نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۱، ص ۶۶-۵۸

Journal of Agricultural Machinery Engineering
Vol. 2, No. 1, Spring - Summer 2012, p. 58-66

ویژگی‌های فیزیکی دانه در برخی ارقام آفتابگردان تحت تاثیر تنش کم آبی

ایرج اله دادی[۱]- حسین اورکی [۲*]- فتانه پرهیزکار خاجانی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی تاثیر تنش کمبود آب بر ویژگی‌های فیزیکی دانه ارقام آفتابگردان، آزمایشی روی چهار رقم آذرگل، آلستار، هایسان ۳۳ و هایسان ۲۵ در سه سطح آبیاری (پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) اجرا گردید. نمونه گیری تصادفی در پایان فصل رشد و بر اساس ۱۳ درصد رطوبت دانه انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد بیشترین طول، عرض و ضخامت دانه در رژیم آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر به دست آمد و تیمارهای مواجه با تنش کم آبی (آبیاری محدود بعد از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلیمتر تبخیر) به ترتیب باعث کاهش ۱۵ و ۲۴ درصد طول، ۱۸ و ۳۵ درصد عرض و ۱۷ و ۳۰ درصد ضخامت دانه گردیدند. بنابراین عرض دانه در مقایسه با طول و ضخامت دانه حساسیت بیشتری به سطوح تنش کمبود آب داشت. در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین طول، عرض و ضخامت دانه متعلق به رقم آلستار بود. همچنین در تمام سطوح آبیاری رقم آلستار دارای بیشترین وزن دانه بود که از این لحاظ در آبیاری نرمال (پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر) با رقم هایسان ۲۵ اختلاف معنی‌داری نداشت. بنابراین رقم زودرس آلستار در شرایط آبیاری نرمال و محدود از نظر وزن و ویژگی‌های فیزیکی دانه تحمل بیشتری به شرایط کم‌آبی داشته است.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، پوست دانه، تنش کم آبی، مغز دانه، ویژگی‌های فیزیکی

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات روغنی در جهان می‌باشد (Flagella et al, 2002). بخش عمده دانه‌های این گیاه را که فندقه نامیده می‌شود، روغن تشکیل می‌دهد (Seiler, 1997). مقدار روغن در ارقام مختلف آفتابگردان بسیار متغیر بوده (۵۰-۴۰ درصد) و تا به حال بهنژادگران تلاش‌های بسیاری را برای افزایش میزان آن انجام داده اند (Lopez et al., 2000; Leon et al., 2003; Monotti, 2004). با توجه به رشد سریع جمعیت، دستیابی به منابع غذایی سالم و کافی یکی از چالش‌های ضروری بسیاری از کشورها برای تحقق امنیت غذایی در جامعه است.

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین منبع غذایی اصلی در جهان به شمار می‌آیند. با توجه به این که کم‌آبی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان در جهان می‌باشد (Flexas et al., 2004; Lawlor, 2002) و آفتابگردان یک محصول زراعی متحمل به خشکی با سیستم ریشه‌ای عمیق است (Angadi and Entz, 2002). کشت این گیاه به اراضی دیم و نیمه خشک دنیا تمایل یافته است. بنابراین تنش خشکی یا کم‌آبی یک عامل محدود کننده برای گیاه آفتابگردان می‌باشد و در گزارش‌های مختلفی به تاثیر تنش کم‌آبی و آبیاری محدود بر آفتابگردان از بسیاری جنبه ها از جمله صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، زراعی و فیزیولوژیک اشاره شده است (Angadi and Entz, 2002; Daneshyan,2002; Daneshyan et al., 2006; Erdem et al., 2006; Rafie et al., 2005; Goksoy et al., 2004; Kiani et al., 2007; Khani et al., 2005). با این حال تحقیقات محدودی درباره ویژگی‌های فیزیکی دانه اکثر گیاهان زراعی از جمله آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی انجام شده است. با توجه به برنامه توسعه رشد دانه‌های روغنی و به‌ویژه آفتابگردان در آینده، فقدان اطلاعات علمی کافی مربوط به ویژگی‌های فیزیکی دانه آفتابگردان و استفاده نامناسب از تجهیزات منجر به کاهش کارایی و افزایش خسارت و ضایعات در طی مراحل کاشت، داشت، برداشت و فراوری می‌شود، بنابراین ویژگی‌های فیزیکی بذرها از جمله صفات مهم و تاثیر گذار در طراحی بسیاری از ماشین‌های کشاورزی می‌باشند، لذا دسترسی به اطلاعات علمی پایه در رابطه با ویژگی‌های فیزیکی که نقش مهمی را در طراحی تجهیزات مورد نیاز کاشت، داشت، برداشت، انتقال، انبارداری و فرایند محصول ایفا می‌کنند، ضروری به نظر می‌رسد (Gupta and Das, 1997). درصد پوست دانه تحت اثر رقم و اثر متقابل تنش و رقم قرار می‌گیرد در حالی که تنش اثر معنی‌داری بر میزان پوست دانه

۱ و ۳- به ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان
۲- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
(*-نویسنده مسئول: Email: oraki.hussein@gmail.com)

Archive of SID
www.SID.ir

نمی‌گذارد و این صفت بسیار کمتر از عملکرد و وزن هزار دانه تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرد (Nel[a], 2001). در این رابطه در تحقیقاتی مشخص شد که طول دانه و درصد پوست آن بیشتر از عرض و ضخامت دانه تحت تاثیر ارقام آفتابگردان قرار می‌گیرد (Nel[b], 2001). همچنین مطالعات نشان داده است اندازه بذرهای آفتابگردان همبستگی مثبتی با حجم و جرم دانه دارند (Alexander et al., 2001). بررسی‌ها نشان داده که ویژگی‌های فیزیکی دانه مانند اندازه آن همبستگی کمی با برخی از پارامترهای کیفی دانه (درصد روغن و پروتئین دانه) دارد (Baldini and Vannozzi, 1996; Nel[b], 2001). یکی از عوامل موثر در زمینه افزایش عملکرد گیاه آفتابگردان، وزن و ویژگی‌های فیزیکی دانه‌ها می‌باشد که در این میان وزن دانه‌ها در شرایط کم‌آبی نسبت به تعداد دانه در گیاه کمتر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد (Daneshyan et al., 2006; Flagella et al.,2002). بررسی‌های انجام شده توسط برخی محققین مؤید این مطلب است که تنش خشکی وزن دانه آفتابگردان را کاهش می‌دهد (Daneshyan et al., 2006; Rafie et al., 2005). یافته‌های Daneshyan et al. (2006) نیز حاکی از کاهش ۳۹ درصدی وزن دانه در شرایط تنش کم‌آبی می‌باشد. (Akbari et al., 2009) اعلام کردند تیمارهای آبیاری محدود بعد از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب باعث کاهش ۱۱ و ۱۶ درصد طول، ۲۱ و ۲۶ درصد عرض و ۲۲ و ۲۸ درصد ضخامت دانه می‌گردد، بر اساس نتایج این مطالعه ضخامت دانه در مقایسه با عرض و طول دانه حساسیت بیشتری به سطوح آبیاری محدود داشت.

با توجه به اهمیت زراعت آفتابگردان به عنوان یکی از نباتات عمده صنعتی برای تولید روغن خوراکی در جهان، در صورت توسعه آن در کشور سبب گسترش اشتغال فعال و مولد در صنایع روغن کشی و روغن نباتی و بهره برداری از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در بخش کشاورزی و جلوگیری از واردات بی رویه روغن و کنجاله خواهد شد. در ایران سطح زیرکشت آفتابگردان در سال زراعی ۸۹-۸۸ در حدود ۳۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. از آنجا که به‌دلیل تحمل قابل توجه آفتابگردان به تنش-های رطوبتی زراعت این گیاه به اراضی دارای آبیاری محدود و دیم سوق داده شده است، شناسایی واکنش ویژگی‌های فیزیکی دانه ارقام مختلف آن به تنش کمبود آب ضروری است . بدیهی است نتایج چنین تحقیقاتی به عنوان یک راهبرد علمی و کاربردی برای تسهیل در مراحل طراحی و ساخت ماشین‌های کشاورزی مورد نیاز با کارایی بالا و در نهایت افزایش تولید محصول در این گونه اراضی به کار گرفته خواهد شد (Akbari et al., 2009). بنابراین ارزیابی اثر تنش کم آبی بر ویژگی‌های فیزیکی و عملکرد دانه چهار رقم آفتابگردان به عنوان هدف اصلی این پژوهش در نظر گرفته شد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸ به صورت یک آزمایش زراعی در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران اجرا گردید. محل اجرای آزمایش در ارتفاع ۱۰۵۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار گرفته و دارای زمستان ملایم و تابستان گرم و خشک می‌باشد. متوسط میزان بارندگی سالیانه در منطقه بیش از ۱۰۰ میلی‌متر و میزان تبخیر سالانه ۲۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی، وزن مخصوص ظاهری ۱/۶۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب، میزان هدایت الکتریکی آن ۱/۸ دسی زیمنس بر متر و میانگین اسیدیته خاک تا عمق ۸۰ سانتی متری حدود ۷/۸ بود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی در این تحقیق شامل چهار رقم آفتابگردان (یک رقم بومی و سه رقم جدید وارداتی) (جدول ۱) و سه سطح آبیاری (پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) بود. سطوح آبیاری که به‌ترتیب معرف آبیاری مناسب، تنش کمبود آب متوسط و تنش کمبود آب شدید بود در کرت‌های اصلی و ارقام آفتابگردان در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. تیمار آبیاری مناسب پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A از زمان کاشت تا پایان دوره رشد گیاه اعمال شد و زمان اعمال تیمارهای آبیاری محدود به ترتیب پس از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی براساس روش پیشنهادی Chimenti and Hall (1993) پس از استقرار گیاه در مرحله ۶ تا ۸ برگی در کرت‌های آزمایشی بود. میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A نصب شده در ایستگاه هواشناسی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران به طور روزانه اندازه‌گیری شد.

برای تهیه زمین ابتدا یک شخم نیمه عمیق با گاوآهن برگردان‌دار و بعد از آن دو نوبت دیسک عمود بر هم زده شد. سپس با نمونه‌برداری از خاک و بر اساس توصیه مؤسسه خاک و آب، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم قبل از کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع فسفات آمونیوم و اوره (در دو مرحله، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله ۶ تا ۸ برگی) در زمین پخش شد و توسط فاروئر جوی و پشته روی زمین ایجاد گردید. تاریخ کاشت برای تمام ارقام همزمان و در ۲۵ اردیبهشت سال ۱۳۸۸ انجام شد. تاریخ برداشت برای هر رقم در شرایط مختلف آبیاری متفاوت بود و براساس زمان رسیدن محصول در هر یک از واحدهای آزمایشی انجام شد. هر واحد آزمایشی دارای چهار خط کاشت به طول پنج متر و با فاصله ۶۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین فاصله بین تکرارها سه متر تعیین گردید. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک از هر کرت آزمایشی

Archive of SID

www.SID.ir

شش طبق به طور تصادفی برداشت گردید و دانه‌ها از طبق‌ها جدا شدند. ارزیابی طول، عرض و ضخامت دانه‌ها طبق روش Lindstrom et al. (2006) انجام گردید، به طوری که از طبق‌های هر کرت ۲۰ دانه به طور تصادفی انتخاب و سه بعد اصلی دانه‌ها شامل طول، عرض و ضخامت آن‌ها به وسیله کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای به دست آوردن وزن پوسته‌ها نیز بر اساس روش Lindstrom et al. (2006) از دانه های برداشت شده هر واحد آزمایشی ۳۰ دانه انتخاب شد و پوست از مغز آن‌ها جدا گردید، سپس وزن پوست و وزن مغز دانه به طور جداگانه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱± گرم تعیین شد. برای ارزیابی وزن تک‌دانه نیز پس از توزین دو نمونه ۱۰۰ عددی از هر کرت، میانگین نمونه‌ها به عنوان وزن تک دانه هر کرت در نظر گرفته شد. برای محاسبه قطر هندسی (D_g) و حجم دانه (V) به ترتیب از روش‌های Mohsenin (1986) (رابطه ۱) و Jain and Bal (1997) (رابطه ۲) استفاده شد.

$$Dg = (LWT)^{\frac{1}{3}} \qquad (۱)$$

$$V = 0.25\left[\left(\frac{\pi}{6}\right)L(W+T)^2\right] \qquad (۲)$$

که در آن L، T و W به ترتیب طول، عرض و ضخامت بذر بر حسب میلی‌متر می‌باشند. دراین تحقیق برای دانه، طول، عرض، ضخامت، حجم و وزن، علاوه بر وزن پوست، وزن مغز و نسبت پوست به دانه اندازه‌گیری شد. در نهایت کلیه ضرایب همبستگی بین صفات محاسبه شد، برای تجزیه و تحلیل داده ها از برنامه آماری SAS و MSTATC و برای مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

ابعاد دانه (طول، عرض و ضخامت)

نتایج این آزمایش نشان داد که ابعاد فیزیکی دانه به طور معنی داری ($P \leq ۰/۰۱$) تحت تاثیر شرایط تنش کمبود آب قرار گرفت (جداول ۲ و ۳). با اعمال شرایط تنش کمبود آب شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A)، طول، عرض و ضخامت دانه ارقام آفتابگردان به‌ترتیب دستخوش ۲۴، ۳۵ و۳۰ درصد کاهش در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال شدند (جدول ۴). با توجه به نتایج بدست آمده ویژگی‌های عرض و ضخامت نسبت به طول دانه حساسیت بیشتری به شرایط تنش کمبود آب دارند و با شدت بیشتری کاهش می‌یابند که در این مورد حساسیت عرض دانه بیش از ضخامت آن می‌باشد. کاهش شدید عرض و ضخامت دانه می‌تواند به‌دلیل کاهش سنتز مواد فتوسنتزی و در نتیجه اختلال در پر شدن دانه‌ها تحت شرایط تنش رطوبتی باشد که این موضوع باعث تولید دانه‌هایی لاغر و چروکیده شده است. همچنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها به‌نظر می‌رسد طول دانه در ارقام آفتابگردان بیشتر تحت تاثیر عوامل ژنتیکی قرار دارد و به همین دلیل در شرایط تنش کمبود آب، کمتر تحت تاثیر قرار گرفت. در تحقیقات دیگر نیز تاثیر کاهشی تنش کمبود آب بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی دانه مانند طول، عرض و ضخامت به اثبات رسیده است (Baldini and Vannozzi, 1996).

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش اثر رقم بر ابعاد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید رقم آلستار دارای بیشترین طول، عرض و ضخامت دانه می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۱- ویژگی‌های رشدی ارقام مورد آزمایش.

Table 1. Growth properties of the studied cultivars.

شماره Number	رقم Variety	مبدأ Habitat	طول دوره پر شدن دانه (روز) During the grain filing period (Day)	طول دوره رشد (روز) During growing period (Day)	تیپ رشدی Type of growth
1	آذرگل Azargol	ایران Iran	54.4	115.6	دیررس Late maturing
2	آلستار[1] Alstar	فرانسه France	33.1	91.2	زودرس Early maturing
3	هایسان ۳۳[2] Hysun 33	استرالیا Australia	45.6	109.8	دیررس Late maturing
4	هایسان ۲۵[3] Hysun 25	استرالیا Australia	38.4	95.3	زودرس Early maturing

1- Alestar
2- Hysun 33
3- Hysun 25

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات طول، عرض، ضخامت و قطر هندسی دانه چهار رقم آفتابگردان تحت تاثیر تنش کمبود آب.
Table 2. Analysis of variance for length, width, thickness and geometric diameter of grain in four Sunflower cultivars under water deficit conditions.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	طول (mm) Length	عرض (mm) Width	ضخامت (mm) Thickness	قطر هندسی (mm^3) Geometric diameter
تکرار Repeat	2	2.46^{*}	2.71^{*}	0.29^{*}	0.01^{ns}
آبیاری Irrigation	2	23.64^{**}	15.04^{**}	4.12^{**}	11.50^{**}
خطای کرت اصلی Main plot error	4	0.15	0.23	0.04	0.02
رقم Variety	3	16.31^{**}	5.12^{**}	3.71^{**}	0.80^{**}
آبیاری × رقم Irrigation × Variety	6	0.63^{*}	0.73^{*}	0.13^{*}	0.18^{*}
خطای کرت فرعی Subplot error	18	0.23	0.23	0.03	0.05
ضریب تغییرات Coefficient of variation	----	4.98	9.39	6.17	4.29

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد و ns غیر معنی داری.
* = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, ns = non-significant

در آزمایش انجام شده توسط Nel-b (2001) نیز تفاوت معنی‌داری از نظر ویژگی‌های فیزیکی دانه (طول، عرض و ضخامت) در بین ارقام آفتابگردان گزارش شده است. در این پژوهش اثرات برهمکنش آبیاری × رقم روی طول، عرض و ضخامت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی تحت تاثیر برهمکنش آبیاری × رقم در جدول ۵ نشان می‌دهد که ارقام آذرگل و آلستار در شرایط آبیاری مناسب بیشترین طول دانه را داشتند، این در حالی است که طول دانه ارقام آذرگل و آلستار در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب ۲۶ و ۱۵ درصد کاهش یافت. با توجه به نتایج بدست آمده رقم آلستار از نظر صفت طول دانه حساسیت کمتری به شرایط تنش کمبود آب دارد. همچنین رقم آلستار در تمام سطوح آبیاری بیشترین میزان عرض دانه را به خود اختصاص داد که این نیز نشان دهنده تحمل بالای این رقم به شرایط تنش کمبود آب و محدودیت در آبیاری می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که در این آزمایش نسبت عرض به طول دانه محاسبه شد و مشخص گردید که با افزایش تنش کمبود آب مقدار این صفت کاهش می‌یابد بطوری که مقدار این صفت در شرایط آبیاری مناسب ۰/۵۶ و در شرایط تنش شدید کمبود آب ۰/۴۸ بود و این نشان دهنده ۱۴ درصد کاهش در این صفت می‌باشد. همچنین در بین ارقام مورد بررسی بیشترین میزان نسبت عرض به طول دانه متعلق به رقم‌هایسان ۲۵ بود که این ویژگی نشان دهنده عریض و قطور بودن دانه این رقم آفتابگردان می‌باشد.

قطر هندسی، حجم، وزن پوست، وزن مغز و نسبت پوست به دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر رقم بر صفات قطر هندسی، حجم، وزن پوست، وزن مغز و نسبت پوست به دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲ و ۳). بررسی میانگین صفات مورد آزمایش در این بخش تحت تاثیر تیمارهای آبیاری نشان داد بیشترین میزان این صفات در تیمار آبیاری مناسب (پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر) بدست آمد (جدول ۴). همچنین با توجه به مقایسه میانگین ها مشخص گردید که رقم زودرس آلستار بیشترین میزان صفات قطر هندسی، حجم، وزن پوست و نسبت پوست به دانه را کسب کرد، اما رقم آذرگل بعنوان یک رقم دیررس موفق به کسب بیشترین میزان وزن مغز شد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید رقم آذرگل از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی دانه دارای پوستی نازک و مغز درشت می‌باشد و این ویژگی ها در مجموع باعث می‌شوند که میزان بیشتری از عملکرد دانه این گیاه به مغز آن که بخش پراهمیت در صنعت روغن می‌باشد اختصاص یابد. همچنین کمترین میزان صفات قطر هندسی، حجم، وزن پوست و وزن مغز در رقم متوسط رس‌هایسان۳۳ مشاهده شد و کمترین میزان نسبت پوست به دانه مربوط به رقم آذرگل بود.

بررسی میانگین اثرات برهمکنش آبیاری × رقم (جدول ۵) نشان داد در تیمار آبیاری مناسب بین ارقام از نظر صفات قطر هندسی، وزن پوست، وزن مغز و نسبت پوست به دانه اختلاف وجود دارد. رقم آلستار بیشترین میزان صفات قطر هندسی، وزن پوست و وزن مغز را دارا بود اما از نظر صفت نسبت پوست به دانه تفاوت محسوسی بین ارقام

Archive of SID

www.SID.ir

آذرگل،هایسان۳۳ و آلستار مشاهده نشد. با این وجود میزان این صفت برای رقم آلستار (۲۶/۴۲درصد) بیشتر از دیگر ارقام مورد بررسی بود. در شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید رقم زودرس آلستار بیشترین میزان صفات قطر هندسی، وزن پوست و نسبت پوست به دانه را کسب کرد این در حالی بود که رقم دیررس آذرگل دارای بیشترین میزان وزن مغز بود. رقم زودرس‌هایسان ۲۵ از نظر صفات مورد بررسی همانند رقم آلستار بود و در رتبه دوم قرار داشت. رقم آلستار در شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید در رابطه با قطر هندسی دانه بترتیب ۱۵ و ۱۹ درصد کاهش داشت و از این لحظ کمترین حساسیت به شرایط نامناسب رطوبتی را نشان داد، همچنین‌هایسان۳۳ نیز با ۲۰ و ۳۷ درصد کاهش قطر هندسی تحت شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید دارای بیشترین حساسیت به شرایط تنش کمبود آب بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت حجم دانه نشان داد این صفت بطور معنی‌دار و در سطح ۱ درصد تحت تاثیر سطوح آبیاری و رقم قرار گرفت (جدول ۳).

بر اساس بررسی میانگین ها مشخص گردید بالاترین میزان حجم دانه (۱۵/۷۰۴ میلی‌متر مکعب) در ارقام آفتابگردان تحت شرایط آبیاری مناسب بدست آمد. همچنین در بین ارقام مورد بررسی، رقم آلستار بیشترین میزان حجم دانه (۱۴۸/۵۴۳ میلی‌متر مکعب) را کسب کرد. لازم به ذکر است که کمترین میزان حجم دانه در تیمارهای آبیاری برای شرایط تنش کمبود آب شدید و در بین ارقام مورد بررسی برای رقم متوسط رس‌هایسان۳۳ بدست آمد. بررسی‌ها در مورد صفت وزن مغز دانه نشان داد رقم آذرگل بالاترین میزان را در تمام شرایط آبیاری کسب کرده بود، بطوری که حداکثر میزان وزن مغز (۰/۰۵۸۱۶ گرم) را در شرایط تنش متوسط بدست آورد. این در حالی است که کمترین میزان وزن مغزدانه در شرایط تنش کمبود آب شدید و توسط رقم هایسان۳۳ بعنوان رقم متوسط رس بدست آمد. با توجه به اطلاعات مندرج در جدول ۱ و همچنین نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثر تیمارها بر این صفت، به نظر می‌رسد بالاتر بودن دوره پر شدن دانه در رقم دیررس آذرگل و سرعت پر شدن بالا در رقم زودرس آلستار در افزایش بیشتر وزن مغز ارقام نامبرده دخیل بوده است، Lopez et al. (2000) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند. البته در این مورد عوامل ژنتیکی گیاه مانند مکان‌های ژنی منتقل کننده صفات کمی (QTL) نیز می‌تواند دخیل باشد (Tang et al., 2006). میزان پوست دانه در گیاه آفتابگردان ۲۶-۲۰ درصد وزن خشک کل دانه را تشکیل می‌دهد (Hernandez and Belles, 2007). از نظر نسبت پوست به دانه در شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید رقم آلستار به‌دلیل وزن پوسته بالا و وزن مغز دانه پایین حائز بیشترین میزان بود (جدول ۵). بنابراین می‌توان گفت ارقام زودرس آفتابگردان در شرایط متفاوت آبیاری دارای بیشترین وزن پوست دانه و نسبت پوست به دانه بودند در حالی که از نظر وزن مغز دانه ارقام دیررس می‌توانند برتر از سایر ارقام زودرس مورد بررسی در این پژوهش باشند.

جدول ۳-تجزیه واریانس میانگین مربعات برخی ویژگی‌های فیزیکی دانه چهار رقم آفتابگردان تحت تاثیر تنش کمبود آب

Table 3. Analysis of variance for some physical characteristics of grain in four Sunflower cultivars under water deficit conditions

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	حجم (mm^3) Volume	وزن دانه (g) Grain weight	وزن پوست (g) Husk weight	وزن مغز (g) Kernel weight	نسبت پوست به دانه (%) Husk to grain ratio
تکرار Repeat	2	75^{ns}	0.0000078^{ns}	1.31^{ns}	0.0000059^{*}	8.84^{*}
آبیاری Irrigation	3	29688^{**}	0.00058^{**}	3.69^{*}	0.000076^{**}	59.99^{**}
خطای کرت اصلی Main plot error	4	86	0.0000078	0.00000032	0.00000057	0.01
رقم Variety	3	11219^{**}	0.00027^{**}	0.00015^{**}	0.00033^{**}	184.56^{**}
آبیاری × رقم Irrigation × Variety	6	179^{ns}	0.000035^{**}	0.000042^{**}	0.000036^{**}	89.67^{**}
خطای کرت فرعی Subplot error	18	272	0.0000042	0.00000035	0.0000016	1.90
ضریب تغییرات Coefficient of variation	----	16.74	3.114	3.42	2.56	5.29

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح ۵درصد و ۱درصد و ns غیر معنی داری.

* = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, ns = non-significant

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان گفت تحت شرایط تنش کمبود آب بسته به ویژگی‌های رشدی رقم مورد بررسی ممکن است نسبت پوست به دانه افزایش و یا کاهش پیدا کند بطوری که این صفت تحت شرایط تنش کمبود آب برای ارقام زودرس مورد بررسی در این پژوهش (آلستار و هایسان ۲۵) افزایشی اما برای ارقام دیررس آذرگل و متوسط رس‌هایسان۳۳ کاهشی بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت نسبت پوست به دانه در ارقام آفتابگردان صفتی وابسته به ژنتیک می‌باشد که شرایط رطوبتی نیز می‌تواند روی آن تاثیر گذار باشد.

وزن دانه

نتایج تجزیه واریانس صفت وزن دانه نشان داد، این صفت بطور معنی دار ($P \leq ۰/۰۱$) تحت تاثیر رقم آفتابگردان، سطوح آبیاری و برهمکنش آبیاری × رقم قرار داشت (جدول ۳). بر این اساس بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب در تیمارهای آبیاری مناسب و تنش کمبود آب شدید (به ترتیب پس از ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A) حاصل شد (جدول ۴). همچنین رقم آلستار دارای بیشترین میزان وزن دانه بود و ارقام آذرگل، هایسان ۲۵ و هایسان۳۳ بترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول۴). با توجه به نتایج مندرج در جدول مقایسه میانگین اثرات برهمکنش آبیاری × رقم مشخص شد در شرایط آبیاری مناسب بین ارقام آلستار، آذرگل و هایسان ۲۵ از نظر وزن دانه تفاوت معنی‌دار وجود ندارد، با این وجود رقم زودرس آلستار دارای برتری نسبی (۰/۰۷۵۷۴ گرم) بود. در شرایط آبیاری محدود (تنش کمبود آب متوسط و شدید) رقم زودرس آلستار بالاترین میزان وزن دانه را به خود اختصاص داد و از این لحاظ با دیگر ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌دار داشت (جدول۵). همچنین رقم آذرگل به عنوان رقم دیررس از نظر داشتن میزان وزن دانه بالا در رتبه دوم قرار داشت (جدول ۵). بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش رقم متوسط رس هایسان۳۳ دارای کمترین میزان وزن دانه در تیمارهای آبیاری محدود بود. بررسی‌های انجام شده نشان داد سرعت پرشدن دانه بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ قرار دارد و بین سرعت پرشدن دانه و مدت پرشدن آن رابطه معکوسی وجود دارد (Hashemi and Marashi, 1995). بر اساس نتایج بدست آمده و اطلاعات مندرج در جدول ۱ رقم زودرس آلستار با وجود داشتن کوتاه‌ترین دوره پرشدن دانه (۳۳/۱ روز) در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی موفق به کسب بالاترین میزان وزن دانه شد (جدول ۱ و ۴). نتایج بدست آمده از تحقیقات قبلی نشان می‌دهد ارقام آفتابگردانی که دوره فعال پرشدن دانه آنها کوتاه است سرعت پرشدن دانه و سرعت رشد دانه بالاتری دارند که با یافته های تحقیق حاضر هم‌خوانی دارند (Akbari et al., 2009; Francisco et al., 1996). بر اساس نتایج حاصل از پژوهش Gimenez and Fereres (1986) ارقام زودرس آفتابگردان وزن هزار دانه بیشتری نسبت به ارقام دیررس کسب کردند. همچنین رقم دیررس آذرگل به دلیل داشتن بالاترین طول دوره پرشدن دانه (۵۴/۴ روز) از لحاظ وزن دانه در رتبه دوم پس از آلستار قرار داشت.

جدول ٤- میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ارقام آفتابگردان تحت تاثیر تنش کمبود آب

Table 4. Means for measured traits in Sunflower cultivars under water deficit stress conditions.

نسبت پوست به دانه (%) Husk to grain ratio	وزن مغز (g) Kernel weight	وزن پوست (g) Husk weight	وزن دانه (g) Grain weight	حجم (mm^3) Volume	قطر هندسی (mm) Geometric diameter	ضخامت (mm) Thickness	عرض (mm) Width	طول (mm) Length		تیمار Treatment
28.63a	0.051a	0.017a	0.072a	152.70a	6.43a	3.83a	6.28a	11.26a	50	آبیاری
25.33b	0.050b	0.016b	0.065b	88.14b	5.35b	3.17b	5.14b	9.51b	100	
24.37c	0.046c	0.017ab	0.059c	54.88c	4.47c	2.67c	4.04c	8.48c	150	
22.08d	0.056a	0.014c	0.06b	80.40c	5.06c	2.76c	4.413c	10.75a	آذرگل Azargol	رقم
32.53a	0.051b	0.023a	0.07a	148.54a	6.40a	3.93a	6.05a	11.06a	آلستار Alstar	
24.16c	0.044c	0.014c	0.05c	68.40c	4.71d	2.61c	4.67c	8.68b	هایسان ۳۳ Hysun33	
25.67b	0.044c	0.016b	0.06b	96.94b	5.49b	3.60b	5.49b	8.50b	هایسان ۲۵ Hysun25	

اعداد هر ستون در هر گروه که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

[a, b, c, d] Within columns, means followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- میانگین اثرات برهمکنش آبیاری × ارقام آفتابگردان برای صفات اندازه‌گیری شده

Table 5. Means of interaction of water deficit stress × Sunflower cultivars for measured traits.

نسبت پوست به دانه(%) Husk to grain ratio	وزن مغز (g) Kernel weight	وزن پوست(g) Husk weight	وزن دانه(g) Grain weight	قطر هندسی (mm) Geometric diameter	ضخامت (mm) Thickness	عرض (mm) Width	طول (mm) Length	رقم Variety	آبیاری Irrigation
24.50cd	0.056ab	o.o1766e	0.072abc	6.23bc	3.33cd	5.76a	12.73a	آذرگل Azargol	50
26.42c	0.051c	0.02000c	0.075a	7.28a	4.82a	6.59a	12.16a	آلستار Alstar	
24.30cd	0.049d	0.001683ef	0.069bcd	5.87cde	3.11de	6.27a	10.47bc	هایسان ۳۳ Hysun33	
22.27d	0.047e	0.01653fg	0.074ab	6.32b	4.08b	6.52a	9.68cd	هایسان ۲۵ Hysun25	
24.54cd	0.058a	0.01564gh	0.063ef	5.08f	2.88ef	4.48b	10.16bcd	آذرگل Azargol	100
29.56b	0.050cd	0.02133b	0.072abc	6.12bcd	3.59c	5.91a	10.82b	آلستار Alstar	
24.17cd	0.047e	0.01420i	0.058g	4.63g	2.59f	4.42b	8.68ef	هایسان ۳۳ Hysun33	
23.06d	0.044f	0.01541h	0.066de	5.57e	3.62c	5.73a	8.38f	هایسان ۲۵ Hysun25	
17.20e	0.056b	0.01067j	0.062fg	3.86h	2.06g	2.98d	9.37de	آذرگل Azargol	150
41.63a	0.051c	0.02837a	0.068cde	5.80de	3.37cd	5.66a	10.22bcd	آلستار Alstar	
24.01cd	0.035h	0.01133j	0.047h	3.63h	2.12g	3.32cd	6.90g	هایسان ۳۳ Hysun33	
30.70b	0.041g	0.01859d	0.058g	4.59g	3.11de	4.21bc	7.44g	هایسان ۲۵ Hysun25	

اعداد هر ستون در هر گروه که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری معنی داری در سطح احتمال پنج درصد می باشند.

a, b, c, d,e,f,g,h Within columns, means followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

جدول ٦- ضرایب همبستگی میان صفات اندازه‌گیری شده در ارقام آفتابگردان تحت تاثیر تنش کمبود آب.

Table 6. Correlation coefficients between measured traits of sunflower cultivars under water deficit stress conditions.

حجم Volume	قطر هندسی Geometric diameter	وزن مغز دانه Kernel weight	وزن پوست دانه Husk weight	وزن تک دانه Single grain weight	ضخامت Thickness	عرض Width	طول Length	صفت Trait
							0.63*	عرض Width
						0.88**	0.55	ضخامت Thickness
					0.81**	0.86**	0.82**	وزن تک دانه Single grain weight
				0.52	0.56	0.58*	0.42	وزن پوست دانه Husk weight
			0.21	0.57*	0.13	0.19	0.77**	وزن مغز دانه Kernel weight
		0.36	*0.60	0.92**	0.93**	0.95**	0.78**	قطر هندسی Geometric diameter
	0.98**	0.33	0.54	0.89**	0.92**	0.91**	0.78**	حجم Volume
0.18	0.24	-0.06	0.90**	0.10	0.25	0.25	0.06	پوست/دانه

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح ۵درصد و ۱درصد.

* = $p < 0.05$ and ** = $p < 0.01$

Archive of SID

www.SID.ir

در این پژوهش بیشترین همبستگی موجود بین وزن دانه و ابعاد و ویژگی‌های فیزیکی دانه به ترتیب با قطر هندسی (r=۰/۹۲)، حجم دانه (r=۰/۸۹)، عرض (r=۰/۸۶)، طول (r=۰/۸۲) و ضخامت (r=۰/۸۰) بوده است که نشان دهنده پراهمیت تر بودن صفات قطر هندسی، حجم دانه و عرض دانه نسبت به طول و ضخامت آن در افزایش وزن تک دانه می‌باشد (جدول ۶).

نتیجه‌گیری

ویژگی‌های فیزیکی دانه در ارقام آفتابگردان تحت تاثیر نوع ارقام و شرایط رطوبتی حاکم بر مزرعه قرار می‌گیرد، بطوری‌که با اعمال تنش کم‌آبی ابعاد فیزیکی دانه ارقام آفتابگردان کاهش آشکاری نشان دادند. کاهش شدیدتر عرض و ضخامت دانه نسبت به طول آن به‌دلیل ایجاد اختلال در فرایند فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه در شرایط تنش کمبود آب می‌باشد که باعث تولید دانه‌های لاغر و چروکیده شد. همچنین مشخص گردید طول دانه بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ قرار دارد و وابستگی کمتری به شرایط رطوبتی محیط دارد. کاهش وزن دانه در شرایط تنش کم‌آبی بیشتر به‌دلیل کاهش صفات قطر هندسی، حجم دانه، طول و عرض دانه بود و کمتر وابسته به صفت ضخامت دانه بود. در مجموع رقم آلستار حائز بیشترین میزان ویژگی‌های طول، عرض، ضخامت دانه و وزن دانه در شرایط تنش کم‌آبی شد که این نشان‌دهنده تحمل بیشتر این رقم به شرایط نامناسب رطوبتی می‌باشد. بنابراین بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش توصیه می‌شود که در مناطق کم‌آب و در سیستم‌های کشت دیم از رقم مقاوم آلستار استفاده گردد، زیرا با توجه به نتایج بدست آمده رقم آلستار قدرت تولید عملکرد بالاتری در شرایط تنش کمبود آب دارد و در صورت مواجه شدن با شرایط کمبود آب نسبت به سایر ارقام مورد بررسی خسارت کمتری متحمل می‌شود.

منابع

1- Akbari, G.A., H., Jabari, J., Daneshyan, E. alah dadi, and N. Shahbaziyan. 2009. Effect of limited irrigation on physical properties of sunflower seed hybrids. Journal of Science and technology of Agriculture and natural Resource, 12 (45). (In Farsi).
2- Alexander, H. M., C. L., Cumings, L. Kahn, and A. A. Snow. 2001. Seed size variation and predation of seeds produced by wild and crop-wild sunflowers. American. J. of Botany 88, 623-627.
3- Angadi, S. V. and M. H. Entz. 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. Agron. J, 94, 136-145.
4- Baldini, M. and G. Vannozzi. 1996. Crop management practice and environmental effects on hullability in sunflower hybrids. Helia, 19, 47-62.
5- Chimenti, C. A. and A. J. Hall. 1993. Genetic variation and changes with ontogeny of osmotic adjustment in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Euphytica, 71, 201-210.
6- Daneshyan, J. 2002. Selection of tolerant lines of sunflower water deficit (final report). Seed and Plant Improvement Institute in Karaj, Iran. Research Department oilseeds. (In Farsi).
7- Daneshyan, J., H. Jabari, and A. farokhi, 2006. Effect of water deficit and plant density on yield and agronomic characteristics of sunflower cultivation in the second culture. 9th Iranian congress of crop science and plant breeding, University of Tehran, college of Aboureihan, Pakdasht, iran. (In Farsi).
8- Erdem, T., Y., Erdem, A. H. Orta, and H. Okursoy. 2006. Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Turk. J. Agric. For,* 30, 11-20.
9- Flagella, Z. T., Rutunno, E., Tarantino Dicaterina, R. and De Caro, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower hybrids in relation to the sowing date and the water regime. European Journal of Agron, 17, 331-334.
10- Flexas, J., J., Bota, F., Loreto, G. Cornic, and T. D. Sharkey, 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. Plant Biol, 6, 269-279.
11- Francisco, J.V., A.J., Hall, J.I. Ritchie, and F. Organs. 1996. A development growth and yield model of sunflower crop. Agron. J, 88, 403-415.
12- Gimenez, C. and Fereres, E. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought. II-Growth and water relations. Aust. J. Agric. *Res,* 37, 583-597.
13- Goksoy, A. T., A. O., Demir, Z. M. Turan, and N. Dagustu. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Res*, 87, 167-178.
14- Gupta, R. K. and Das, S. K. 1997. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural

Archive of SID

www.SID.ir

Engineering Research, 66, 1–8.
15- Hashemi, D. A. and Marashi, E. 1995. Changes in photosynthetic rate at the time of flowering and its effect on grain growth, grain yield performance of wheat. Journal of Agricultural Science and Technology, 9 (2), 16-32.
16- Hernandez, L. F. and Belles, P. M. 2007. A 3-D finite element analysis of the sunflower (*Helianthus annuus* L.) fruit. Biomechanical approach for the improvement of its hull ability. J. of Food Eng, 78, 861-869.
17- Jain, R.K. and Bal, S. 1997. Properties of pearl millrt. Journal of Agricultural Engineering Research, 66, 85–91.
18- Khani, M., J., Daneshyan, K. H. Zinali, and M. Ghanadha. 2005. Genetic analysis of yield and its components in sunflower lines using the line × tester crosses plan under stress and without stress. Iranian Journal of Crop Science, 36 (2), 435-445. (In Farsi).
19- Kiani, P. S., P., Grieu, P., Hewezi, L. Gentzbittel, and A. Sarrafi, 2007. Genetic variability for physiological traits under drought conditions and differential expression of water stress-associated genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Theor. Appl. Genet, 114, 193-207.
20- Lawlor, D. M. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. Ann. Bot, 89, 871-885.
21- Leon, A. J., F. H. Andrade, and M. Lee, 2003. Genetic analysis of seed-oil concentrations across generations and environments in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Crop Sci, 43, 135-140.
22- Lindstrom, L. I., C. N., Pellegrini, L. A. N. Aguirrezabal, and L. F. Hernandez. 2006. Growth and development of sunflower fruits under shade during pre and early post-anthesis period. Field Crops Res, 96, 151-159.
23- Lopez Pereira, M., N. Trapani, and V. Sadras. 2000. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. III. Dry matter partitioning and achene composition. Field Crops Res, 67, 215-221.
24- Mohsenin, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials.(2nd Ed). Gordon and Breach Science Publishers, New York.
25- Monotti, M. 2004. Growing non-food sunflower in dry land conditions. Ital J Agron, 8, 3–8.
26- Nel, A. A. 2001 (a). Effect of water stress during grain filling on seed yield and quality. Chapter 7, University of Pretoria.
27- Nel, A. A. 2001 (b). Relationship between seed quality and easily measurable seed characteristics. Chapter 8, University of Pretoria.
28- Rafie, F., E., Kashani, R. Mamghani, and A. Golchin. 2005. Effect of irrigation and nitrogen stages on performance and some morphological characteristics of sunflower hybrids(Glshyd). Iranian Journal Of Crop Science, 1 (7), 44-53. (In Farsi).
29- Seiler, G. J. 1997. Anatomy and morphology of sunflower. In: A. A. Schneiter (Ed.), Sunflower Technology and Production. PP. 67-111., Monograph No. 35. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, U.S.A.
30- Tang, S., A., Leon, W. C. Bridges and S. J. Knappa. 2006. Quantitative trait loci for genetically correlated seed traits are tightly linked to branching and pericarp pigment loci in sunflower. Crop Sci, 46, 721-734.

Archive of SID

www.SID.ir