ضریب تغییرات (%) CV (%)		3.39	5.1	0.76	0.57	2.29	0.25

** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و غیر معنی‌دار

** and ns: significant in 1% level and non-significant, respectively

وزن هزار دانه

اختلاف ژنوتیپ‌های آفتابگردان از نظر وزن هزار دانه آفتابگردان در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی معنی‌دار نشد (جدول ۳). هرچند همبستگی وزن هزار دانه با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار شد (جدول ۸)، لکن گزارش شده است که وزن دانه در مقایسه با تعداد دانه در طبق، نقش کمتری در عملکرد دانه آفتابگردان دارد (Rahimizadeh et al., 2010). با این وجود، اثر تنش رطوبتی وزن هزار دانه آفتابگردان را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. (جدول ۶). بدین ترتیب که در شرایط عدم تنش رطوبتی، وزن هزار دانه برابر با ۴۱/۷۶ گرم بود؛ اما اعمال تنش رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار ۸/۶۲ درصدی وزن هزار دانه گردید. به‌طوری‌که متوسط وزن هزار دانه، در شرایط تنش رطوبتی حتی به ۳۸/۲ گرم هم نرسید (جدول ۷). چنین به نظر می‌رسد که وقوع تنش خشکی و کاهش رطوبت قابل‌دسترس در مرحله گلدی و پر شدن دانه، موجب کاهش تولید مواد فتوسنتزی و اختلال در انتقال مجدد و تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و این موضوع، کاهش وزن هزار دانه را به همراه داشته است. نتایج این تحقیق، با یافته‌های ابوطالبیان و بابارئسی (Aboutalebian and Baba, 2017) و گوکسوی و همکاران (Goksoy et al., 2004) در توافق است. آن‌ها نیز واکنش وزن دانه آفتابگردان را در پاسخ به رژیم آبیاری موردبررسی قرار داده و کاهش وزن دانه آفتابگردان را تحت شرایط تنش رطوبتی گزارش کردند.

عملکرد دانه

اختلاف ژنوتیپ‌های تحت بررسی از نظر عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی معنی‌دار شد (جدول ۳). در شرایط عدم تنش رطوبتی، ژنوتیپ Sil-96 با بیش از ۳۰۳۵ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را داشت. این امر شاید به دلیل بیشتر بودن تعداد دانه در طبق در ژنوتیپ Sil-96 باشد. چراکه این ژنوتیپ با تولید بیش از ۸۴۸ دانه در طبق، بیشترین تعداد دانه در طبق را برخوردار بود. چهار ژنوتیپ دیگر که عملکرد دانه آن‌ها بیش از ۲۵۶۰ کیلوگرم در هکتار بود، با این ژنوتیپ در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). از طرف دیگر، در چهار ژنوتیپ Sil-82، Sil-74 و Sil-94 عملکرد دانه کمتر از ۱۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. این موضوع نیز به کمتر بودن تعداد دانه در طبق در این ژنوتیپ‌ها نسبت داده شد. چراکه در دو ژنوتیپ Sil-82 و Sil-48 تعداد دانه در طبق، کمتر از ۳۰۰ عدد بود. ژنوتیپ Sil-94 نیز تنها ۳۰۰ دانه در طبق داشت و در ژنوتیپ Sil-74 نیز تعداد دانه در طبق حدود ۴۲۰ عدد بود (جدول ۴). می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که نوسانات تعداد دانه در طبق می‌تواند تأثیر بسزایی در عملکرد دانه آفتابگردان داشته باشد. در شرایط اعمال تنش رطوبتی نیز ژنوتیپ Sil-96 به‌واسطه داشتن تعداد دانه در طبق بالا و با عملکرد دانه ۲۲۹۸ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را از خود نشان داد. لکن چهار ژنوتیپ دیگر که عملکرد دانه آن‌ها بیش از ۱۹۲۰ کیلوگرم در هکتار بود، با این ژنوتیپ در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). در شرایط اعمال تنش رطوبتی

مطالعات خود، کاهش معنی‌دار وزن صد دانه آفتابگردان را طی افزایش سطوح تنش خشکی گزارش کردند.

جدول ۷. مقایسات میانگین عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت دو تیمار تنش رطوبتی و عدم تنش.

Table 7. Mean comparisons for yield and yield components of sunflower under two treatments of water stress and non-stress.

تیمار treatment	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds (g)	عملکرد دانه Seed yield (g/plot)	محتوای آب نسبی RWC (%)
عدم تنش Non-stress	41.76 a	33.59 a	66.09 a
تنش رطوبتی Water stress	38.16 b	26.03 b	49.23 b

میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی-دار اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, have not significantly different together based on LSD test at 5%.

عملکرد دانه ۱۸ ژنوتیپ حتی به ۱۰۶۶ کیلوگرم در هکتار هم نرسید (جدول ۵). امامی و همکاران (Emami Bistgani et al., 2014) نیز در مقایسه عملکرد دانه و صفات زراعی چهار رقم جدید آفتابگردان، وجود اختلافات معنی‌داری را از نظر عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌های موردبررسی گزارش کردند. به طوری که عملکرد دانه ژنوتیپ Arm-mok18-85 به طور معنی‌داری از دو ژنوتیپ Mok13-85 و Kc20-83ES85 (با یک گروه آماری) بیشتر بود و ژنوتیپ S1RE85-ES از این نظر بین دو گروه آماری فوق قرار گرفت. گوکسوی و همکاران (Goksoy et al., 2004) اعلام کردند که برای دستیابی به عملکردهای بالا در گیاه آفتابگردان، می‌بایست از مواجهه گیاه با تنش خشکی در سه مرحله تشکیل طبق، گلدهی و شیری شدن دانه‌ها پرهیز کرد. ابوطالبیان و بابارئسی (Aboutalebian and Baba Raeisi, 2017) نیز در

جدول ۸. ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های آفتابگردان.

Table 8. Correlation coefficients between yield and yield components of sunflower genotypes.

	عملکرد دانه Seed yield	قطر طبق Head diameter	تعداد طبق در بوته No. of head per m ²	تعداد دانه در طبق No. of seed per diameter	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds	محتوای نسبی آب RWC
عملکرد دانه Seed yield	1					
قطر طبق Head diameter	0.327 **	1				
تعداد طبق در بوته No. of head per m ²	0.086 ns	0.104 ns	1			
تعداد دانه در طبق No. of seed per diameter	0.770 **	0.262 **	0.090 ns	1		
وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds	0.384 **	0.181 *	0.108 ns	0.351 **	1	
محتوای نسبی آب RWC	0.239 **	-0.226 *	0.037 ns	0.138 *	0.066 ns	1

ns, * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار

** , * and ns: significant in 1% and 5% level and non-significant, respectively

این ژنوتیپ‌ها همگی در گروه برتر آماری قرار گرفتند؛ اما در ۱۵ ژنوتیپ محتوای نسبی آب حتی به ۳۴ درصد هم نرسید (جدول ۵). بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که بین عملکرد دانه و تعداد دانه در طبق با محتوای نسبی آب گیاه، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت و ژنوتیپ‌هایی که از بالاترین مقدار محتوای نسبی آب برخوردار بودند، بیشترین عملکردها را نیز به خود اختصاص دادند. به‌عنوان مثال، سه

محتوای آب نسبی

اختلاف ژنوتیپ‌های آفتابگردان از نظر محتوای نسبی آب آفتابگردان در شرایط عدم تنش رطوبتی معنی‌دار نشد (جدول ۳)؛ اما اختلاف ژنوتیپ‌های آفتابگردان از نظر محتوای نسبی آب آفتابگردان در شرایط تنش رطوبتی معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی، در ۳۳ ژنوتیپ محتوای نسبی آب بیشتر از ۵/۵ درصد بود و

خشکی بالایی نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها نشان داد، ژنوتیپ Sil-96 بود که از شاخص ۲/۳۷ برخوردار بود و در سایر ژنوتیپ‌ها شاخص تحمل به خشکی حتی به ۲ هم نرسید (جدول ۹). همچنین در بین ۶۴ ژنوتیپ مورد بررسی، تنها ۱۷ ژنوتیپ بودند که شاخص تحمل به خشکی بیشتر از یک را از خود نشان دادند (جدول ۹). از طرف دیگر، در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، چهار ژنوتیپ Sil-23، Sil-24، Sil-58 و Gabor از شاخص حساسیت به خشکی بیشتر از دو برخوردار بودند که این امر نشان‌دهنده حساسیت بالای این ژنوتیپ‌ها به تنش رطوبتی است. در هفت ژنوتیپ نیز شاخص حساسیت به خشکی کمتر از ۰/۵ بود که می‌توان این موضوع را به حساسیت پایین این ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی نسبت داد (جدول ۹).

به‌طور کلی در مناطق نیمه‌خشک که پراکنش بارندگی غیریکنواخت است، پایداری عملکرد در مقایسه با میزان عملکرد در شرایط تنش و مطلوب، به‌عنوان معیار مناسب‌تری برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش رطوبتی پذیرفته شده است. عموماً هدف از گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی، معرفی ارقامی است که شرایط تنش را بهتر تحمل کرده و تحت شرایط تنش از ثبات عملکرد بیشتری برخوردار بوده و افت عملکرد کمتری داشته باشند (Arshadi, 2016). در همین راستا غفاری (Ghaffari, 2016) طی ارزیابی و گزینش لاین‌های اینبرد آفتابگردان در دو شرایط نرمال و تنش خشکی، شاخص STI را به‌عنوان کارآمدترین شاخص در ارزیابی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در آفتابگردان گزارش کرد. گنجعلی و همکاران (Ganjali et al., 2011) در مطالعات خود اظهار داشتند که گزینش برای تحمل به خشکی در بین ژنوتیپ‌های نخود، می‌بایست بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش انجام شود. بر این اساس، ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش باشند به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی قابل توصیه هستند. قدیمی و همکاران (Ghadimi et al., 2017) طی بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ۲۰ لاین آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی، گزارش کردند که سه لاین BGK19، BGK1 و BGK335 از کمترین و سه لاین RGK50، RGK55 و RGK23 بیشترین شاخص SSI برخوردار بودند که به ترتیب به‌عنوان لاین‌های دارای کمترین و بیشترین حساسیت به تنش خشکی معرفی شدند.

ژنوتیپ Sil-95، Sil-96 و Lakomka که بالاترین عملکردهای دانه را در شرایط تنش به خود اختصاص دادند، از محتوی نسبی آب بیش از ۶۹ درصد در شرایط تنش برخوردار بودند (جدول ۸). اثر تنش رطوبتی بر روی محتوی نسبی آب گیاه آفتابگردان معنی‌دار گردید (جدول ۶). بدین ترتیب که در شرایط عدم تنش رطوبتی، محتوی نسبی آب گیاه برابر با ۶۶/۰۹ درصد بود؛ اما اعمال تنش رطوبتی سبب کاهش ۲۵/۵ درصدی محتوی نسبی آب گیاه گردید. به‌طوری‌که در شرایط تنش رطوبتی، محتوی نسبی آب گیاه حتی به ۴۹/۵ درصد هم نرسید (جدول ۷). گزارش شده است که محتوی نسبی آب برگ شاخص مناسبی برای گزینش ارقام مقاوم به خشکی محسوب می‌شود و به نظر می‌رسد که این شاخص، حتی از خصوصیت پتانسیل آب برگ هم کارایی بهتری داشته باشد (Kafi et al., 2009). محتوی نسبی آب برگ بالاتر به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتر آب در شرایط تنش است (Bajji et al., 2001). تحقیقات علمی حاکی از آن است که زمانی که RWC برابر ۷۰ تا ۱۰۰ درصد باشد، عوامل بازدارنده روزنه‌ای در کاهش فتوسنتز دخیل بوده که در این هنگام بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز قابل بازگشت است. زمانی که RWC برابر ۳۵ تا ۷۰ درصد باشد، بازدارنده‌های غیر روزنه‌ای نظیر بازدارنده‌های نوری، کاهش کربوکسیلاسیون، کاهش چرخه کالوین و افزایش تنفس نوری رخ می‌دهند و عامل محدودکننده اصلی در این زمان اختلال در انتقال الکترون است که البته این وضعیت نیز تا حدی قابل برگشت است؛ اما بازیافت آن به‌کندی صورت می‌گیرد. زمانی که RWC کمتر از ۳۰ درصد باشد، نشان‌دهنده آن است که غشاء کلروپلاست صدمه‌دیده که این امر فرایندی غیرقابل برگشت است (Kafi and Damghani, 2002; Barjasteh, 2017). کشیف نعیم و همکاران (Kashif, 2017) با ارزیابی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گندم تحت شرایط تنش خشکی، وجود همبستگی بالا بین عملکرد دانه و محتوی نسبی آب برگ را بیان کرده و اظهار داشتند که هرچه گیاه بتواند در شرایط تنش، محتوی نسبی آب برگ را در حد بالاتری نگه‌داشته و بیشتر از کاهش آب برگ جلوگیری کند در مقابله با تنش موفق‌تر خواهد بود.

شاخص‌های مقاومت به خشکی

بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی بین ژنوتیپ‌های آفتابگردان نشان داد که تنها ژنوتیپی که شاخص تحمل به

جدول ۹. شاخص‌های مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های آفتابگردان.

شاخص حساسیت			شاخص تحمل		
به تنش	به تنش	شاخص حساسیت	به تنش	به تنش	شاخص تحمل
SSI	STI	Genotype name	SSI	STI	Genotype name
0.61	0.69	Sil -42	0.62	1.19	Sil -2
1.08	0.31	Sil -82	0.26	0.81	Sil -6
0.50	0.69	Sil -99	0.41	0.85	Sil -7
1.84	0.58	Sil -140	0.45	1.08	Sil -9
0.65	0.88	Sil -203	0.61	0.69	Sil -13
1.55	0.56	Sil -206	0.65	0.83	Sil -18
0.51	0.40	Sil -224	0.66	1.12	Sil -19
1.32	0.58	Sil -231	0.70	1.10	Sil -20
1.42	1.38	Sil -193	0.86	0.69	Sil -22
0.84	0.52	Sil -198	2.11	1.06	Sil -23
0.35	0.68	Sil -199	2.07	0.39	Sil -24
0.75	1.35	Sil -208	0.70	0.96	Sil -25
0.91	0.88	Sil -210	0.75	0.75	Sil -28
1.44	0.62	Sil -211	0.70	0.55	Sil -31
0.91	0.50	Sil -64	0.61	0.51	Sil -33
1.01	1.04	Sil -66	0.96	0.49	Sil -34
0.86	0.30	Sil -74	0.35	0.74	Sil -39
0.33	0.36	Sil -94	0.62	0.57	Sil -44
1.15	1.99	Sil -95	0.69	0.33	Sil -48
1.27	1.72	Armaviresky	1.55	0.48	Sil -51
1.02	2.37	Sil -96	1.42	0.33	Sil -53
0.91	0.64	Sil -75	1.77	0.40	Sil -54
0.56	1.54	Ghasem	2.25	0.42	Sil -58
1.24	0.55	Progress	0.83	0.70	Sil -59
1.23	0.86	Master	0.56	1.65	Sil -61
2.33	0.59	Gabor	0.99	1.25	Sil -276
1.86	0.95	Azargol	0.90	0.46	Sil -221
1.12	1.77	Barzegar	1.74	0.54	Sil -237
0.31	0.82	Lakomka	1.52	0.45	Sil -292
0.69	0.86	Zarya	1.25	0.55	Sil -198
0.60	0.87	Record	1.08	0.44	Sil -238
0.64	1.20	Farokh	0.52	1.02	Sil -215

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، ژنوتیپ Sil-96 در هر دو شرایط اعمال تنش رطوبتی و عدم تنش، بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد و از بالاترین مقدار شاخص تحمل به خشکی نیز برخوردار بود. این ژنوتیپ به دلیل دارا بودن تعداد بیشتر دانه در طبق و پتانسیل حفظ رطوبت نسبی برگ در زمان وقوع تنش خشکی توانست عملکرد بالای خود را حفظ نماید. لذا به نظر می‌رسد که این ژنوتیپ برای کشت در هر دو شرایط تنش رطوبتی و عدم تنش در کرمانشاه قابل توصیه باشد. در این تحقیق، ژنوتیپ‌هایی مانند Sil-2 نیز وجود داشتند که

علیرغم دارا نبودن عملکرد بالا در شرایط شاهد، در شرایط تنش خشکی عملکرد بالایی داشته و از نظر شاخص تحمل به تنش نیز بر ژنوتیپ‌های دیگر برتری داشتند؛ که می‌توان از این ژنوتیپ‌ها برای مطالعه و شناسایی مکانیسم‌های احتمالی مقاومت به تنش خشکی بهره جست. علاوه بر این طبق جدول همبستگی، در مقایسه بین ژنوتیپ‌ها، تأثیرگذارترین جزء بر روی عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق بود. بر اساس یافته‌های این تحقیق تنوع زیادی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تعداد دانه در طبق وجود داشت که وجود این پتانسیل ژنتیکی می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی آفتابگردان به کار گرفته شود.

منابع

- Abbasdokht, H., Yaghmaei, R., Ghorbani, H., 2015. The effect of chelate microelement (Jadogar) on yield and yield components of sunflower at different levels of plant densities. *Agricultural Sciences and Natural Resources*. 8(1), 1-19. [In Persian with English Summary].
- Aboutalebian, M.A., Baba Raesi, A., 2017. Effect of zinc sulfate application method on maximum leaf area index, yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 48(2), 339-350. [In Persian with English Summary].
- Arshadi, M.J., 2016. Investigation of the effect of seeds inoculation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) with arbuscular mycorrhiza and pseudo-endomycorrhiza in response to drought stress. Ph.D. Dissertation. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].
- Arshadi, M.J., Khazaei, H.R., Kafi, M., 2008. Effect of nitrogen topdress fertilizer application by using chlorophyll meter on yield and yield components of potato (*Agria cv.*). *Agricultural Research*. 8(1), 33-45. [In Persian with English Summary].
- Bajji, M., Lutts, S., Kinet, J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*. 160, 669-681.
- Bani Saeidi, A., 2012. Effect of nitrogen on grain yield components and nitrogen use efficiency of sunflower cultivars in Khuzestan environment conditions. *Journal of Crop Physiology*. 4(15), 71-86. [In Persian with English Summary].
- Barjasteh, A.R., 2017. Evaluation of drought stress on wheat and wild oat (*Avenaludoviciana*) competition. Ph.D. Dissertation. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian with English Summary].
- Emami bistgani, Z., Siadat, S.A., Bakhshandeh A., Khalil Alami, S., Shirmaoeli, Gh., 2014. Effect of plant density on yield, agronomic traits in new variety sunflower. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*. 103, 69-75. [In Persian with English Summary].
- FAO. 2015. *Agricultural Production Year Book*. Rome. Italy.
- Farahvash, F., Mirshekari, B., Abbasi-Seyahjani, E., 2011. Effects of water deficit on some traits of three sunflower cultivars. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 9(5), 584-587.
- Farrokhi A., Nabipoor, A.R., Daneshian, J., 2005. Directions for Sunflower Production in Different Regions of the Country. Seed and Plant Improvement Research Institute. [In Persian].
- Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*, Taiwan, August 13-18, 1992. p. 257-270.
- Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agriculture Agriculture Research*. 29(5), 897-912.
- Gadimi, F.N., Jahanbakhsh, S., Gaffari, M., Ebadi, A., 2016. Evaluation of some agronomic traits and estimation of drought resistance indices for seed yield in sunflower inbred lines under with and without water stress. *Dry farming Agronomy of Iran*. 5(2), 225-247. [In Persian with English Summary].
- Ganjali, A., Porsa, H., Bagheri, A., 1011. The reaction yield and morpho-physiological characteristics of early chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to drought resistance. *Iranian Journal of Pulses Research*. 2(1), 65-80. [In Persian with English Summary].
- Ghaffari, M., 2008. Evaluation and selection of sunflower inbred lines under normal and drought stress conditions. *Seed and Plant*. 24, 633-649. [In Persian with English Summary].
- Goksoy, A., Demir, A., Turan, Z., Dagustu, N., 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research*. 87, 167-178.
- Golparvar, A.R., Majidi Harvan, I., Ghassemi Pirbaloti, E., 2003. Genetic improvement yield potential and water stress resistance in wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Research in Agricultural Science*. 13, 13-21. [In Persian with English Summary].
- Jennatdoust, M., Darvishzadeh, R., Ziaiefard, R., Azizi, h., Gholinezhad, E., 2015. Association mapping for grain quality related traits in

- confectionery sunflower (*Helianthus annuus* L.) using retrotransposon markers under normal and drought stress conditions. *Crop Biotech.* 9, 15-28. [In Persian with English Summary].
- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., Nabati, J. 2009. *Physiology of Environmental Stress in Plant*. Jahad Daneshgahi Publication. [In Persian].
- Kafi, M., Damghani, A., 2002. *Resistance mechanisms of plants to environmental stresses*. Jahad Daneshgahi Publication. [In Persian].
- Kafi, M., Ganjali, A., Abbasi, F., 2007. Investigation of changes in abscisic acid of leaf tissue and stomatal resistance in susceptible and resistant genotypes of chickpea to drought stress. *Sciences Journal.* 33(4), 19-26. [In Persian with English Summary].
- Karimi Kakhki, M., Sepehri, A., Hemati Matin, H.R., 2010. Investigation of oil and protein content and fatty acid composition of sunflower cultivars under different irrigation conditions. *Agricultural Sciences and Natural Resources.* 3(3), 63-80.
- Kashif Naem, M., Ahmad, M., Kamran, M., Kausar Nawaz Shah, M., Shahid Iqbal, M., 2015. Physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to drought stress. *International Journal of Plant and Soil Science.* 6(1), 1-9.
- Pirasteh Anusheh, H., Emam, Y., Jamali Ramin, F., 2010. Comparison of the effects of biological fertilizers with chemical fertilizers on growth, yield and percentage of oil sunflower (*Helianthus annuus* L.) in different levels of drought stress. *Journal of Agroecology.* 2(3), 492-501. [In Persian with English Summary].
- Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Feizabady, A., Madani, H., and Soltani, E., 2010. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield under drought stress conditions. *Electronic Journal of Crop Production.* 3(1), 57-72. [In Persian with English Summary].
- Stone, L., Goodrum, R.D.E., Jafar, M.N., Khan, A.H., 2001. Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. *Agronomy Journal.* 69, 1105-1110.
- Vafaienazhad, M., Baghi, M., Mobaser, H.R., Andarkhour, A.A., Ghanbari Malidarreh, A., 2011. Investigation of planting density effects on quality and quantity of sunflower cultivar in interval plantation. The first national conference on modern topics, 1-4. [In Persian with English Summary].



Original article

Evaluation of reaction of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes in terms of yield and yield components under water stress conditions

S.P. Darbani^{1*}, A.A. Mehrabi², S.S. Pordad³, A. Maleki⁴, M. Farshadfar⁵

1. PhD Student of plant breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran
2. Associate Professor of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
3. Professor of Plant Breeding, Dryland Agricultural Research Institute, Sararood Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran
4. Assistant Professor of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran
5. Associate Professor of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran

Received 16 February 2019; Accepted 30 April 2019

Abstract

The present study was carried out to identify sunflower tolerant genotypes at Research Station of Dryland Agricultural Research Institute (Sararood) in Kermanshah. The experiment was carried out in the form of a lattice square design. In this study, 64 sunflower genotypes with 8x8 arrangements were compared in two conditions of non-stress and applying water stress (irrigation cut off at flowering stage). The results showed that between genotypes as well as water stress treatment levels, there was no significant difference in number of heads per area. For head diameter in water stress conditions, in 27 genotypes head diameter was more than 11.4 cm and in 16 genotypes, head diameter did not reach even 10 cm. In non-stress conditions, Sil-96 genotype was shown the highest number of seeds per head by producing more than 842 seeds per head. However, 12 other genotypes were placed in a statistical group with this genotype. By applying water stress in 11 genotypes (including the Sil-96), the number of seeds per head was more than 630 and in 16 genotypes, the number of seeds per head was less than 400. In terms of weight of 1000 seeds, there was no significant difference between sunflower genotypes in both conditions of non-stress and water stress application. But by comparing two conditions of stress and non-stress, it was found that water stress caused a significant reduction in the weight of 1000 seeds in amount of 8.62%. Sil-96 genotype showed the highest seed yield in both stress and non-stress conditions. Although in each of the conditions of the water treatment, were placed into a statistical group with four other genotypes. Also, Sil-96 genotype had the highest stress tolerance index. Therefore, it seems that this genotype is recommended for cultivation in both stress and non-stress conditions.

Keywords: Stress tolerance index, Sunflower, Water stress, Yield

*Correspondent author: Seyed Poriya Darbani; E-Mail: poriyadarbani@yahoo.com