Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 51, No 3, Autumn 2020 (151-163)
DOI: 10.22059/ijfcs.2019.250477.654439

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۳، پائیز ۱۳۹۹ (ص۱۶۳-۱۵۱)

ارزیابی پاسخ ارقام مختلف کنجد (*Sesamum indicum L.*) به رژیم‌های آبیاری کامل و کم آبیاری

مهسا قاسمی پناه[۱]، رقیه امینیان*[۲]، مجید غلامحسینی[۳]، فرهاد حبیب زاده[۲]

۱و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین-المللی امام خمینی (ره)، قزوین،۳- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۸)

چکیده

به منظور ارزیابی روابط صفات و پاسخ ارقام کنجد از نظر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب به رژیم‌های مختلف آبیاری (شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری)، پژوهش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. در این آزمایش، دو عامل رژیم آبیاری (عامل اصلی) و ارقام کنجد (عامل فرعی) مورد بررسی قرار گرفتند. رژیم آبیاری در دو سطح، شامل آبیاری پس از مصرف ۴۰ و ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک (به‌ترتیب آبیاری کامل و کم آبیاری) در کرت‌های اصلی و شش رقم کنجد در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تنش کم آبیاری، باعث کاهش اکثر صفات (به‌جز درصد پروتئین دانه و کارایی مصرف آب) شد. در بین صفات مورد بررسی، عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در شرایط کم آبیاری، بیشترین کاهش (۶۰ درصد) را نشان دادند. در بین ارقام مورد بررسی، ارقام اولتان و دشتستان بیشترین عملکرد را در شرایط آبیاری کامل داشتند؛ این ارقام از تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، کارایی مصرف آب و نیتروژن بالاتری نیز برخوردار بودند. هیچ یک از ارقام مورد بررسی، عملکرد مطلوبی در شرایط کم آبیاری نداشتند. هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط کم آبیاری، درصد روغن با وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بنابراین تلاش در جهت افزایش وزن دانه می‌تواند منجر به تولید ارقامی با درصد روغن بالا شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، تنش آبی، کارایی مصرف آب.

Sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars response to full and low irrigation regimes

Mahsa Ghasemipanah[1], Roghayeh Aminian[1], Majid Gholamhoseini[2], Farhad Habibzadeh[1]
1. Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, 2. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

(Received: December 21, 2017 - Accepted: October 20, 2019)

ABSTRACT

To evaluate the relationship between traits and response of sesame cultivars in terms of quantitative and qualitative yields and water use efficiency to different irrigation regimes (full and low irrigation conditions), a split plot field experiment was based on randomized complete block design with three replications in 2016. In this experiment, two factors including irrigation regimes (main factor) and sesame cultivars (sub factor) were examined. Irrigation regimes in two levels, including irrigation after depletion of 40% and 80% of soil available water (full and low irrigation, respectively) in the main plots and six sesame cultivars in sub plots were considered. The results showed that low irrigation stress reduced most of the traits (except grain protein percentage and water use efficiency). Among the studied traits under low irrigation condition, grain yield and nitrogen use efficiency showed the highest reduction (60%) and among the studied cultivars, Oltan and Dashtestan had the highest yield under the full irrigation conditions. These cultivars also had the highest capsule number, number of grain per capsule, 1000-grain weight and water and nitrogen use efficiency. None of the studied cultivars had desirable performance under the low irrigation conditions. Under both full and low irrigation conditions, the oil percentage had a positive and significant correlation with 1000-grain weight. Therefore, trying to increase the weight of the grains can lead to produce cultivars with high oil percentage.

Keywords: Irrigation, water use efficiency, water stress

* Corresponding author E-mail: aminian@eng.ikiu.ac.ir

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخیره غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. از خانواده پدالیاسه و یکی از قدیمی‌ترین گیاهان کشت شده توسط بشر است که به دلیل دارا بودن طعم مطبوع، ثبات و پایداری زیاد و خاصیت اکسید نشدن روغن آن، به‌عنوان ملکه گیاهان روغنی شناخته شده است (Salehi & Saeedi, 2012). دانه کنجد دارای ۵۰ درصد روغن، ۲۵ درصد پروتئین (Rajeswari *et al*., 2010) و غنی از مواد معدنی می‌باشد (Khazaei & Moharnmadi, 2009). روغن کنجد به‌دلیل وجود آنتی‌اکسیدان‌های قابل حل در چربی نظیر سساموال، ساموالین و سسامینول، نقش بسزایی در سلامتی انسان ایفا می‌کند (Rajeswari *et al*., 2010; Shenoy & Kalagudi., 2011). کنجد از دانه‌های روغنی مناطق گرم و نیمه‌گرم است، ولی کشت ارقام جدید آن به مناطق معتدله نیز گسترش یافته است (Weise, 2000). سطح زیر کشت کنجد در جهان حدود ۷۸۹۷۰۴۸ هکتار و در ایران حدود ۴۰۰۰۰ هکتار می‌باشد (FAO, 2012).

تنش خشکی، یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که آثار زیان‌باری بر مراحل مختلف رشد گیاه دارد (Bajji *et al*., 2001; Tantawwy *et al*., 2007; Ucan *et al*., 2007; Salehpour *et al*., 2009). برخی به‌نژادگران معتقدند که مقاومت به خشکی، توانایی یک ژنوتیپ در تولید عملکرد بیشتر نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط رطوبتی یکسان می‌باشد (Parry *et al*, 2002). اگرچه کنجد معمولاً به عنوان گیاهی با نیاز آبی پایین شناخته می‌شود، اما بر اساس گزارش‌های متعدد، با اعمال تنش کم‌آبی از مرحله گلدهی تا پایان فصل رشد، عملکرد، تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (Golestani & Pakniat., 2007; Hassanzadeh *et al*., 2009; Heidari *et al*., 2011; Pouresmaiel *et al*., 2013). بررسی‌های Mensah *et al*. (2006) نشان داد که محدودیت آب، باعث کاهش عملکرد و رشد می‌شود. تنش خشکی در مرحله گلدهی، تأثیر قابل توجهی بر ارتفاع بوته، اندازه کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و وزن خشک ریشه داشت (Jain *et al*., 2010). آزمایش دیگری در مورد ارزیابی کارایی مصرف آب و عملکرد دانه ارقام کنجد در شرایط آبیاری متفاوت نشان داد که افزایش شدت کمبود آب، موجب کاهش تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شد. بیشترین کارایی مصرف آب نیز در شرایط کمبود شدید آن به‌دست آمد (Eskandari *et al*. 2010).

با توجه به اهمیت روزافزون تنش خشکی و کاهش عملکرد دانه در این شرایط، مطالعه در شرایط مزرعه برای این تنش دارای اهمیت است. با توجه به این‌که عملکرد کنجد، تحت تاثیر شرایط محیطی از جمله رطوبت خاک قرار می‌گیرد، درک ارتباط بین گیاه و مصرف آب و توسعه روش‌های مبتنی بر این دانش می‌تواند جهت دستیابی به حداکثر محصول مفید باشد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی روابط صفات و تعیین پاسخ ارقام کنجد از نظر شاخص‌های رشد، عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب در شرایط مختلف رطوبتی اجرا شد. امید است با ادامه این تحقیق، ارقام متحمل به‌دست آید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، واقع در محمد شهر کرج با مختصات جغرافیائی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و صفر دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۲۳ متر از سطح دریا اجرا شد. اقلیم منطقه نیمه خشک، با متوسط درجه حرارت و بارندگی سالیانه به ترتیب ۱۴ درجه سانتی‌گراد و ۲۵۰ میلی‌متر گزارش شده است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آب مورد استفاده برای آبیاری مزرعه، با pH حدود ۷/۵ و EC برابر ۰/۸ دسی زیمنس بر متر، کیفیت مطلوبی برای استفاده داشت. گیاه قبلی کشت شده در مزرعه، ذرت بود و قبل از آن، مزرعه به صورت نکاشت قرار داشت.

این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش، دو عامل شامل رژیم آبیاری (عامل اصلی) و رقم (عامل فرعی) مورد بررسی قرار گرفتند. رژیم آبیاری در دو سطح شامل آبیاری پس از مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده‌ی خاک (آبیاری کامل) و آبیاری پس از مصرف ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده‌ی خاک (کم آبیاری) در کرت‌های اصلی و شش رقم کنجد به نام‌های هلیل، دشتستان ۲، داراب ۱، اولتان، یلو وایت و ناز تک شاخه (جدول ۲) در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. شرایط کم آبیاری از زمان شش برگی شدن گیاهان اعمال شد. شش رقم انتخاب شده، مهم‌ترین ارقام تجاری کنجد می‌باشند که زیر نظر موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، بذرهای طبقه مادری آن‌ها تهیه و توزیع می‌شود. با این وجود، مستندات علمی زیادی درباره پاسخ این ارقام به تنش خشکی در اختیار نیست؛ بنابراین این ارقام برای آزمایش حاضر انتخاب شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک.

Table1. Soil physicochemical properties.

SP (%)	EC (dS/m)	pH	T.N.V (%)	O.C (%)	Total N (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
36	2.22	7.24	10	0.58	0.06	27	49	24
Texture	P (p.p.m)	K (p.p.m)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	B (mg/kg)	
Clay loam	12.6	256	5.02	0.32	1.47	23.74	0.94	

جدول ۲- خصوصیات ارقام کنجد مورد بررسی.

Table 2. Properties of the studied cultivars.

Cultivars	Introduction year	Origin	Branching	Seed color	1000 grain weight (g)
Oltan	1999	Moghan local mass	Several branches	Dark brown	2.9-3.4
Darab1	2009	Darab local mass	Several branches	Light brown	3-3.4
Dashtestan 2	2006	Dashtestan local mass	Several branches	Light brown	4
Naz Tak Shakheh	2001	Mazandaran local mass	Single branch	Cream	2.6-2.9
Yellow white	2006	Pakistsn local mass	Several branches	Light cream	2.7-2.9
Halil	2013	Jiroft and Kahnuj local mass	Several branches	Brown	3.4

پس از آماده‌سازی زمین، بذرهای کنجد در ۲۳ خرداد ماه در کرت‌های آزمایشی کشت شدند. هر کرت شامل هشت ردیف کاشت به طول پنج متر بود که فاصله بین کرت‌های اصلی هشت متر، بین تکرارها دو متر و بین کرت‌های فرعی۰/۶ متر در نظر گرفته شد. فاصله ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بذرهای روی ردیف، هشت سانتی‌متر در نظر گرفته شد تا تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به‌دست آید.

برای آبیاری مزرعه از لوله‌های پلی‌اتیلنی همراه با تیپ‌های آبیاری قطره‌ای با یک کنتور حجمی برای اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی استفاده شد. آبیاری واحدهای آزمایشی، بر اساس روش تغییرات درصد حجمی رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (ΔSW) زمان‌بندی شد. در این روش، هنگامی که درصد رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از حد مشخصی کمتر شود، آبیاری انجام می‌گیرد. در این آزمایش، آبیاری در رژیم آبیاری کامل و کم آبیاری زمانی صورت گرفت که ۴۰ و ۸۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری خاک به به‌وسیله گیاه و یا تبخیر از سطح خاک تخلیه شد. تعیین مقدار رطوبت قابل استفاده نیز از تفاوت درصد حجمی رطوبت (در عمق توسعه ریشه) در نقطه ظرفیت زراعی (FC) و درصد حجمی رطوبت در نقطه پژمردگی دائمی (PWP) به‌دست آمد. در واقع آبیاری در تخلیه مجاز رطوبتی[1] برابر ۰/۴ و ۰/۸ به‌ترتیب در رژیم آبیاری کامل و رژیم کم آبیاری انجام گرفت. برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه، از دستگاه T.D.R (Time-Domain Reflectometry, Model 6050 X1, soil moisture equipment corp) استفاده شد. کود نیتروژن‌دار (اوره) به‌صورت تقسیط شده در دو مرحله، یک دوم در مرحله سه تا چهار برگی کنجد و مابقی در

[1] Management allowed depletion

مرحله هفت تا ده برگی کنجد به‌کار برده شد. با توجه به کافی بودن مقادیر پتاسیم، فسفر و سایر عناصر ریز مغذی قابل دسترس خاک، هیچگونه کود دیگری مصرف نشد.

به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر روند رشد گیاه در طول فصل رشد، چهار بوته از هر کرت انتخاب شدند و نمونه‌برداری‌های جداگانه‌ای بر روی آن‌ها انجام شد. برداشت برای تعیین اجزای عملکرد چهار بوته و برداشت نهایی برای محاسبه عملکرد بیولوژیک و دانه ۸۰ بوته انجام گرفت. صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد شامل عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، ارتفاع گیاه، درصد روغن و درصد پروتئین دانه اندازه‌گیری شد. پس از خشک‌کردن دانه‌ها، درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه NMR اندازه‌گیری شد. همچنین به‌منظور تعیین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی، پس از جداسازی کاه و دانه در نمونه‌های آزمایشی و اندازه‌گیری وزن آن‌ها، از هر کرت به‌صورت تصادفی و به‌مقدار مساوی دانه انتخاب شد و پس از آسیاب کردن و گذراندن از الک دو میلی‌متری، ۲۰۰ گرم از دانه‌ها جدا شدند و نمونه-ها به روش هضم در لوله‌های مخصوص با اسید سولفوریک، اسید سالسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم، هضم شدند و با روش تیتراسیون و بعد از تقطیر، با استفاده از دستگاه اتوماتیک کجل تک اتو آنالایزر (Kjeltec Auto 1030 Analyzer,Tecator)، غلظت نیتروژن کل در نمونه‌های گیاهی اندازه گیری شد. همچنین کارایی استفاده از آب آبیاری (WUE) و کارایی مصرف نیتروژن (NUE)، به‌ترتیب بر اساس نسبت عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) به مقدار آب آبیاری مصرفی (مترمکعب در هکتار) و نسبت عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) به نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شدند.

پس از جمع آوری کامل داده‌ها، تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر آبیاری برای تمام صفات، به‌جز درصد پروتئین دانه و کارایی مصرف آب و اثر رقم برای تمام صفات به جز ارتفاع گیاه معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری در رقم نیز برای اکثر صفات، به‌جز ارتفاع گیاه، تعداد دانه در گیاه و درصد روغن گیاه معنی‌دار بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام کنجد.

Table 3. Variance analysis of the of sesame cultivars traits.

S.O.V	df	Plant height	Number of capsules	Number of grains per capsules	1000 grain weight	Grain yield	Grain oil percentage	Grain protein percentage	Nitrogen use efficiency	Water use efficiency
Replication	2	385^{ns}	718.02	70.19^{ns}	0.042	165775^{**}	6.26^{ns}	14.53^{**}	16.42^{**}	0.009^{**}
Irrigation (I)	1	8525^{*}	4876^{*}	3268^{*}	2152^{*}	7569835^{*}	128^{*}	0.745^{ns}	758^{*}	0.078^{ns}
Error a	2	218	165	75.52	0.042	124203	5.85	14.57	12.34	0.0057
Cultivar (C)	5	252^{ns}	866^{**}	161^{*}	0.845^{**}	374539^{**}	27.05^{**}	24.33^{**}	37.59^{**}	0.027^{**}
I × C	5	102^{ns}	411^{**}	30.29^{ns}	0.181^{**}	220080^{**}	2.24^{ns}	6.61^{*}	21.98^{**}	0.012^{**}
Error b	20	132	96.21	50.66	0.038	7258	4.77	2	0.724	0.0007
C.V (%)		9.48	15.20	14.18	8.14	8	4.18	5.17	8	9.41

ns، * و ** به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and ** indicate non-significant and significant at 5 % and 1 % of probability levels, respectively.

ارتفاع بوته

در شرایط کم آبیاری نسبت به آبیاری کامل، ارتفاع بوته ۲۳ درصد کاهش یافت. بیشترین ارتفاع بوته درشرایط آبیاری کامل (۱۳۷ سانتی‌متر) و کمترین آن

در شرایط کم آبیاری (۱۰۶ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۴). تحقیق Moghnibashi *et al*. (2012) نیز نشان داد که تأثیر رژیم‌های آبیاری بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود. در بین ارقام مورد بررسی، بیشترین ارتفاع (۱۳۰ سانتی‌متر) مربوط به رقم هلیل و کمترین آن (۱۱۲ سانتی‌متر) مربوط به رقم ناز تک شاخه بود. همچنین مطالعات Jain *et al*. (2010) روی کنجد نشان داد که تنش خشکی در مرحله گلدهی، باعث کاهش ارتفاع بوته شد. به‌نظر می‌رسد که تنش خشکی، باعث ایجاد رقابت بیش از حد بین بوته‌ها برای به‌دست آوردن آب می‌شود که این امر در نهایت منجر به کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه و کوتاهی گیاه می‌شود (Paknezhad *et al*., 2007).

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی کنجد تحت تاثیر رژیم‌های آبیاری و ارقام.

Table 4. Mean comparisons of quantitative and qualitative traits of sesame affected by irrigation regimes and cultivars.

	Plant height (cm)	Number of capsules	Number of grains per capsules	1000-grain weight (g)	Grain yield (kg/ha)	Grain oil percentage (%)	Grain protein percentage (%)	Nitrogen use efficiency (kg/kg)	Water use efficiency (kg/m^3)
Irrigation									
Full irrigation	137 a	76.16 a	59.72 a	2.67 a	1522 a	54.08 a	27.18 a	15.21 a	0.34 a
Low irrigation	106 b	52.88 b	40.66 b	2.14 b	604 b	50.29 b	27.47 a	6.03 b	0.24 a
Cultivar									
Darab 1	123 ab	54.83 cd	44.16 b	2.15 cd	1091 b	55.6 a	25.48 c	10.90 b	0.318 bc
Dashtestan 2	126 ab	83.66 a	51.83 ab	3.08 a	1286 a	53.49 ab	25.75 c	12.86 a	0.362 a
Halil	130 a	50.83 d	47.66 b	2.26 cd	607 c	50.30 c	26.32 c	6.06 c	0.169 d
Naze takshakhe	112 b	64.66 bc	48.83 b	2.36 bc	1044 b	49.98 c	30.65 a	10.43 b	0.298 c
Oltan	120 ab	72.33 ab	59.5 a	2.56 b	1294 a	51.35 bc	28.8 b	12.95 a	0.338 ab
Yellow white	117 ab	60.83 bcd	49.16 b	2.03 d	1056 b	52.38 bc	26.96 c	10.55 b	0.292 c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=٪۵)

Means followed by the same letter(s) in the same column are not significantly different based on Duncan test (α=5%).

تعداد کپسول در بوته

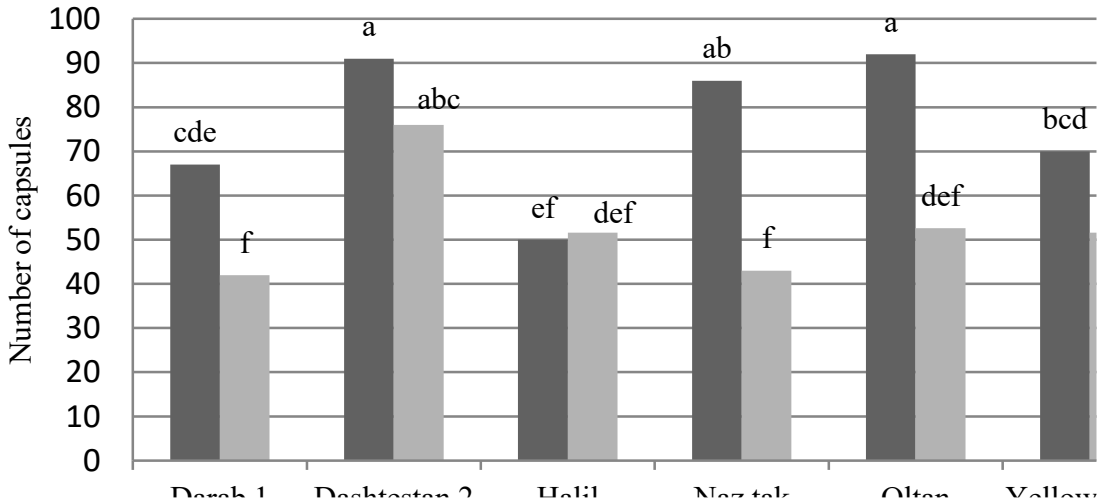
در شرایط کم آبیاری نسبت به آبیاری کامل، تعداد کپسول در بوته ۳۱ درصد کاهش داشت. اعمال تنش خشکی سبب ریزش برخی از کپسول‌ها، به‌خصوص کپسول‌های تشکیل شده روی شاخه‌های فرعی می‌شود که کاهش تعداد کپسول در بوته را در پی دارد (Ayeen, 2013). پژوهش Jouyban & Moosavi (2012) نیز نشان داد که با افزایش فاصله آبیاری، تعداد کپسول در بوته به‌دلیل کاهش رشد رویشی کاهش یافت.

اثر متقابل آبیاری و رقم بر تعداد کپسول در بوته (شکل ۱) نشان داد که ارقام اولتان و ناز تک شاخه در شرایط آبیاری کامل و رقم دشتستان ۲ در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری، بیشترین تعداد کپسول در بوته را داشتند. در شرایط آبیاری کامل، ارقام از نظر تعداد کپسول در بوته، در دو گروه آماری قرار گرفتند. ارقام دشتستان ۲، اولتان و ناز تک شاخه که در یک گروه آماری قرار گرفتند، از نظر تعداد کپسول، برتر از بقیه ارقام (داراب ۱، هلیل و یلو وایت) بودند. در شرایط تنش، بین ارقام از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تنش کم آبیاری، تاثیر معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته ارقام دشتستان۲، یلو وایت و هلیل نداشت، درحالی‌که در ارقام ناز تک شاخه، اولتان و داراب ۱، باعث کاهش معنی‌دار این صفت شد.

تعداد دانه در کپسول

در شرایط کم آبیاری نسبت به آبیاری کامل، تعداد دانه در کپسول ۳۲ درصد کاهش یافت. بیشترین و کمترین تعداد دانه در کپسول، به‌ترتیب در شرایط آبیاری کامل (۵۹/۷۲) و کم آبیاری (۴۰/۶۶) به‌دست آمد. در بین ارقام نیز رقم اولتان و دشتستان ۲ نسبت به سایر ارقام، دارای تعداد دانه بیشتری درکپسول بودند (جدول ۴). Jain *et al* (2010) گزارش نمودند که تنش خشکی در مرحله گلدهی، سبب افت تعداد دانه در کپسول می‌شود.

محققین دیگری نیز کاهش تعداد دانه در کپسول در اثر کم آبیاری را گزارش کرده‌اند (Hassanzadeh *et al*., 2009; Pouresmaiel *et al*., 2013; Rezvani Moghaddam *et al*., 2005).



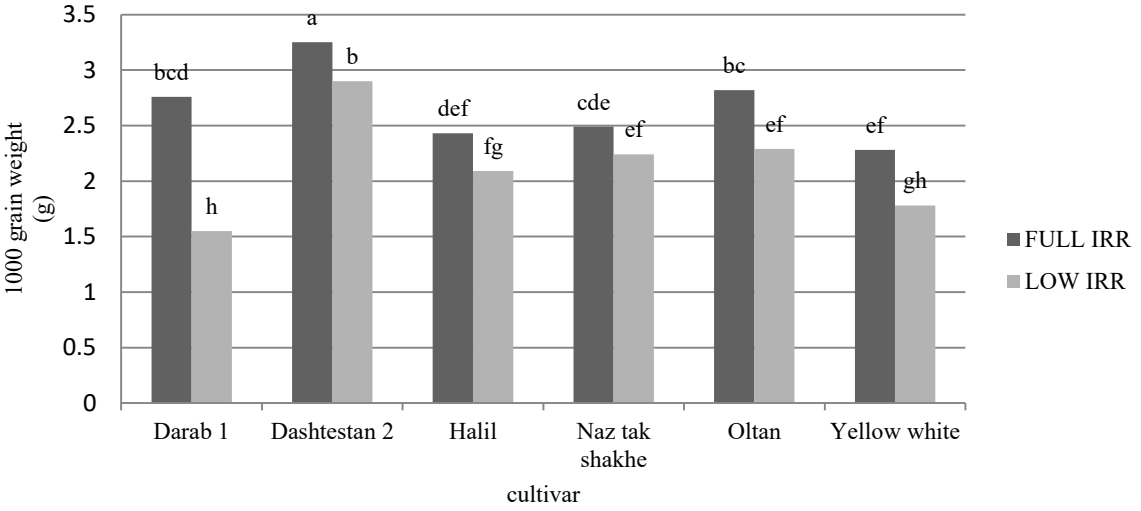
شکل۱- اثر متقابل آبیاری و رقم بر تعداد کپسول در بوته (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=٪۵)).

Figure 1. Interaction effects of irrigation × cultivar on number of capsules (Means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan test (α=5%)).

وزن هزاردانه

در شرایط کم آبیاری نسبت به آبیاری کامل، وزن هزار دانه ۲۰ درصد کاهش یافت. بیشترین وزن هزار دانه به رقم دشتستان ۲ در شرایط آبیاری کامل و کمترین وزن هزار دانه به ارقام داراب ۱ و یلو وایت در شرایط کم آبیاری تعلق داشت. در شرایط آبیاری کامل، بیشترین وزن هزار دانه از رقم دشتستان ۲ و کمترین آن، از رقم یلووایت به‌دست آمد که از نظر آماری با ارقام ناز تک شاخه و هلیل تفاوت معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به دشتستان ۲ و کمترین مقدار این صفت مربوط به ارقام داراب ۱ و یلو وایت بود. تنش کم آبیاری، تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه رقم نازک تک شاخه نداشت، درحالی‌که باعث کاهش معنی‌دار این صفت در ارقام داراب ۱، دشتستان ۲، اولتان و یلو وایت نسبت به شرایط آبیاری کامل شد؛ این کاهش در رقم داراب۱ شدیدتر از بقیه ارقام بود (شکل ۲).

پژوهش‌های Golestani & Pakniat (2007) و Heidari *et al*. (2011) نشان داد که با اعمال تنش کم‌آبی، وزن هزار دانه کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در گیاه سویا، Heathery (1993) مشاهده نمود که بروز تنش خشکی در دوره زایشی، به دلیل کوتاه شدن دوره پرشدن دانه و نیز کاهش انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه به علت کاهش سطح برگ و فتوسنتز کمتر برگی، سبب کاهش وزن دانه خواهد شد. Mehrabi & Ehsanzadeh (2012) در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد تحت تنش کم‌آبی نتیجه گرفتند که تأثیر رژیم آبیاری بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود.



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری و رقم بر وزن هزار دانه (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=٪۵))

Figure 2. Interaction effects of irrigation × cultivar on 1000-grain weight (Means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan test (α=5%)).

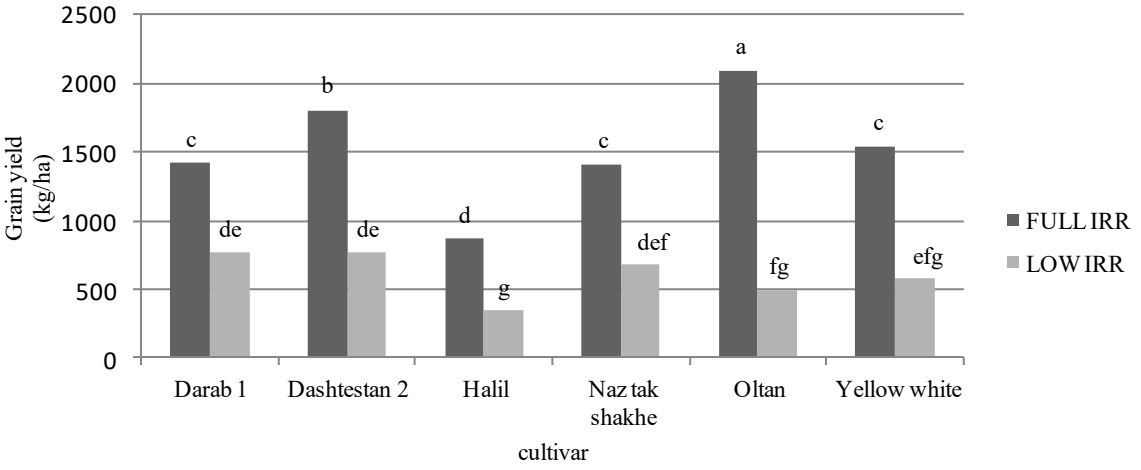
عملکرد دانه

در شرایط کم آبیاری نسبت به آبیاری کامل، عملکرد دانه ۶۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در شرایط آبیاری کامل، بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب متعلق به ارقام اولتان و هلیل بود. در شرایط تنش، ارقام داراب ۱، دشتستان ۲ و ناز تک شاخه از نظر آماری در یک گروه و ارقام هلیل، اولتان و یلو وایت در گروه دیگر قرار گرفتند و گروه اول از نظر عملکرد دانه برتر از گروه دوم بود. به‌طورکلی، رقم اولتان در شرایط آبیاری کامل بیشترین عملکرد دانه (۲۰۹۰ کیلوگرم در هکتار) و ارقام هلیل، اولتان و یلو وایت در شرایط کم آبیاری کمترین عملکرد دانه (به ترتیب ۳۴۷، ۴۹۸ و ۵۷۳ کیلوگرم در هکتار) را دارا بودند. لازم به ذکر است که میانگین عملکرد این ارقام در شرایط تنش کم آبیاری، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در شرایط تنش کم آبیاری نسبت به شرایط آبیاری کامل، عملکرد دانه تمام ارقام به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بیشترین کاهش عملکرد به رقم اولتان تعلق داشت (شکل ۳). مطالعات Mehrabi & Ehsanzadeh (2011) روی کنجد نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری، میزان عملکرد دانه نیز کاهش می‌یابد. در پژوهش دیگری روی کنجد مشخص شد که با افزایش شدت کمبود آب، عملکرد دانه در واحد سطح کاهش یافت (Eskandari *et al*. 2010). حذف آبیاری در مرحله دانه‌بندی، به‌دلیل ریزش کپسول‌ها و کاهش میزان سنتز مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به دانه، باعث کاهش اجزای عملکرد و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Ayeen, 2013).

درصد روغن دانه

روغن دانه در شرایط کم آبیاری نسبت به شرایط آبیاری کامل، هفت درصد کاهش یافت. بیشترین مقدار روغن (۵۴/۰۸ ٪) در شرایط آبیاری کامل و کمترین آن (۵۰/۲۹ ٪) در شرایط کم آبیاری به‌دست آمد. همچنین در بین ارقام مورد بررسی، ارقام داراب ۱ و دشتستان ۲ بیشترین درصد روغن را داشتند و ارقام یلو وایت، اولتان، هلیل و ناز تک شاخه از نظر درصد روغن، تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). در پژوهش دیگری (Rezvani Moghaddam *et al*., 2005) نیز تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد روغن کنجد تأثیر معنی‌داری داشتند. البته عدم وجود تاثیر معنی‌دار تنش خشکی بر درصد روغن دانه در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است که علت آن را به وراثت‌پذیری بالای این صفت و تأثیرپذیری کمتر آن نسبت به شرایط

محیطی نسبت داده‌اند (Dehshiri *et al*., 2001).



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری و رقم بر عملکرد دانه (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=٪۵)).

Figure 3- Interaction effects of irrigation × cultivar on grain yield (Means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan test (α=5%)).

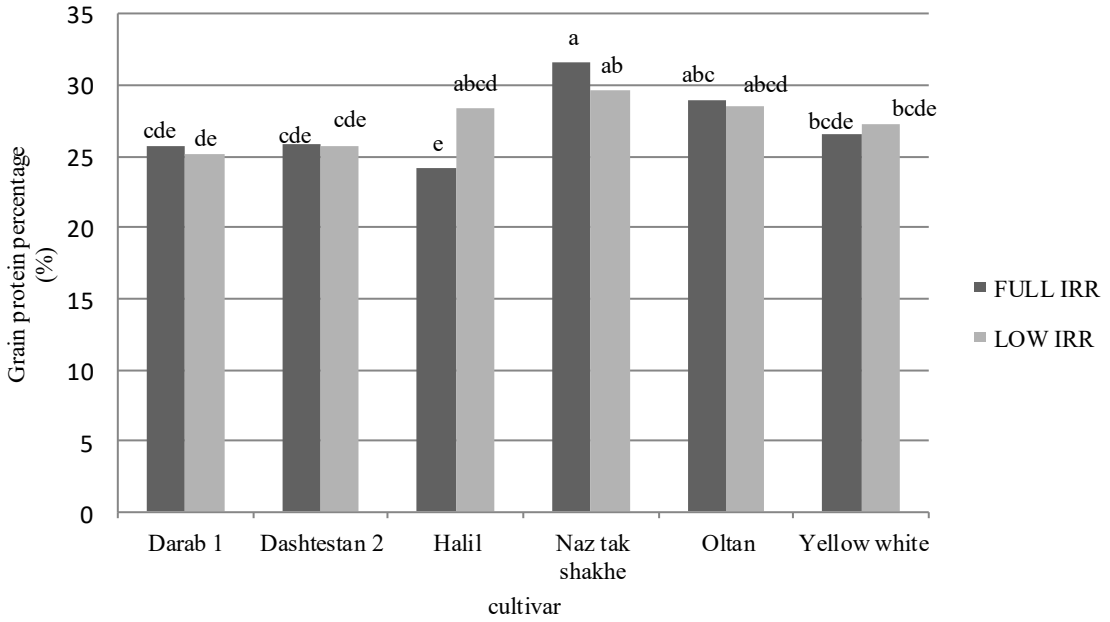
درصد پروتئین دانه

در شرایط آبیاری کامل، بیشترین درصد پروتئین دانه به ارقام ناز تک شاخه و اولتان تعلق داشت و میان سایر ارقام، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط تنش، بیشترین مقدار این صفت در ارقام ناز تک شاخه، اولتان و هلیل مشاهده شد و بین سایر ارقام، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. به‌طورکلی، بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به رقم ناز تک شاخه در شرایط آبیاری کامل بود که با درصد پروتئین دانه در رقم ناز تک شاخه در شرایط کم آبیاری، رقم اولتان در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری و رقم هلیل در شرایط آبیاری کامل، تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. در اکثر ارقام به جز رقم هلیل، بین درصد پروتئین دانه در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴). در آزمایش دیگری نیز بین درصد پروتئین دانه کنجد در شرایط آبیاری پس از ۷۵، ۱۱۰ و ۱۴۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (Misagh *et al*., 2016) در رقم هلیل، درصد پروتئین دانه در شرایط کم آبیاری افزایش یافت (شکل ۴). به‌طورکلی، عوامل محیطی از جمله فراهمی آب، اثرات معکوسی بر مقدار درصد روغن و پروتئین دانه کنجد دارند (Jefferson, 2003).

کارایی مصرف نیتروژن

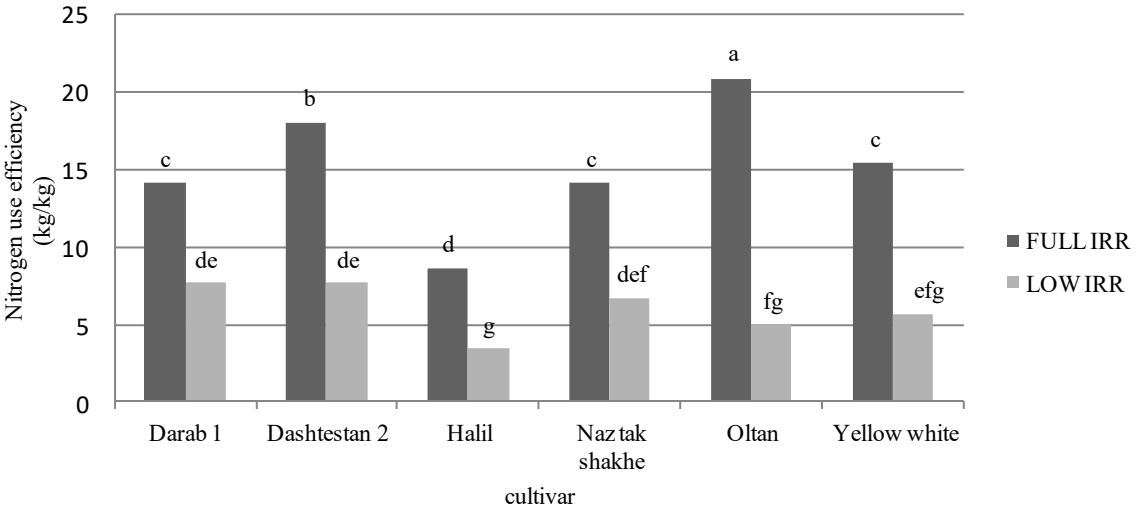
در شرایط کم آبیاری نسبت به آبیاری کامل، کارایی مصرف نیتروژن ۶۰ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در شرایط آبیاری کامل، ارقام اولتان و هلیل، به‌ترتیب بیشترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن را داشتند. در شرایط تنش کم آبیاری، ارقام داراب ۱، دشتستان ۲ و ناز تک شاخه که در یک گروه آماری قرار گرفتند، برتر از گروه دیگر (هلیل، اولتان و یلو وایت) بودند. به‌طورکلی، بیشترین کارایی مصرف نیتروژن به رقم اولتان و پس از آن دشتستان ۲ در شرایط آبیاری کامل تعلق داشت، در حالی‌که ارقام هلیل، اولتان و یلو وایت، کمترین کارایی مصرف نیتروژن را در شرایط کم آبیاری داشتند. کارایی مصرف نیتروژن تمام ارقام در شرایط کم آبیاری کاهش یافت، اما این کاهش در رقم اولتان از سایر ارقام بیشتر بود (شکل ۵). در شرایط تنش خشکی، جذب عناصرغذایی به‌ویژه نیتروژن، تحت تأثیر قرار می‌گیرد، به‌طوری که کمبود شدید آب در خاک، منجر به کاهش نیتروژن و در نتیجه کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود (Lak *et al*., 2006). در پژوهشی با کاربرد ۴۳/۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (۲۵ درصد بالاتر از مقدار معمول)، عملکرد

دانه به حداکثر رسید (Imayavaramban *et al*., 2002). یافته‌های Sharma (2005) حاکی از آن است که نیتروژن، عملکرد کنجد را به دلیل تاثیر بر مؤلفه‌های رشد افزایش می‌دهد.



شکل۴- اثر متقابل آبیاری و رقم بر درصد پروتئین (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=٪۵)).

Figure4. Interaction effects of irrigation × cultivar on grain protein percentage (Means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan test (α=5%)).



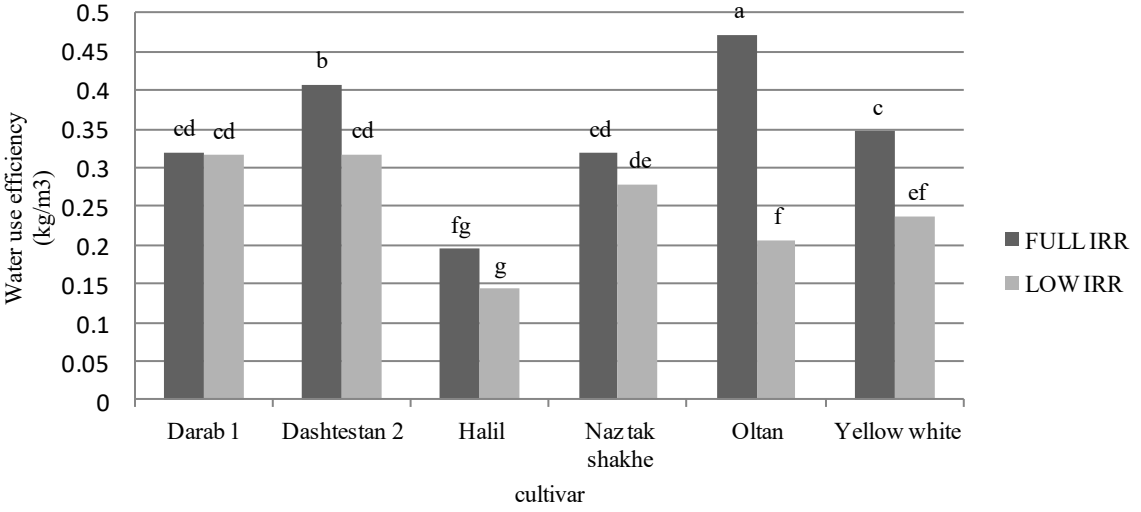
شکل۵- اثر متقابل آبیاری و رقم بر کارایی مصرف نیتروژن (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=٪۵)).

Figure5. Interaction effects of irrigation × cultivar on nitrogen use efficiency (Means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan test (α=5%)).

کارایی مصرف آب

مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و رقم بر کارایی مصرف آب (شکل ۶) نشان داد که در شرایط آبیاری کامل، ارقام اولتان و هلیل، به‌ترتیب بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب را داشتند. در شرایط تنش کم آبیاری، ارقام داراب ۱، دشتستان ۲ و ناز تک

شاخه که در یک گروه آماری قرار گرفتند، برتر از سایر ارقام بودند و کمترین مقدار این صفت به رقم هلیل تعلق داشت. مقایسه کلی ارقام در دو شرایط مختلف آبیاری نشان داد که ارقام اولتان و دشتستان ۲، بیشترین کارایی مصرف آب را در شرایط آبیاری کامل داشتند، درحالی‌که رقم هلیل، کمترین کارایی مصرف آب را هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط کم آبیاری به خود اختصاص داد. در آزمایشی روی گیاه کنجد، کارایی مصرف آب در سه رژیم آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی ده رقم کنجد مورد بررسی قرار گرفت که کارایی مصرف آب در شرایط تنش کم آبی افزایش یافت (Darghahi,*et al*., 2014). در پژوهش دیگری نیز بیشترین کارایی مصرف آب با افزایش شدت کمبود آب به‌دست آمد (Eskandari *et al*., 2010).



شکل۶- اثر متقابل آبیاری و رقم بر کارایی مصرف آب (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=٪۵))

Figure6. Interaction effects of irrigation × cultivar on water use efficiency (Means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan test (α=5%)).

همبستگی صفات

در بین صفات مورد بررسی در شرایط بدون تنش، بیشترین همبستگی بین ارتفاع گیاه و درصد پروتئین دانه مشاهده شد (r=۰/۶۴۲*). در این شرایط، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد کپسول (r=۰/۶۰۹**) و تعداد دانه در کپسول (r=۰/۵۶۳**) وجود داشت. همبستگی درصد روغن دانه و وزن هزار دانه (r= ۰/۵۴۷*) و درصد پروتئین دانه با تعداد کپسول(r= ۰/۵۰۵*) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). در مطالعاتی که روی کنجد انجام شد، همبستگی بین تعداد کپسول در بوته با عملکرد کنجد مثبت و معنی دار بوده است (Uzun *et al*., 2006; Zeinali *et al*, 2006). در پژوهش دیگری، عملکرد دانه سویا با درصد و عملکرد روغن و عملکرد پروتئین، همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (Mirakhori *et al*., 2010).

در شرایط تنش، بیشترین همبستگی بین درصد روغن و پروتئین دانه مشاهده شد (r=۰/۶۴۵**). وزن هزار دانه با تعداد کپسول (r= ۰/۶۳۱**) و درصد روغن دانه (r= ۰/۵۴۷*) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همبستگی درصد پروتئین دانه با عملکرد دانه (r= -۰/۴۹۶*) و ارتفاع گیاه (r= -۰/۵۰۲*) منفی و معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج تجزیه همبستگی پژوهشی روی توده‌های گیاه کنجد نشان داد که عملکرد دانه با عملکرد روغن و پروتئین همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (Gholinezhad, 2017). در پژوهش دیگری با عنوان

گزینش صفات موثر بر عملکرد ژنوتیپ‌های کنجد در دو شرایط تنش و بدون تنش، عملکرد دانه با وزن هزار دانه، همبستگی مثبت و معنی‌داری در شرایط بدون تنش داشتند (Askari *et al.,* 2016).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه تحت شرایط تنش و عدم تنش.

Table 5. Correlation coefficients between studied traits under stress and non- stress conditions

Traits	Plant height	Number of capsules	Number of grains per capsules	1000 grain weight	Grain yield	Grain oil percentage	Grain protein percentage
Plant height	1	-0.254	0.228	-0.057	0.151	-0.023	0.642**
Number of capsules	0.460*	1	0.103	0.437	0.609**	0.137	0.505*
Number of grains per capsules	-0.164	-0.093	1	0.246	0.563**	-0.174	-0.107
1000 grain weight	0.067	0.631**	0.186	1	0.423	0.547*	0.028
Grain yield	0.124	0.130	-0.016	0.067	1	0.285	0.080
Grain oil percentage	0.452	0.050	-0.209	-0.312	0.452	1	-0.085
Grain protein percentage	-0.502*	0.298	0.361	0.102	-0.496*	0.645**	1

قسمت بالا و پایین قطر جدول به ترتیب همبستگی در حالت بدون تنش و تنش.

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

The top and bottom of table diameter are the correlations under the non- stress and stress conditions, respectively.
*and **: significant at 5 % and 1 % of probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

تنش کم آبیاری باعث کاهش صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه درکپسول، تعداد کپسول در بوته، ارتفاع گیاه، درصد روغن و کارایی مصرف نیتروژن شد ولی بر صفات کارایی مصرف آب و درصد پروتئین دانه اثری نداشت. در بین صفات مورد بررسی، عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تنش کم آبیاری، بیشترین کاهش را نسبت به شرایط بدون تنش داشتند (۶۰ درصد). در بین ارقام مورد بررسی، رقم اولتان و دشتستان ۲، بهترین عملکرد را در شرایط آبیاری کامل داشتند ولی هیچ یک از ارقام مورد بررسی، عملکرد مطلوبی در شرایط کم آبیاری نداشتند. همچنین دو رقم اولتان و دشتستان ۲ نسبت به سایر ارقام، از تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، کارایی مصرف آب و نیتروژن بالاتری برخوردار بودند. بنابراین علت افزایش عملکرد این دو رقم، افزایش اجزای عملکرد و افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن می‌باشد. از نظر درصد روغن نیز ارقام داراب ۱ و دشتستان ۲، برتر از سایر ارقام بودند. تنش کم آبیاری سبب افزایش درصد پروتئین دانه در رقم هلیل شد ولی با توجه به پایین بودن عملکرد دانه این رقم، عملکرد پروتئین آن پایین خواهد بود.

در شرایط بدون تنش، همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول، همبستگی درصد روغن دانه با وزن هزار دانه و همبستگی درصد پروتئین دانه با تعداد کپسول مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط تنش، همبستگی بین درصد روغن دانه و درصد پروتئین دانه، همبستگی بین وزن هزار دانه با تعداد کپسول و درصد روغن دانه، مثبت و معنی‌دار و همبستگی درصد پروتئین دانه با عملکرد دانه و ارتفاع گیاه، منفی و معنی‌دار بود. از آن‌جایی که کنجد به خاطر کیفیت بالای روغن آن به عنوان ملکه گیاهان روغنی شناخته می‌شود و با توجه به این که هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش، همبستگی میان درصد روغن با وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار بود، تلاش در جهت افزایش وزن دانه می‌تواند منجر به تولید ارقامی با درصد روغن بالا شود.

REFERENCES

1. Askari, A., Zabet, M., Ghaderi, M. G., Samadzadeh, A. R., & Shorvazdi, A. (2016). Choose the most important traits affecting on yield of some sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) in normal and stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 8 (18): 78-87. (In Persian).
2. Ayeen, A. (2013). Effect of eliminating of irrigation at different growth stages on seed yield and

some agronomic traits of two sesame genotypes. *Seed and Plant*, 29 (1), 67-79. (In Persian).
3. 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) arid condition. *Plant Science*, 160, 669-681.
4. Dehshire, A., Ahmadi, M. R. & Tahmasebi Sarvestani, Z. (2001). Response of canola cultivars (*Brassica napus* L.) to water stress treatments. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 32(3), 649-659. (In Persian).
5. Eskandari, H., Zehtab Salmasi, S. & Ghasemi-Golozani, K. (2010). Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. *Journal of Sustainable Agriculture Science*, 20 (1), 39-51. (In Persian).
6. *Food and Agriculture Organization*. (2012). FAO Statistical Yearbook 2012. Rome, Italy.
7. Gholinezhad, E. (2017). Effect of two species of mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces in different levels of drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 15(1), 150-167. (In Persian).
8. Golestani, M. & Pakniat, H. (2007). Evaluation of drought tolerance indices in *Sesamum indicum* L. *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 41, 141-149. (In Persian).
9. Hassanzadeh, A., Ebadi, A., Panahyan-e-Kivi, M., Jamaati-e-Somarin, S., Saeidi, M. & Gholipouri, A. (2009). Investigation of water stress on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Moghan region, *Research Journal of Environmental Sciences*, 3 (2), 239- 244.
10. Heathery, N. (1993). Simulation of soybean seed yield response to irrigation timing: validation of the EPIC model. *Journal of Production Agriculture*, 230-232.
11. Heidari, M., Galavi M. & Hassani. M. (2011). Effects of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum* L.) under water stress. *African Journal of Biotechnology*, 10 (44), 8816- 8822.
12. Imayavaramban, V., Singaravel, R., Thanunathan, K. & Manickam, G. (2002). Studies on the effect of different plant densities and the levels of nitrogen on the productivity and economic returns of sesame. *Crop Research*, 24: 314- 316.
13. Jain, S., Yue-Lioang, R., Mei-wang, L. E., Ting-Xian, Y., Xiao-Wen, Y. & Hong-Ving, Z. (2010). Effect of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. *Chinese Journal of Oil Crops Sciences*, 4, 42-48.
14. Jefferson T. (2003). *Sesame a high value oil seed. Growing sesame production tips*. Economics and Mare. http://www.jeffersoninstitute.org/pub/Sesame.shtml 12/06/ 2010.
15. Jouyban, Z. & Moosavi, S. G. (2012). Effect of different irrigation intervals, nitrogen and superabsorbent levels on chlorophyll index, yield and yield components of sesame. *Food, Agriculture and Environment*, 10(1), 360-364.
16. Khazaei, J. & Moharnmadi, N. (2009). Effect of temperature on hydration kinetics of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Food Engineering*, 91, 542-552.
17. Lak, S., Siyadat, S. A., Ayene band, A. & Noor Mohammadi, G. (2006). Effects of nitrogen levels and plant density on yield, yield component and water use efficiency in corn. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8, 153-170. (In Persian).
18. Mehrabi, Z. & Ehsanzadeh, P. (2011). A study on physiological attributes and grain yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under different soil moisture regimes. *Journal of Crops Improvement,* 13(2), 75-88. (In Persian).
19. Mensah, J. K., Obadoni, B. O., Eroutor, P. G. & Onorne-Irieguna, F. (2006). Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesame indicum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 5, 1249-1253.
20. Mirakhori, M., Paknejad, F., Ardakani, M. R., Moradi, F., Nazeri, P. & Nasri, M. (2010). Effect of methanol spraying on yield and yield components of soybean. *Agricultural Ecology*, 2 (2), 244-236.
21. Misagh, M., Movahhedi Dehnavi, M. Yadavi A. & Khademhamzeh, H. (2016). Improvement of yield, oil and protein percentage of sesame (*Sesamum indicum* L.) under drought stress by foliar application of zinc and boron. *Journal of crop Production*, 9, 163-180. (In Persian).
22. Moghanibashi, M. & Razmjoo, J. (2012). The effect of seed priming by poly ethylene glycol and irrigation regimens on yield, yield components and seed oil of sesame. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(1), 91-99. (In Persian).
23. Paknejad, F., Majidi Heravan, E., Nourmohammadi, G., Siyadat, A. & Vazan, S. (2007). Effects of drought stress on filling the grain of wheat cultivar. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 1, 138-148. (In Persian).
24. Parry M. J, Androloje, J. P, Khan, S., Lea, P. J. & Keys, A. J. (2002). Rubisco activity: effects of

drought stress. *Annals of Botany*, 89, 833-839.
25. -Pouresmaiel, H. A., Saberi, M. H. & Fanaei, H. R. (2013). Evaluation of terminal drought stress tolerance of *Sesamum indicum* L. genotypes under the Sistan region conditions. *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 2, 58- 61.
26. Rajeswari, S., Thiruvengadam, V. & Ramaswamy, N. M. (2010). Production of interspecific hybrids between *Sesamum alatum* Thonn and *Sesamum indicum* L. through ovule culture and screening for phyllody disease resistance. *South African Journal of Botany*, 76 (2), 252-258.
27. Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, G., Nabati, J. & Mohammad Abadi, A. A. (2005)**.** Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 3(1), 57-68. (In Persian).
28. Salehi, M. & Saiedi, G. (2013). Selection indicators for improving grain yield in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research,* 10(4), 667-673 (In Persian).
29. Salehpour, M., Ebadi, A., Izadi, M. & Jamaati-e-Somarin, S. (2009). Evaluation of water stress and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. *Journal of Environmental Science*, 3, 103-109. (In Persian).
30. Sharma, P. B. (2005). Fertilizer management in sesame (*Sesamum indicum* L.) based intercropping system in Tawa command area. *Journal of Oilseeds Research*, 22, 63-65.
31. Shenoy, V. V., & Kalagudi, G. M. (2011). Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. *Biotechnology Advances*, 23, 501-513.
32. Tantawy, M. M, Ouda, S. A. & Khalil, F. A. (2007). Irrigation optimization for different sesame varieties grown under water stress conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 3, 7-12.
33. Ucan, K., Killi, F., Gencoglan, C. & Merdun, H. (2007). Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (*Sesame indicum* L.) under field conditions. *Field Crops Research*, 101, 249-258.
34. Weise, E. A. (2000). *Oilseed crops*. Blackwell Science., Ltd Oxford, UK.
35. Zeinali, H., Mirlohi, A., & Safaii, L. (2006). Evaluation of relationship between grain yield and yield components in sesame (*Sesamum indicum* L.) *Research in Agricultural Science*, 2(1), 1-9.