به زراعی کشاورزی
دوره ۲۱ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۸
صفحه‌های ۱۴۸-۱۳۱

بررسی تأثیر تنش خشکی بر فلورسانس کلروفیل برگ، عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی اقتصادی مصرف آب ژنوتیپ‌های منتخب عدس

محمد حسن وفائی[۱]، مهدی پارسا[۲*]، احمد نظامی[۳]، علی گنجعلی[۴]، علیرضا نوروزی شرف[۵]
۱. دانشجوی دکتری، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.
۲. دانشیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.
۳. استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.
۴. دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.
۵. استادیار، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه سید جمال الدین اسدآبادی، اسدآباد، ایران.
تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۰۱

چکیده

در استان خراسان رضوی، گیاه عدس رتبهٔ دوم سطح زیر کشت را در بین حبوبات کاشته‌شده، به خود اختصاص داده است. به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های منتخب متحمل به تنش خشکی عدس، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. عامل اصلی شامل دو سطح آبیاری: عدم تنش خشکی و تنش خشکی (تأمین ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی شامل نُه ژنوتیپ (هشت ژنوتیپ متحمل و یک ژنوتیپ حساس) منتخب از بین ۷۳ ژنوتیپ کشت‌شدهٔ سال قبل بود. بر اساس نتایج، در شرایط عدم تنش، صفات تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در مترمربع، شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در ژنوتیپ MLC356 به‌طور معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌ها بیش‌تر بود؛ اما در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک این ژنوتیپ، دچار کاهش شدید گردید. در همین شرایط، کمترین درصد کاهش برای این دو صفت، در ژنوتیپ مشاهده گردید. در شرایط تنش، بالاترین و پایین‌ترین میزان هر دو صفت حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II و کارایی اقتصادی مصرف آب، به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های Cabralinta و MLC121 مشاهده شد. هم‌چنین مشخص شد که تعداد غلاف بارور در بوته و وزن هزاردانه، مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانهٔ عدس هستند.

کلیدواژه‌ها: حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی فتوسیستم II، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، کابرالینتا، وزن هزاردانه.

Effect of Drought Stress on Leaf Chlorophyll fluorescence, Yield, Yield Components and Economic Water Use Efficiency of Selected Lentil Genotypes

Mohammad Hassan Vafaei[1], Mahdi Parsa[2*], Ahmad Nezami[3], Ali Ganjeali[4], Alireza Norouzi sharaf[5]
1. Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
3. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
4. Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
5. Assistant Professor, Department of Horticulture and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Sayyed Jamaleddin Asadabadi University, Asadabad, Iran.
Received: November 4, 2018 Accepted: December 22, 2018

Abstract

Lentil (*Lens culinaris* Medik) enjoys the second largest cultivation area among all planted pulses in Khorasan Razavi Province. In order to investigate the effect of drought stress on yield and yield components of selected lentil drought-tolerant genotypes, a split-plots experiment has been carried out with three replications at research field of Ferdowsi University, Mashhad, Khorasan Razavi Province, during 2012-13. The main factor is the two irrigation levels: Non-drought stress and drought stress (providing 100% and 40% of water requirement), while the sub-factor includes nine genotypes. Results show that under non-stress conditions, the number of seed per pod, number of pods per square meter, harvest index, seed yield, and biological yield in MLC356 genotype have been significantly higher than other genotypes. However, under drought stress, the last two traits show a severe reduction. Under stress conditions, the highest and lowest levels of both maximum quantum efficiency of photosystem II and economic water use efficiency belong to Cabralinta and MLC121 genotypes, respectively. Also, it is determined that the number of fertilized pods per plant and 1000 seed weight have been the most important traits to affect lentil yield.

Keywords: 1000 Seed Weight, biological yield, cabralinta, harvest index, maximum photochemical capacity of the photosystem ii.

* نویسنده مسئول
Email: parsa@um.ac.ir

۱. مقدمه

گیاه عدس[1] با قدمتی بیش از ۸۰۰۰ سال، یکی از قدیمی‌ترین منابع غذایی شناخته‌شده بشر بوده (Dhuppar *et al.*, 2012) و در تغذیه انسان و حیوانات و در حفظ و بهبود باروری خاک، نقش مهمی را ایفا می‌کند (Sarker, 2018). این گیاه غنی از پروتئین بوده و دارای همهٔ هشت اسیدآمینه ضروری برای انسان است؛ هم‌چنین با داشتن مقدار قابل‌توجهی از مواد معدنی، ویتامین‌ها و ۱۸ اسیدآمینه از ۲۰ اسیدآمینه شناسایی‌شده، جایگاه مهمی در رژیم غذایی انسان، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه دارد (Anoma *et al.*, 2014). سطح زیر کشت جهانی عدس از ۳/۸۸ میلیون هکتار در سال ۲۰۰۰ به ۵/۴۸ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۶ افزایش‌یافته و میزان تولید جهانی این گیاه نیز، از ۳/۳۸ میلیون تن در سال ۲۰۰۰ به ۶/۳۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۶ رسیده است. کشورهای کانادا، هند و ترکیه عمده‌ترین تولیدکننده جهانی عدس بوده و به‌ترتیب بالاترین میزان تولید این گیاه را به خود اختصاص داده‌اند (FAO, 2016). در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، سطح زیر کشت عدس کشور ۱۳۲ هزار هکتار بود که فقط پنج درصد آن به‌صورت آبی کشت گردید. استان خراسان رضوی نیز با داشتن سطح زیر کشت ۲۲۴۰ هکتار عدس، یکی از مراکز تولید این گیاه در کشور محسوب می‌گردد (Ministry of Agriculture-Jahad, 2016).

محدودیت منابع آبی کشور و کمبود نزولات آسمانی، حرفهٔ کشت و زرع در ایران را با چالشی بزرگ مواجه ساخته است. به‌طوری‌که امروزه تنش خشکی یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در کشور محسوب شده و به‌عنوان مهم‌ترین عامل کاهش تولید به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود. با توجه به وجود برخی ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر به تنش‌های محیطی (از جمله تنش خشکی) در یک گیاه زراعی، درک عوامل ژنتیکی و محیطی و بررسی اثرات متقابل آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در رشد و عملکرد گیاهان زراعی ایفا کند. به‌عنوان مثال Karimzadeh (2016) در بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیک و عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی گزارش کرد که از بین پنج ژنوتیپ مورد بررسی، کارایی مصرف آب چهار ژنوتیپ در شرایط اعمال تنش خشکی کاهش یافت؛ اما در یک ژنوتیپ در زمان وقوع تنش خشکی، کارایی مصرف آب، کاهشی نشان نداد. بررسی و مطالعهٔ پاسخ ژنوتیپ‌های یک گیاه زراعی به شرایط محیطی مختلف، موجب دست‌یابی به تولید بیش‌تر و عملکردهای بالاتر خواهد شد (Kafi *et al.*, 2007). معمولاً متخصصین زراعت و اصلاح نبات در جستجوی انتخاب ژنوتیپ‌هایی هستند که علاوه بر عملکرد بالا، در شرایط محیطی مختلف از ثبات عملکرد بالاتری برخوردار بوده و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط آن‌ها کمتر باشد. در اکثر مناطقی که عدس در آنها کشت می‌شود، عملکرد این گیاه کمتر از ۵۰ درصد عملکرد بالقوه است؛ بنابر این ضروری است که برای رسیدن به عملکرد مطلوب، از طریق بهبود ژنتیکی و یا مدیریت صحیح، اقدامات لازم صورت گیرد (Erskine *et al.*, 2011). در این رابطه، Majnoon Hosseini (2008) معتقد است که برای افزایش عملکرد عدس در ایران، استفاده از ارقام بومی یا اصلاح‌شده‌ای که دارای قدرت استقرار اولیهٔ بالا، بیوماس زیاد، گلدهی و رسیدگی زودهنگام باشند و به این به این ترتیب بتوانند از تنش‌های گرمایی و خشکی فصل فرار کنند، ضروری است.

بر اساس گزارش Talukdar *et al.* (2013) تنش خشکی در عدس موجب کاهش معنی‌دار عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه گردید؛ اما تأثیر معنی‌داری

[1] ***Lens culinaris* Medik.**

در تعداد دانه در غلاف مشاهده نداشت. در بررسی اثر تنش خشکی در مرحله زایشی بر عملکرد ۱۵ توده عدس بومی ایران مشخص شد که بین توده‌های مورد مطالعه، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای در صفات اندازه‌گیری‌شده وجود داشته و صفات عملکرد و تعداد دانه در بوته، دارای بیش‌ترین تأثیرپذیری از شرایط تنش خشکی هستند (Rashidi *et al.*, 2012). مطالعه همبستگی ساده فنوتیپی بین ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط تنش خشکی نیز نشان داد که وزن غلاف در هر دو شرایط آبیاری (بدون تنش و تنش خشکی) بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه در سطح یک درصد دارد (Mohammadi *et al.*, 2009). با توجه به نتایج حاصل از تجزیه همبستگی فنوتیپی، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت ژنوتیپ‌های عدس در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، می‌توان نتیجه گرفت که به‌غیر از عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، صفات وزن غلاف‌های پر و تعداد دانه در بوته از جمله صفات مهم و تأثیر گذار بر عملکرد تک بوته هستند (Mohammadali Pouryamchi *et al.*, 2012). در مطالعهٔ Kayan (2008) بر روی ژنوتیپ‌های عدس، بین صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و وزن خشک ریشه، همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید.

سنجش فلورسانس کلروفیل به‌منظور ارزیابی فعالیت فتوسنتزی برگ و میزان آسیب وارده به آن مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hosseinzadeh *et al.*, 2016). عملکرد کوانتومی یا کارآیی فتوسیستم II به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی میزان تحمل گونه‌های مختلف گیاهی به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی مطرح است (Massacci *et al.*, 2008). تنش خشکی، باعث ایجاد اختلال در فعالیت فتوسیستمII و هم‌چنین تخریب ساختمان پروتئین D_1 موجود در فتوسیستمII و در نتیجه کاهش نسبت Fv/Fm می‌شود (Rahbarian *et al.*, 2013). به همین جهت، مقدار فلورسانس کلروفیل، میزان سالم بودن غشای تیلاکوئید و کارآیی فرایند انتقال الکترون را از فتوسیستمII به فتوسیستمI نشان می‌دهد (Mamnoei & Sharifi, 2010). نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر فلورسانس (Fv/Fm) نشان‌دهنده پتانسیل عملکرد کوانتومی فتوسیستمII بوده و مقدار آن برای گیاهانی که در شرایط تنش قرار ندارند، در دامنهٔ بین ۰/۸۵–۰/۶۵ است؛ اما چنانچه گیاهان در شرایط تنش‌هایی همچون خشکی، شوری و گرما قرار گیرند، مقدار آن کمتر خواهد شد (Zhao *et al.*, 2007). فلورسانس کلروفیل شاخص مفیدی برای نظارت و پایش فعالیت‌های فتوسنتزی در گیاهان، خصوصاً در شرایط تنش است (Ptushenko *et al.*, 2014). در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های با نسبت بالاتر Fv/Fm، از کارایی فتوسنتزی بالاتری دیگر برخوردار هستند (Soheili Movahed *et al.*, 2017; Sayed, 2003).

با توجه به مواجهه کشور با شرایط خشک‌سالی و کمبود آب، این مطالعه با هدف شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های عدس متحمل به تنش خشکی جهت کشت در استان خراسان رضوی و به‌خصوص در منطقه مشهد انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۴–۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۸ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۴۰ دقیقهٔ شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا اجرا گردید. حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه منطقه به‌ترتیب ۴۳/۸ و ۲۱– درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه آن ۲۳۴ میلی‌متر می‌باشد. اطلاعات هواشناسی محل مورد آزمایش، در طول دوره رشد گیاه عدس، در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی محل مورد آزمایش، در طول دوره رشد گیاه عدس

سال	ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)			بارش	متوسط رطوبت	جمع ساعات آفتابی
		حداقل	حداکثر	میانگین	(میلی‌متر)	(درصد)	
۱۳۹۴	فروردین	۸/۲	۲۱/۶	۱۴/۹	۲۶/۱	۵۸/۳	۲۲۸/۹
	اردیبهشت	۱۴/۱	۲۸/۷	۲۱/۴	۲۳/۸	۴۲/۵	۲۵۸/۸
	خرداد	۱۹/۰	۳۴/۷	۲۶/۹	۰/۳	۲۳/۲	۳۶۱/۴
	تیر	۲۲/۷	۳۶/۸	۲۹/۸	۰	۲۱/۹	۳۶۹/۴

این تحقیق، در ادامه پژوهش سال قبل همین پژوهشگر (Vafaei *et al.*, 2019) صورت گرفت که در آن، ۷۳ ژنوتیپ عدس تهیه شده از بانک بذر دانشگاه فردوسی مشهد (شامل بخشی از توده‌های بومی، لاین‌ها و ارقام موجود در کشور و هم‌چنین نمونه‌هایی از سایر کشورها) در دو قطعه مجزا و تحت شرایط تنش و عدم تنش خشکی کشت شدند. پس از مشخص شدن عملکرد نهایی ژنوتیپ‌ها، با بهره‌گیری از ۱۰ شاخص قدیم و جدید تحمل به تنش، نمودار سه‌بعدی، نمودار بای‌پلات و دندروگرام رسم شده و پس از تحلیل نتایج، میزان تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌ها مشخص گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. عامل اصلی شامل دو سطح رطوبتی: عدم تنش خشکی و تنش خشکی (تأمین ۱۰۰ درصد و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل فرعی شامل نُه ژنوتیپ منتخب از بین ژنوتیپ‌های سال قبل بود که هشت ژنوتیپ آن متحمل‌تر و یک ژنوتیپ آن که به‌عنوان شاهد انتخاب شد، حساس‌تر به تنش خشکی (MLC121) بودند (جدول ۲).

قبل از انجام عملیات کاشت، از خاک مزرعه در عمق ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد که نتایج آن در جدول ۳ گزارش گردید.

پس‌از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت در تاریخ ۲۳ اسفندماه سال ۱۳۹۳ در وسط پشته انجام گرفت. در هر کرت پنج ردیف به طول سه متر و با فاصلهٔ بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر منظور شد و بذور بر روی پشته‌ها و در عمق سه سانتی‌متر و با تراکم ۲۰۰ عدد بذر در مترمربع کشت شدند. آبیاری بر اساس میزان تخلیهٔ رطوبتی خاک در منطقه ریشه صورت پذیرفت. با توجه به این‌که عمق آبیاری برای تیمار بدون تنش (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) در هر بار آبیاری معادل مقدار نیاز آبی خالص گیاه است، میزان آب موردنیاز جهت جبران کمبود رطوبت خاک در منطقهٔ ریشه تا حد ظرفیت زراعی، بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید (Alizadeh, 2008).

$$D = (\theta_{fc} - \theta_i) \times \rho_b \times 10 D_{rz}$$ رابطه ۱)

در این رابطه، D عمق آبیاری (میلی‌متر)، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک، θ_{fc} رطوبت وزنی خاک در حالت اشباع (درصد)، θ_i رطوبت وزنی موجود خاک (درصد) و D_{rz} عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر)، است.

جدول ۲. مشخصات ژنوتیپ‌های عدس مورداستفاده در آزمایش

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشأ جغرافیایی
۱	MLC088[1]	آشخانه
۲	MLC239 (ILL5729)	ایکاردا
۳	MLC356	ایران
۴	MLC121	گیلان
۵	MLC352	ایران
۶	MLC363	ایران
۷	MLC025	گناباد
۸	ILL857	ایکاردا
۹	Cabralinta	ایکاردا

1. Mashhad Lentil Collection

جدول ۳. مشخصات خاک محل آزمایش

بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری ($g.cm^{-3}$)	ماده آلی (٪)	کربن آلی (٪)	پتاسیم ($mg.kg^{-1}$)	فسفر ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (٪)	هدایت الکتریکی	اسیدیته
سیلت لوم	۱/۳۸	۱/۰۰	۰/۵۸	۲۲۵	۱۲/۳	۰/۰۶۸	۰/۴۴۵	۷/۸۳

زمان‌بندی آبیاری بر اساس محاسبات مربوط به کاهش رطوبت در منطقهٔ ریشه در حد آب سهل‌الوصول (AW) انجام شد. در این روش، در تیمار آبیاری کامل، هرگاه متوسط رطوبت موجود در ناحیهٔ ریشه به مرز پایین آب سهل‌الوصول می‌رسید، آبیاری بعدی صورت می‌گرفت. حد پژمردگی دائم و مرز پایین رطوبت سهل‌الوصول نیز بر اساس روابط ۲ و ۳ محاسبه گردید (Alizadeh, 2008).

رابطه ۲) $$\theta_{PWP} = (2.3 + .37(\theta_{FC} \times 100)) / 100$$

رابطه ۳) $$\theta_c = \theta_{FC} - (MAD \times (\theta_{FC} - \theta_{PWP}))$$

در این روابط، θ_{PWP} حد پژمردگی دائم (درصد)، θ_C مرز پایینی رطوبت سهل‌الوصول و MAD[1] ضریب حداکثر تخلیه مجاز است که این ضریب برای عدس ۵۰ گزارش گردیده است (USDA, 2016). برای اندازه‌گیری دقیق رطوبت کرت‌های مختلف و تعیین زمان دقیق آبیاری، در هر کرت، حس‌گر رطوبت‌سنج دیجیتالی REC-55 به‌طور ثابت نصب شد و رطوبت خاک به‌طور مداوم توسط این دستگاه و به‌طور هم‌زمان به‌روش وزنی اندازه‌گیری گردید. مقدار آب لازم جهت تیمار تنش نیز بر اساس میزان آب موردنیاز برای تیمار غیرتنش محاسبه گردید. جهت اعمال دقیق تیمار آبی و توزیع یکنواخت آب، از سیستم آبیاری قطره‌ای نواری با فاصله خروجی ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد و مقدار آب ورودی برای هر تیمار به‌وسیله کنتور حجمی مورد پایش قرار گرفت (جدول ۴).

جهت محاسبه کارایی اقتصادی مصرف آب (EWUE) نیز از رابطه ۴ استفاده شد.

رابطه ۴) $$EWUE = GY / (I / A)$$

در این رابطه، GY عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)، I حجم آب استفاده شده در کرت طی دوره رشد (لیتر) و A مساحت کرت (مترمربع) است. برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه فلورمتر مدل OS1-FL با توانایی اندازه گیری فلورسانس در حالت روشنایی استفاده شد. اندازه‌گیری نیز در مرحله ۵۰ درصد گلدهی انجام شد.

به‌منظور بررسی اجزای عملکرد، در مرحله رسیدگی، ۱۰ بوته از وسط هر کرت به‌صورت تصادفی برداشت و پس‌از انتقال به آزمایشگاه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰۰ دانه اندازه‌گیری گردید. برداشت محصول از ۲۲ خردادماه ۱۳۹۴ آغاز شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، پس از حذف دو ردیف حاشیه و نیم متر از دو انتهای هر کرت، باقیمانده بوته‌های هر کرت، جداگانه برداشت شدند. دانه‌ها برای خشک کردن در معرض تابش نور آفتاب و جریان طبیعی هوا قرار داده شدند و کاه و کلش به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از خشک شدن نمونه‌ها، وزن دانه و کاه و کلش به‌طور جداگانه با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد و از مجموع عملکرد دانه و کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز از طریق تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به‌دست آمد. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) و برای رسم اشکال مربوطه از نرم‌افزار EXCEL (نسخه ۲۰۱۳) استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد.

1. Management allowable deficit

جدول ۴. مقدار آب استفاده‌شده جهت آبیاری ژنوتیپ‌های عدس در کل دوره رشد (لیتر بر متر مربع)

تیمار	MLC088	MLC239	MLC356	MLC121	MLC352	MLC363	MLC025	ILL857	Cabralinta
عدم تنش خشکی	۲۹۶	۲۹۶	۲۹۶	۲۹۶	۲۸۵	۲۹۶	۲۹۶	۲۹۶	۲۹۶
تنش خشکی	۱۲۲	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. عملکرد کوانتومی فتوسیستمII (نسبت Fv/Fm)

اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) عدس معنی‌دار شد (جدول ۵). به این ترتیب که سه ژنوتیپ MLC356، MLC025 و Cabralinta بالاترین نسبت Fv/Fm را در شرایط عدم تنش، از خود نشان داده و هر سه در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین نسبت Fv/Fm نیز متعلق به ژنوتیپ MLC121 بود که در شرایط اعمال تنش آبی ملاحظه شد. به‌طوری‌که مقدار آن، حتی به ۰/۶۳۰ هم نرسید. هم‌چنین بیش‌ترین درصد کاهش با ۱۵ درصد افت نسبت به شرایط عدم تنش، به ژنوتیپ MLC121 تعلق داشت. در سایر ژنوتیپ‌ها، میزان درصد کاهش نسبت Fv/Fm در شرایط اعمال تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش، کمتر از ۶/۵ درصد بود (جدول ۶). کمترین درصد کاهش نسبت Fv/Fm به میزان چهار درصد نیز در دو ژنوتیپ MLC356 و Cabralinta مشاهده گردید. در همین حال، بالاترین میزان نسبت Fv/Fm در شرایط تنش در ژنوتیپ Cabralinta وجود داشت (جدول۶). با توجه به این‌که نسبت Fv/Fm معیاری از پتانسیل عملکرد کوانتومی فتوسیستم II است و هر چه مقدار آن در شرایط تنش، به میزان کمتری نسبت به شرایط غیر تنش کاهش یابد، نشان‌گر مقاومت بیش‌تر ژنوتیپ به تنش است؛ هم‌چنین با توجه به این‌که با مقایسه میزان افت نسبت Fv/Fm در دو شرایط تنش و عدم تنش، می‌توان به شدت افت عملکرد کوانتومی فتوسیستمII پی برده و ژنوتیپ‌هایی که فرایند فتوسنتز آن‌ها کمتر دچار اختلال شده را شناسایی کرد، می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ Cabralinta از مقاومت بیش‌تری در برابر تنش خشکی برخوردار بوده است؛ و این امر را می‌توان به‌دلیل آسیب کمتر واردشده به کلروفیل و در نهایت، افت کمتر فرآیند فتوسنتز دانست.

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد، کارایی اقتصادی مصرف‌آب و حداکثر کارایی کوآنتومی فتوسیستمII نُه ژنوتیپ عدس، تحت تأثیر سطوح آبیاری

		میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کوآنتومی فتوسیستمII	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزاردانه	تعداد غلاف‌بارور در بوته	تعداد دانه در غلاف	شاخص برداشت	کارایی اقتصادی مصرف‌آب
تکرار	۲	۰/۰۰۲۶ns	۳۱۸۳	۱۰۷۶	۱۳/۰۳ns	۶۴/۶ ns	۰/۰۱۲	۰/۰۲۴	۰/۰۵۶**
رژیم آبیاری	۱	۰/۰۲۵۷*	۱۳۳۳۳۵**	۸۶۷۹۸۹**	۱۴۹/۱۷*	۱۱۰۵۷/۹**	۰/۱۲۰*	۰/۰۲۳*	۰/۰۰۶ns
خطای (a)	۲	۰/۰۰۰۵	۷۶۹/۱	۱۷۹/۸	۲/۶	۵۶/۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱
ژنوتیپ	۸	۰/۰۰۳۷**	۵۸۶۶**	۷۸۰۰**	۷۱۴/۴**	۸۸۱/۸**	۰/۲۷۰**	۰/۰۴۱ns	۰/۰۹۹**
رژیم‌آبیاری×ژنوتیپ	۸	۰/۰۰۰۹**	۲۷۷۸**	۱۴۵۸۷**	۷/۹۴**	۲۶۱/۲**	۰/۰۳۰**	۰/۰۰۱**	۰/۰۲۸**
خطای (b)	۳۲	۰/۰۰۰۲	۱۲۲/۳	۸۸۲/۷	۱/۶۵	۱۵/۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱
ضریب‌تغییرات (درصد)		۹/۸	۴/۲	۹/۸	۴/۸	۱۱/۶	۵/۵۰	۵/۹	۷/۷

*، ** و ns: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد، کارایی اقتصادی مصرف‌آب و حداکثر کارایی کوآنتومی فتوسیستمII نُه ژنوتیپ عدس، تحت تأثیر سطوح آبیاری

تیمار	شماره ژنوتیپ	عملکرد کوآنتومی فتوسیستمII (Fv/Fm)	تعداد غلاف بارور در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه (g)	شاخص برداشت (٪)	کارایی اقتصادی مصرف آب
عدم تنش خشکی (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)	MLC088	۰/۷۳۰ bc	۶۰/۴ b	۱/۵۹ ab	۱۸/۷ hi	۳۱/۷ hi	۰/۵۳ d
	MLC239	۰/۷۲۰ c	۵۰/۹ cd	۱/۴۱ d-f	۳۰/۸ d	۴۴/۳ ab	۰/۶۳ bc
	MLC356	۰/۷۵۰ ab	۸۰/۵ a	۱/۷۱ a	۱۹/۹ gh	۴۵/۰ a	۰ /۸۰a
	MLC121	۰/۷۳۳ bc	۲۶/۶ f-h	۱/۲۲ g-i	۳۲/۰ d	۲۵/۷ i-m	۰/۳۱ i
	MLC352	۰/۷۲۰ c	۵۵/۰ bc	۱/۴۴ c-e	۱۹/۸ gh	۳۳/۰ gh	۰/۴۷ d-f
	MLC363	۰/۷۲۵ bc	۴۷/۲ d	۱/۵۲ b-d	۱۸/۳ hi	۲۸/۳ jk	۰/۴۷ d-f
	MLC025	۰/۷۷۰ a	۵۳/۹ bd	۱/۵۴ bc	۲۱/۸ g	۳۷/۳ ef	۰/۵۲ d
	ILL857	۰/۷۱۵ cd	۲۲/۱ g-i	۱/۱۰ i-k	۴۵/۶ b	۲۹/۰ ij	۰/۳۱ l
	Cabralinta	۰/۷۶۳ a	۳۴/۴ e	۰/۹۰ l	۴۹/۰ a	۴۱/۳ b-d	۰/۴۵ e-g
تنش خشکی (تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه)	MLC088	۰/۶۹۳ de	۱۹/۹ hi	۱/۳۹ ef	۱۷/۲ i	۲۷/۳ j-l	۰/۴۰ gh
	MLC239	۰/۶۸۵ e	۱۶/۴ i	۱ /۲۹ fg	۲۸/۵ e	۴۱/۰ cd	۰/۵۳ d
	MLC356	۰/۷۲۰ c	۳۰/۶ ef	۱/۴۲ de	۱۷/۵ i	۴۳/۰ a-c	۰/۵۹ c
	MLC121	۰/۶۲۷ f	۷/۴۰ j	۱/۱۴ h-j	۲۶/۱ f	۱۳/۳ n	۰/۲۲ j
	MLC352	۰/۶۸۶ e	۲۷/۴ e-g	۱/۲۶ gh	۱۷/۱ i	۲۹/۷ ij	۰/۵۰ de
	MLC363	۰/۶۸۰ e	۱۹/۸ hi	۱/۴۸ b-e	۱۷/۸ hi	۲۴/۰ m	۰/۳۸ h
	MLC025	۰/۷۳۳ bc	۲۵/۹ f-h	۱/۵۰ b-e	۱۹/۷ gh	۳۵/۳ fg	۰/۶۰ bc
	ILL857	۰/۶۷۷ e	۱۵/۵ i	۱/۰۱ kl	۳۸/۲ c	۲۶/۰ km	۰/۴۳ f-h
	Cabralinta	۰ /۷۳۳ bc	۱۸/۰ i	۱/۰۸ jk	۴۳/۷ b	۳۹/۰ de	۰/۶۶ b

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۳. ۲. تعداد غلاف بارور در بوته

اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر تعداد غلاف بارور در بوته معنی‌دار شد (جدول ۵). به این ترتیب که بیش‌ترین تعداد غلاف بارور در بوته در ژنوتیپ MLC356 و در شرایط عدم تنش خشکی وجود داشت و این تیمار، تنها تیماری بود که بیش از ۸۰ غلاف بارور در بوته تولید کرد و در سایر تیمارها، تعداد غلاف بارور کمتر از ۶۵ عدد در بوته بود. پس از این تیمار، ژنوتیپ‌های MLC088، MLC352 و MLC025 با تولید بیش از ۵۵ غلاف بارور در بوته در شرایط عدم تنش خشکی در رتبه بعدی قرار گرفتند. در سایر ژنوتیپ‌ها تعداد غلاف بارور کمتر از ۵۴ عدد در بوته بود (جدول ۶). در تمامی ژنوتیپ‌ها تعداد غلاف بارور در شرایط اعمال تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌گونه‌ای که در هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی، تعداد غلاف بارور حتی به ۳۱ عدد در بوته هم نرسید. در بین ژنوتیپ‌ها، بالاترین درصد کاهش تعداد غلاف بارور در شرایط اعمال تنش خشکی مربوط به ژنوتیپ MLC121 (ژنوتیپ حساس) بود که با ۷۲ درصد کاهش

نسبت به شرایط عدم تنش، کمتر از هشت غلاف بارور در بوته را تولید کرد (جدول ۶).

Hosseini *et al.* (2011) با مطالعه اثر آبیاری تکمیلی بر روی ژنوتیپ‌های عدس گزارش کردند که نه‌تنها پتانسیل ژنوتیپ‌های عدس از نظر تعداد غلاف در بوته با یکدیگر متفاوت بود، بلکه پاسخ‌های متفاوتی نیز از این جهت به آبیاری تکمیلی از خود نشان دادند. Ali (2017) نیز گزارش کرد که فراهمی رطوبت به میزان کافی و انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی نخود، در بهبود باروری غلاف‌ها و افزایش تعداد غلاف در بوته دارای تأثیر معنی‌دار بود. Arshadi *et al.* (2017) طی تحقیق بر روی ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های نخود به کود زیستی گزارش کردند که تأمین رطوبت و عناصر غذایی از مهم‌ترین عوامل در فراوانی تعداد غلاف‌ها و باروری دانه‌ها در نخود هستند. در مطالعه Mishra (2016) نیز مشخص شد که حساسیت عدس به تنش خشکی در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی بیش‌تر از سایر مراحل بوده و موجب کاهش تعداد غلاف و دانه می‌گردد. Karimzadeh *et al.* (2017) نیز در گیاه لوبیا، اثر رژیم آبیاری بر تعداد غلاف بارور در بوته را معنی‌دار دانسته و میزان کاهش آن را بین ۳۱ تا ۱۰۰ درصد گزارش کرده است. به‌نظر می‌رسد که این جزء از اجزای عملکرد، به‌طور مشهودی به نوسانات فراهمی آب عکس‌العمل نشان داده و بیش‌تر بودن مقدار آن می‌تواند تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد داشته باشد. از سویی بروز تنش خشکی در مراحل حساسی مانند گلدهی و تشکیل دانه، می‌تواند موجب عدم تلقیح گل‌های تشکیل‌شده و درنتیجه موجب افزایش تعداد غلاف‌های نابارور و کاهش غلاف‌های بارور گردد.

۳. ۳. تعداد دانه در غلاف

اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر تعداد دانه در غلاف عدس نیز معنی‌دار گردید (جدول ۵). به این‌صورت که ژنوتیپ MLC356 با بیش از ۱/۷۰ عدد دانه در غلاف، بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف را به خود اختصاص داد. البته ژنوتیپ MLC088 با تولید ۱/۵۹ دانه در غلاف در شرایط عدم تنش خشکی با ژنوتیپ MLC356 در یک کلاس آماری قرار گرفت. لکن در سایر ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط عدم تنش و اعمال تنش خشکی، تعداد دانه در غلاف کمتر از ۱/۵۵ عدد بود (جدول ۶). هرچند ژنوتیپ MLC356 بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف را از خود نشان داد، اما با ۱۷ درصد کاهش در شرایط اعمال تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش، بالاترین درصد کاهش را نیز به‌خود اختصاص داد. بااین‌وجود، تغییرات این صفت در ژنوتیپ‌های عدس در دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش، نسبت به سایر اجزای عملکرد کمتر بود. چرا که در این جز از عملکرد، برای پنج ژنوتیپ MLC121، MLC239، MLC363، MLC025 و ILL857 بین دو شرایط اعمال تنش خشکی و عدم تنش از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و حتی در ژنوتیپ Cabralinta نتیجه‌ای برعکس سایر ژنوتیپ‌ها (افزایش تعداد دانه در غلاف در شرایط تنش) ملاحظه گردید (جدول ۶).

سایر پژوهشگران در این مورد، نظرات متناقضی ارائه کرده‌اند. Karadavut & Kavurmac (2013) در گیاه عدس، تأثیر شرایط محیطی بر تعداد دانه در غلاف را ۶۳ درصد محاسبه کرده و آن را صفتی متأثر از شرایط محیطی دانستند. هم‌چنین Jafari *et al.* (2017) تنش خشکی شدید در لوبیا را موجب کاهش ۴۴ درصدی تعداد دانه در غلاف گزارش کردند. از سوی دیگر Abdalla *et al.* (2015) پس از بررسی صفات مختلف در ژنوتیپ‌های لوبیا، اظهار داشتند که به‌نظر می‌رسد تعداد دانه در غلاف، صفتی وابسته به ژنوتیپ باشد، زیرا این صفت، تحت تأثیر شرایط محیطی به میزان غیر معنی‌داری تغییر کرد. در

پژوهش حاضر نیز صفت دانه در غلاف، بیش‌تر تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفت؛ اما تنش خشکی هم بر آن بی تأثیر نبود و موجب کاهش هفت درصدی تعداد دانه در غلاف گردید. به‌نظر می‌رسد که این صفت وابسته به هر دو شرایط ژنتیکی و محیطی باشد؛ اما نقش ژنتیک در آن بسیار تأثیرگذارتر است.

۳. ۴. وزن هزاردانه

اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر وزن هزاردانه عدس معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین وزن هزاردانه در ژنوتیپ Cabralinta و در شرایط عدم تنش خشکی وجود داشت و این تیمار، تنها تیماری بود که وزن هزاردانه آن به بیش از ۴۶ گرم رسید. به‌نظر می‌رسد که این امر ناشی از پتانسیل بالای عملکرد کوانتومی این ژنوتیپ و ظرفیت فتوسنتزی زیاد آن و هم‌چنین برتری آن در تخصیص مواد فتوسنتزی بیش‌تر به دانه‌ها باشد. پس از این تیمار، ژنوتیپ ILL857 در شرایط عدم تنش خشکی با کاهش هفت درصدی وزن هزاردانه نسبت به ژنوتیپ Cabralinta در رتبه بعدی قرار گرفت. در سایر ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط عدم تنش و اعمال تنش خشکی، وزن هزاردانه کمتر از ۳۲/۵ گرم بود (جدول ۶). در تمامی ژنوتیپ‌ها وزن هزاردانه در شرایط اعمال تنش خشکی کاهش یافت؛ اما در این جز از عملکرد، برای سه ژنوتیپ MLC088، MLC363 و MLC025 بین دو شرایط اعمال تنش خشکی و عدم تنش از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین در بین ژنوتیپ‌ها، بالاترین درصد کاهش وزن هزاردانه به میزان ۱۸ درصد، در ژنوتیپ حساس MLC121 مشاهده شد (جدول ۶). کمترین درصد کاهش وزن هزاردانه نیز به ژنوتیپ MLC363 تعلق داشت. به‌طوری‌که وزن هزاردانه آن با دو درصد کاهش نسبت به شرایط اعمال تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۶). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های MLC121، ILL857 و MLC352 حساسیت بیش‌تری نسبت به کاهش فراهمی رطوبت قابل‌دسترس از خود نشان دادند.

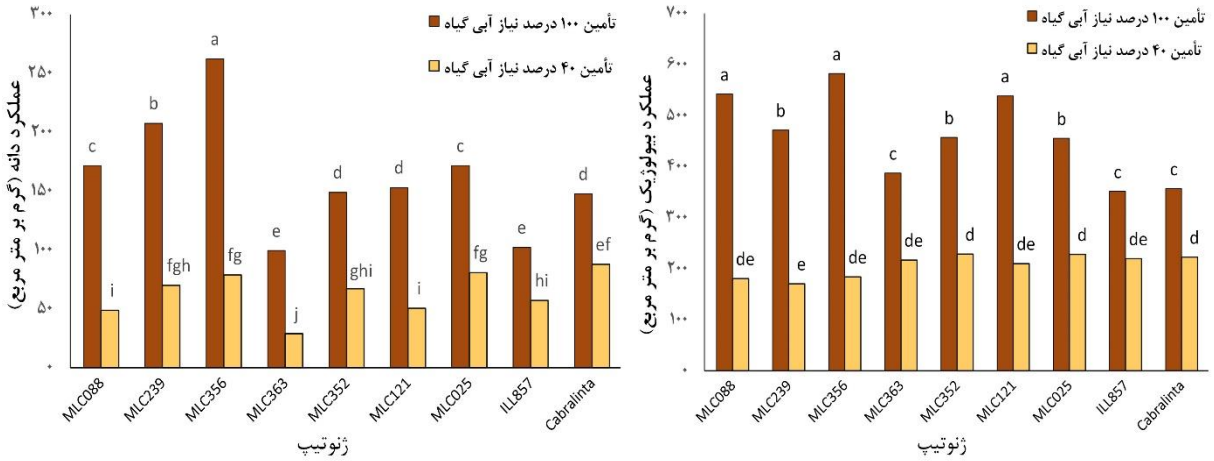
Sehgal *et al.* (2018) اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ بر وزن هزاردانه عدس‌های مورد مطالعه را معنی‌دار دانسته و مقدار آن را بین ۱۵ تا ۲۸ درصد گزارش کرده است. تنش خشکی متوسط در نخود نیز موجب کاهش ۱۱ درصدی وزن هزاردانه گردید که این مقدار برای ژنوتیپ‌های مختلف، یکسان نبود (Hussain *et al.*, 2015). وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های موردبررسی عدس بین ۱۹/۱ تا ۳۰ گرم متغیر بود که در شرایط تنش خشکی، مقدار آن در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت، هرچند مقدار آن برای همه ژنوتیپ‌ها برابر نبود (Mishra, 2015). چنین به‌نظر می‌رسد که وقوع تنش خشکی و کاهش رطوبت قابل‌دسترس در طول فصل رشد گیاه عدس و به‌خصوص در مرحلهٔ گلدهی و غلاف دهی، موجب کاهش تولید مواد فتوسنتزی و اختلال در انتقال مجدد و تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه شده که این موضوع، چروکیدگی دانه‌ها و کاهش وزن هزاردانه را به‌همراه داشته است.

۳. ۵. عملکرد دانه

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ، بر عملکرد دانه عدس معنی‌دار بود (جدول ۵). به این ترتیب که بیش‌ترین عملکرد دانه در ژنوتیپ MLC356 و در شرایط عدم تنش خشکی وجود داشت و این تیمار، تنها تیماری بود که عملکرد دانه بیش از ۲۶۰ گرم در مترمربع تولید کرد و در سایر تیمارها، عملکرد دانه حتی به ۲۱۰ گرم در مترمربع هم نرسید. پس از این تیمار، ژنوتیپ MLC239 در شرایط عدم تنش خشکی با اختلاف ۲۱ درصدی نسبت به ژنوتیپ MLC356 در رتبه

بعدی قرار گرفت. در سایر ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط عدم تنش و اعمال تنش خشکی، عملکرد دانه کمتر از ۱۷۵ گرم در مترمربع بود (شکل ۱). در کلیه ژنوتیپ‌ها عملکرد دانه در شرایط اعمال تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌گونه‌ای که در هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه حتی به ۸۵ گرم در مترمربع هم نرسید. در اغلب ژنوتیپ‌ها درصد کاهش عملکرد دانه در شرایط اعمال تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش، بسیار بالا بود. به‌عنوان مثال، ژنوتیپ MLC356 که بالاترین میزان عملکرد دانه در شرایط بدون تنش را به خود اختصاص داده بود، با کاهش ۷۰ درصدی عملکرد دانه مواجه گردید. ژنوتیپ MLC239 نیز در همین شرایط با کاهش ۶۶ درصدی عملکرد دانه مواجه شد (شکل ۱). با این وجود، در ژنوتیپ Cabralinta کمترین کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش مشاهده شد و در این ژنوتیپ عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش، فقط ۴۱ درصد کاهش یافت و در شرایط تنش خشکی با تولید بیش از ۸۵ گرم دانه در مترمربع، بیش‌ترین عملکرد دانه را در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از خود نشان داد؛ به‌عبارت‌دیگر، ژنوتیپ Cabralinta از بالاترین ثبات عملکرد بیش‌تری در شرایط تنش خشکی برخوردار بود (شکل ۱).

نتایج نیز نشان داد که بالاترین میزان نسبت Fv/Fm **در** شرایط تنش خشکی متعلق به ژنوتیپ Cabralinta بود (جدول ۶). چنین به‌نظر می‌رسد که این ژنوتیپ به‌واسطه ممانعت از کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II در شرایط تنش، توانسته است ظرفیت فتوسنتزی خود را در شرایط عدم فراهمی رطوبت به میزان کافی، در حد بالا حفظ کند. به عقیدهٔ Shabiri *et al.* (2009) با شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط نامساعد، می‌توان در شرایط تنش نیز به عملکردهای قابل قبولی دست‌یافت؛ زیرا به‌طورکلی تغییرات در عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه زراعی در طیفی از شرایط محیطی، به اثر متقابل ژنوتیپ‌ها در محیط نسبت داده می‌شود (Acikgoz *et al.*, 2009). در پژوهش Fang *et al.* (2011) گزارش شد که کم‌آبیاری ژنوتیپ‌های نخود پیش از آغاز مرحلهٔ زایشی، به‌طور متوسط موجب کاهش ۳۸ درصدی عملکرد دانه گردید ولی مقدار کاهش، در همهٔ ژنوتیپ‌ها یکسان نبود.



شکل ۱. تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک عدس.

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از روش برش‌دهی اثرات متقابل ندارند.

در بررسی امکان کشت پاییزه ژنوتیپ‌های عدس در شرایط آبیاری تکمیلی نیز Nezami *et al.* (2011) تفاوت‌های آشکار و معنی‌داری را بین عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های عدس گزارش کردند؛ به‌طوری‌که گسترهٔ تفاوت ژنوتیپ‌های عدس از نظر عملکرد دانه، بین ۷۶/۴ گرم تا ۳۷۹/۲ گرم در مترمربع متغیر بود. به‌نظر می‌رسد که با کاهش آب موردنیاز گیاه، فرایند فتوسنتز و آسیمیلاسیون کربن دچار کندی و اختلال شده و میزان ماده‌ی خشک تولیدشده و به‌دنبال آن عملکرد در واحد سطح نیز کاهش یافته است؛ که در این میان، ژنوتیپ‌های حساس، کاهش عملکرد شدیدتری از خود نشان داده‌اند.

۳. ۶. عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک عدس نیز معنی‌دار بود (جدول ۵). به این صورت که ژنوتیپ MLC356 با تولید ماده خشک بیش از ۵۸۰ گرم در مترمربع، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را در شرایط عدم تنش، به خود اختصاص داد. پس از آن، بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک در ژنوتیپ‌های MLC088 و MLC363 مشاهده شد و علی‌رغم این‌که عملکرد بیولوژیک این ژنوتیپ‌ها نسبت به ژنوتیپ MLC356 دارای هفت در صد کاهش بود، اما هر سه ژنوتیپ در یک کلاس آماری قرار گرفتند. در سایر تیمارها، عملکرد بیولوژیک در شرایط غیر تنش حتی به ۴۷۵ گرم در مترمربع هم نرسید (شکل ۱).

در کلیهٔ ژنوتیپ‌ها عملکرد بیولوژیک در شرایط اعمال تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌گونه‌ای که در هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی، عملکرد بیولوژیک حتی به ۲۳۰ گرم در مترمربع هم نرسید. در اغلب ژنوتیپ‌ها درصد کاهش عملکرد دانه در شرایط اعمال تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش، بسیار بالا بود. به‌عنوان مثال، ژنوتیپ‌های MLC356، MLC088 و MLC363 که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند، در شرایط تنش به‌ترتیب با ۶۸، ۶۷ و ۶۱ درصد کاهش در عملکرد بیولوژیک مواجه شدند (شکل ۱). با این‌وجود، در ژنوتیپ‌های ILL857 و Cabralinta کمتر از ۴۰ درصد کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش مشاهده شد و در این ژنوتیپ‌ها عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش، فقط ۳۸ درصد کاهش یافت (شکل ۱). چنین به‌نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های ILL857 و Cabralinta از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، از ثبات بیش‌تری در شرایط تنش خشکی برخوردار هستند.

همبستگی مثبت بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در حبوبات، توسط پژوهشگران زیادی گزارش‌شده است. Biçer (2009) پیشنهاد کرد با توجه به این‌که عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته اثر مستقیم و مثبت روی عملکرد دانهٔ عدس دارند، انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد بیولوژیک انجام گیرد. تنش خشکی همان‌گونه که بر روی عملکرد دانه، اثر منفی می‌گذارد، موجب کاهش عملکرد بیولوژیک نیز می‌گردد. تنش خشکی در ژنوتیپ‌های نخود به‌طور متوسط موجب کاهش ۴۶ درصدی عملکرد بیولوژیک گردید که این مقدار در ژنوتیپ‌های متحمل به‌مراتب کمتر بود (Zare Mehrjerdi *et al.*, 2012). در مطالعه ژنوتیپ‌های عدس، بالاترین میزان همبستگی، بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیکی مشاهده شد و هر دوی این صفات تحت تأثیر اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ قرار گرفتند (Ramroodi *et al.*, 2008). نتایج این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف عدس، در هر دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش تفاوت‌های قابل‌توجهی ازنظر پتانسیل تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیک با یکدیگر دارند. به‌نظر می‌رسد که

کاهش عملکرد بیولوژیک براثر کمبود آب موردنیاز را می‌توان به کاهش شاخص و دوام سطح برگ، کاهش فتوسنتز جاری برگ و درنتیجه کاهش سرعت رشد گیاه نسبت داد.

۳. ۷. شاخص برداشت

اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر شاخص برداشت عدس معنی‌دار شد (جدول ۵). به این صورت که ژنوتیپ MLC356 با ارائه ۴۵ درصد شاخص برداشت در شرایط عدم تنش، بیش‌ترین شاخص برداشت را به خود اختصاص داد. البته ژنوتیپ MLC239 با شاخص برداشت ۴۴ درصد در شرایط عدم تنش خشکی، با ژنوتیپ MLC356 در یک کلاس آماری قرار گرفت. نکته قابل‌توجه، این‌که شاخص برداشت ژنوتیپ MLC356 در شرایط اعمال تنش خشکی، تنها با چهار درصد کاهش نسبت به شرایط عدم تنش، با شاخص برداشت آن در شرایط عدم تنش در یک کلاس آماری قرار گرفت (جدول ۶). بیش‌ترین درصد کاهش شاخص برداشت نیز مربوط به ژنوتیپ MLC121 (ژنوتیپ حساس) بود که با ۴۸ درصد کاهش در شرایط اعمال تنش خشکی، تنها ۱۳ درصد شاخص برداشت از خود نشان داد (جدول ۶).

شاخص برداشت در واقع نشان‌دهنده سهمی از تولید گیاه است که دارای ارزش اقتصادی است. به‌گونه‌ای که یک واریته از یک گیاه زراعی با جثه‌ای کوچک، ممکن است شاخص برداشتی مساوی و حتی بیش‌تر از واریته‌هایی با جثه بزرگ‌تر داشته باشد (Ghahghaei *et al*., 2010). بدیهی است که هرچه فراورده‌های فتوسنتزی بیش‌تری از اندام‌های سبز گیاه به دانه‌ها منتقل شوند، عملکرد دانه و البته نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک افزایش‌یافته و این امر، افزایش شاخص برداشت را به همراه دارد (Noori Gughari *et al*., 2014).

کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی، توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است. Songsri (2008) با مطالعه ریشه نخودفرنگی دریافت ژنوتیپ‌هایی که دارای تراکم ریشه بیش‌تر در لایه‌های پایین‌تر هستند، به‌دلیل توان جذب بالاتر، تعداد غلاف و شاخص برداشت بیش‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارند. Nezami *et al*. (2011) در بررسی کشت پاییزه ۱۷ ژنوتیپ عدس در شرایط آبیاری تکمیلی، تفاوت‌های آشکاری را از نظر شاخص برداشت بین ژنوتیپ‌ها گزارش کردند؛ به‌طوری‌که گستره تفاوت ژنوتیپ‌های عدس ازنظر شاخص برداشت بین هشت تا ۳۳ درصد متغیر بود. Talukdar (2013) نیز گزارش کرد که تنش خشکی در ژنوتیپ‌های عدس، موجب کاهش معنی‌دار شاخص برداشت گردید و میزان کاهش آن به‌طور متوسط ۵۷ درصد بود؛ اما ژنوتیپ‌های متحمل، کاهش کمتری را از خود نشان دادند. هم‌چنین تنش رطوبتی در لوبیا چشم‌بلبلی موجب کاهش تعداد گل، غلاف، دانه و در نهایت موجب کاهش شاخص برداشت گردید (Yaqoob *et al*., 2013; Anyia *et al*., 2004).

۳. ۸. همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد، صفت عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار بالایی با صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف بارور در بوته و تعداد دانه در غلاف نشان داد؛ اما همبستگی آن با وزن هزاردانه معنی‌دار نشد. این نتیجه در مورد عملکرد بیولوژیک نیز به همین صورت بود. در نقطه مقابل، همبستگی وزن هزاردانه با تعداد غلاف بارور در بوته و تعداد دانه در غلاف، منفی و معنی‌دار شد (جدول ۷).

جدول ۷. ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های عدس

	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱- تعداد غلاف بارور در بوته	۱	۰/۶۵**	-۰/۳۲*	۰/۸۸**	۰/۷۸**	۰/۴۳**
۲- تعداد دانه در غلاف		۱	-۰/۷۸**	۰/۴۵**	۰/۳۹**	۰/۱۸ ns
۳- وزن هزاردانه			۱	-۰/۰۴ns	-۰/۰۱	۰/۰۹ ns
۴- عملکرد دانه در متر مربع				۱	۰/۹۶**	۰/۶۱
۵- عملکرد بیولوژیک در متر مربع					۱	۰/۷۴**
۶- شاخص برداشت						۱

*، ** و **ns**: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار.

وجود همبستگی منفی بین این اجزای عملکرد نشان‌دهندهٔ آن است که با افزایش تعداد غلاف بارور در بوته و هم‌چنین تعداد دانه در غلاف، وزن دانه کاهش می‌یابد. علاوه بر این، وجود همبستگی بالا میان عملکردهای دانه و بیولوژیک با شاخص برداشت، نشان‌دهندهٔ تأثیر معنی‌دار آن‌ها بر روی این شاخص مهم است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، به‌نظر می‌رسد که افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه رشد نامحدودِ عدس، می‌تواند به‌واسطهٔ ارتقای سطح اجزای عملکرد (مانند تعداد غلاف بارور در بوته) سبب افزایش عملکرد دانه گردد.

بررسی نتایج تجزیه همبستگی انجام‌شده توسط سایر پژوهشگران برای رقم‌های نخود نشان می‌دهد که صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد غلاف در واحد سطح و تعداد دانه در غلاف رابطه مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشته و دارای بیش‌ترین تأثیرگذاری مثبت بر روی عملکرد دانه نسبت به سایر اجزای عملکرد هستند (Siosemardeh *et al*., 2014; Guler *et al*., 2001). در گیاه عدس نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه، وزن صد دانه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته توسط (Karadavut & Kavurmac, 2013; Kumar *et al*., 2004) گزارش گردیده است. Kayan (2008) نیز در گیاه عدس، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه در بوته با غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت را مشاهده نمود. در پژوهش Malik *et al*. (2010) بر روی نخود نیز همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و صفات فوق گزارش گردیده است.

۳. ۹. رگرسیون گام‌به‌گام

برای تجزیه‌وتحلیل اجزای عملکرد، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از این روش‌ها، تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام است. با استفاده از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام می‌توان اثر صفات غیر مؤثر یا کم اثر روی عملکرد را در مدل رگرسیونی حذف نموده و تنها صفاتی را که میزان قابل‌ملاحظه‌ای از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند، شناسایی کرد (Jafarnodeh *et al*., 2017; Agrama, 1996). در این پژوهش، به‌منظور درک بهتر روابط بین عملکرد دانه با سایر صفات از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نیز استفاده گردید (جدول ۸).

نتایج حاصل نشان داد که اولین متغیر واردشده به مدل، تعداد غلاف بارور در بوته بود که به‌تنهایی ۸۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد. دومین متغیر، وزن هزاردانه بود که ضریب تبیین مدل را به ۹۴/۹ درصد رسانید.

جدول ۸. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه

مرحله	صفات	ضریب تغییر (R^2) جزئی	ضریب تغییر (R^2) مدل	سطح معنی‌داری
۱	تعداد غلاف بارور در بوته	۰/۸۵۳۸	۰/۸۵۳۸	**
۲	وزن هزاردانه	۰/۰۹۵۱	۰/۹۴۸۹	**
۳	تعداد دانه در غلاف	۰/۰۰۸	۰/۹۵۶۹	**
۴	شاخص برداشت	۰/۰۰۳۴	۰/۹۶۰۲	*
۵	عملکرد بیولوژیک در مترمربع	۰/۰۱۲۷	۰/۹۷۲۹	**
۶	نسبت تعداد غلاف نا بارور به بارور	۰/۰۰۸۵	۰/۹۸۰۳	**

* و **: به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد.

چهار متغیر تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک در مترمربع و نسبت تعداد غلاف نابارور به بارور نیز حداکثر ۳/۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند که نشان‌دهنده تأثیر غیر قابل ملاحظهٔ آن‌ها بر میزان عملکرد است.

در این مطالعه، نتایج نشان‌دهنده آن است که بین صفات اندازه‌گیری‌شده، صفت تعداد غلاف بارور در بوته، مهم‌ترین صفت مؤثر در عملکرد دانه عدس است. Salehi *et al.* (2010) نیز با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام، صفات مؤثر بر عملکرد دانه در لوبیا را بررسی کرد و تعداد غلاف در بوته را مهم‌ترین صفت وارد شده در معادله دانست و اظهار نمود که این صفت به‌تنهایی ۸۳/۲ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرده است. Rahimi *et al.* (2016) در بررسی صفات زراعی مؤثر بر عملکرد دانه لاین‌های خالص نوترکیب عدس اظهار داشتند که تعداد غلاف در بوته، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، عملکرد زیستی و عرض برگ، به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر عملکرد، درمجموع ۸۲/۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند. در مطالعه Jafari *et al.* (2017) بر روی صفات مؤثر بر عملکرد دانهٔ لوبیا نیز صفت وزن غلاف در بوته به‌تنهایی ۸۵/۵ درصد از تغییرات را توجیه کرد و پس از آن شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک ۱۱/۸ درصد از عملکرد دانه را توجیه نمودند.

۳. ۱۰. کارایی اقتصادی مصرف آب

اثر متقابل رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر کارایی اقتصادی مصرف آب عدس معنی‌دار شد (جدول ۵). به این ترتیب که ژنوتیپ MLC356 در شرایط عدم تنش با ارائه کارایی اقتصادی مصرف آب ۰/۸ بیش‌ترین کارایی اقتصادی مصرف آب را از خود نشان داد و در سایر ژنوتیپ‌ها کارایی اقتصادی مصرف آب حتی به ۰/۶۸ هم نرسید (جدول ۶). کمترین کارایی اقتصادی مصرف آب نیز متعلق به ژنوتیپ MLC121 بود. ضمن آن‌که بیش‌ترین درصد کاهش کارایی مصرف آب نیز به ژنوتیپ MLC121 تعلق داشت که در شرایط اعمال تنش خشکی، کارایی اقتصادی مصرف آب آن با کاهش ۲۹ درصدی همراه بود. پس از آن نیز ژنوتیپ MLC356 با ۲۷ درصد کاهش در کارایی اقتصادی مصرف آب در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۶). علاوه بر این، در ژنوتیپ‌های MLC352، MLC025، ILL857 و Cabralinta کارایی اقتصادی مصرف آب در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (جدول ۶). از آنجایی‌که در ژنوتیپ‌های MLC352، MLC025، ILL857 و Cabralinta کارایی اقتصادی مصرف آب در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، لذا به‌نظر می‌رسد که این ژنوتیپ‌ها در تولید ماده خشک به‌ازای هر واحد آب مصرفی و هم‌چنین در تخصیص ماده خشک

تولیدشده به دانه‌ها در شرایط تنش خشکی موفق‌تر عمل کرده‌اند. در مقابل، به‌نظر می‌رسد که در ژنوتیپ MLC121 که در زمان وقوع تنش خشکی، به‌ترتیب بالاترین کاهش و پایین‌ترین کارایی اقتصادی مصرف آب را تولید کرد، موفقیتی حاصل نشده است. چرا که علی‌رغم داشتن کارایی اقتصادی مصرف آب بالا در شرایط تنش خشکی، عمده ماده خشک تولیدی را در مسیر ساز و کارهای مقابله با تنش خشکی هزینه کرده و بخش کمی از ماده خشک تولیدی را به اندام اقتصادی گیاه (یعنی دانه‌ها) اختصاص داده است. در همین راستا Karimzadeh (2016) در بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیک و عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی گزارش کرد که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، تنوع زیادی از نظر کارایی اقتصادی مصرف آب وجود دارد. به‌طوری‌که در بین پنج ژنوتیپ مورد بررسی، کارایی اقتصادی مصرف آب ژنوتیپ‌های صدری، KS2193 و KS21486 در شرایط اعمال تنش خشکی کاهش پیدا کرد؛ اما کارایی اقتصادی مصرف آب در دو ژنوتیپ تیلور و COS16 در زمان وقوع تنش خشکی، افزایش نشان داد.

۴. نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، بیش‌ترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته و شاخص برداشت و هم‌چنین کارایی اقتصادی مصرف آب متعلق به ژنوتیپ MLC356 بود که البته در شرایط عدم تنش حاصل گردید. لکن این صفات در ژنوتیپ MLC356 در شرایط اعمال تنش خشکی، افت شدیدی از خود نشان دادند. از طرف دیگر، کمترین درصد کاهش برای صفات مذکور در شرایط اعمال تنش خشکی و بالاترین میزان نسبت Fv/Fm **در** شرایط تنش متعلق به ژنوتیپ Cabralinta بود. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که می‌توان ژنوتیپ MLC356 را برای شرایط عدم تنش و ژنوتیپ Cabralinta را برای شرایط تنش خشکی توصیه نمود. هم‌چنین در این پژوهش مشخص شد که در بین صفات اندازه‌گیری‌شده، تعداد غلاف بارور در بوته و وزن هزاردانه، مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانهٔ عدس هستند.

۵. منابع

Abdalla, A. A., Ahmed, M. F., Taha, M. B., & El Naim, A. M. (2015). Effects of Different environments on yield components of Faba Bean (*Vicia faba* L.). *International Journal of Agriculture and Forestry, 5*(1), 1–9. doi:10.5923/j.ijaf.20150501.01

Acikgoz, E., Ustun, A., Gul, I., Anlarsal, E., Tekeli, A. S., Nizam, & ydinoglu, B. (2009). Genotype x environment interaction and stability analysis for dry matter and seed yield in field pea (*Pisum sativum* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research, 7*(1), 96–106. http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2009071-402

Agrama, H. A. S. (1996). Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. *Plant Breeding, 115*(5), 343–346. https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1996.tb00931.x

Ali, M. H. (2017). Response of Chickpea Varieties to Different Irrigation Regimes. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research, 2*(4), 1–7.

Alizadeh, A. (2008). *Soil, Water, Plant Relationship*. Mashhad, Iran: Emam Reza University Publishers. (In Persian).

Anoma, A., Collins, R., & McNeil, D. (2014). The value of enhancing nutrient bioavailability of lentils: the Sri Lankan Scenario. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 14*(7), 9529–9543.

Anyia, A. O., & Herzog, H. (2004). Genotypic variability in drought performance and recovery in cowpea under controlled environment. *Journal of Agronomy and Crop Science, 190*(2), 151–159.

Arshadi, M.J., Parsa, M., Lakzian, A. & Kafi, M. (2017). Evaluation of the effect of chickpea seeds inoculation with rhizobium, arbuscular myccorihza and like-endo myccorihza on yield and yield components of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research, 8*(2), 109–125. (In Persian).

Biçer, B. T. (2009). The effect of seed size on yield and yield components of chickpea and lentil. *African Journal of Biotechnology, 8*(8).

Dhuppar, P., Biyan, S., Chintapalli, B., & Rao, S. (2012). Lentil crop production in the context of climate change: an appraisal. *Indian Research Journal of Extension Education, 2*, 33–35.

Erskine, W., Sarker, A., & Kumar, S. (2011). Crops that feed the world 3. Investing in lentil improvement toward a food secure world. *Food Security, 3*(2), 127.

Fang, X.-W., Turner, N. C., Li, F.-M., & Siddique, K. H. M. (2011). An early transient water deficit reduces flower number and pod production but increases seed size in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Crop and Pasture Science, 62*(6), 481–487.

FAO, (2016). FAOSTAT. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Ghahghaei, F., Galavi, M., Ramroodi, M., & Bagheri, A. (2010). The Comparison of yield and yield components of lentil genotypes under low irrigation conditions in Sistan region. *Iranian Journal of Field Crops Research, 8*(3), 431–437. (In Persian).

Guler, M., Adak, M. S., & Ulukan, H. (2001). Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy, 14*(2), 161–166.

Hosseini, F. S., Nezami, A., Parsa, M., & Hajmohammadnia Ghalibaf, K. (2011). Effects of supplementary irrigation on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad climate. *Journal of Water and Soil, 25*(3), 625–633. (In Persian).

Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica, 54*(1), 87–92.

Hussain, N., Aslam, M., Ghaffar, A., Irshad, M., & Din, N. (2015). Chickpea genotypes evaluation for morpho-yield traits under water stress conditions. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences, 25*(1).

Jafari, M., Moosavi, S. S., Abdollahi, M. R., & Chaichi, M. (2017). Identification of Effective Traits on Grain Yield Improvement in Bean Cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Different Moisture Stress Conditions. *Plant Production Technology, 7*(2), 23–66. (In Persian).

Jafarnodeh, S., Sheikh, F., & Soltani, A. (2017). Identification of plant characteristics related to seed yield of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes using regression models. *Iranian Journal of Crop Sciences, 19*(3), 208–219.

Kafi, M., Borzoee, A., & Salehi, M. (2009). *Physiology of environmental stress in plant.* Mashhad, Iran: Jahad Daneshgahi Publication. (in Persian).

Karadavut, U., & Kavurmac, Z. (2013). Phenotypic and genotypic correlation for some characters in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Research Journal of Agriculture and Environmental Management, 2*(1), 365–370.

Karimzadeh, H., (2016). *Effects of deficit irrigation on Morpho-physiological characteristics and yield of pinto bean genotypes in Shahrekord.* Doctoral dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).

Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M., & Tadayon, M. R. (2017). Effects of deficit irrigation on yield and yield components of pinto bean genotypes in Shahrekord. *Iranian Journal of Pulses Research, 8*, 113–126.

Kayan, N. (2008). Variation for yield components in two winter sown lentil cultivars (*Lens culinaris* Medic.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science, 14*(5), 460–465.

Kumar, R., Kant, R., & Ojha, C. B. (2004). Character association and cause effect analysis for spring season genotypes of mung (*Vigna radiata* L.). *Legume Research-An International Journal, 27*(1), 32–36.

Majnoon Hosseini, N. (2008). Pulses in Iran. *Jahad Daneshgahi Publication.* (In Persian).

Malik, S. R., Bakhsh, A., Asif, M. A., Iqbal, U., & Iqbal, S. M. (2010). Assessment of genetic variability and interrelationship among some agronomic traits in chickpea. *International Journal of Agriculture and Biology, 12*(1), 81–85.

Mamnoei, E., & Sharifi, S. R. (2010). Study the effects of water deficit on chlorophyll fluorescence indices and the amount of proline in six barley genotypes and its relation with canopy temperature and yield. *Journal of Plant Biology, 2*(5), 51–62. (In Persian).

Massacci, A., Nabiev, S. M., Pietrosanti, L., Nematov, S. K., Chernikova, T. N., Thor, K., & Leipner, J. (2008). Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiology and Biochemistry, 46*(2), 189–195.

Ministry of Agriculture-Jahad (2016). *Agricultural statistics, 1*, 21–22. (In Persian).

Mishra, B. K. (2015). *Growth, phenology, dry matter and nitrogen partitioning in lentil (Lens culinaris* Medik*.) under optimal and moisture stress conditions* (Doctoral dissertation, Institute of Agricultural Sciences, Banaras Hindu University).

Mishra, B. K., Srivastava, J. P., Lal, J. P., & Sheshshayee, M. S. (2016). Physiological and biochemical adaptations in lentil genotypes under drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, *63*(5), 695–708.

Mohammadali-Pouryamchi, H., M.R. Bihamta, S.A. Peighambari, & M.R. Naghavi. 2012. Effect of terminal drought stress on grain yield and yield components in Kabuli chickpea genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *14*(3), 202–217. (In Persian).

Mohammadi, A., M.R. Bihamta, & H.R. Dari. 2009. Determining of correlation coefficient and path analysis of some traits on chiti bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under non-stress and drought stress conditions. *Agricultural research: water, soil and plant in agriculture*, *8*(2), 135–144. (In Persian).

Nezami, A., Bagheri, A., Porsa, H., Zafranieh, M., & Khamadi, N. (2011). Evaluation of cold tolerant lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik.) in fall planting under supplementary irrigation. *Iranian Journal of Pulses Research*,*1*(2), 49–58. (In Persian).

Noori Gughari, M., Dashti, H., Madah Hossieni, Sh., & Dehghan, E. (2014). Evaluation of genetic diversity in a gene treasury lentils using morphological traits in Bardsir. *Journal of Iranian Crop Science*, *45*(4), 541–551. (In Persian).

Ptushenko, V. V., Ptushenko, O. S., & Tikhonov, A. N. (2014). Chlorophyll fluorescence induction, chlorophyll content, and chromaticity characteristics of leaves as indicators of photosynthetic apparatus senescence in arboreous plants. *Biochemistry (Moscow)*, *79*(3), 260-272.

Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., & Najafi, F. (2013). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research*, *4*(2), 87–96. (In Persian).

Rahimi, M. H., Houshmand, S., Khodambashi, M., Shiran, B., & Mohammady, S. (2016). Effect of drought stress on agro-morphological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik.) recombinant inbred lines. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, *41*(2), 207–219.

Ramroodi, M., Galavi, M., & Nakhzari Moghaddam, A. (2008). Evaluation of Yield and Yield Components of Some Lentil Genotypes to Different Planting Date. *Agricultural Research: Water, Soil and Plant in Agriculture*, *8*(2), 69–77.

Rashidi, V.S., Sharifi, M., & Effatdust, N. (2012). Comparison and classification of lentil (*Lens culinaris*) landraces under drought stress conditions after flowering. *Journal of Crop and Weed Eco-Physiology*, *5*(4), 81–96. (In Persian).

Salehi, M., Faramarzi, A., & Mohebalipour, N. (2010). Evaluation of different effective traits on seed yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with path analysis. *American Eurasian Journal of Agriculture And Environvironmental Science*, *9*(1), 52–54.

Sarker, A. (2018). Lentils in production and food systems in West Asia and Africa. http://hdl.handle.net/20.500.11766/7913

Sayed, O. H. (2003). Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. *Photosynthetica*, *41*(3), 321-330.

Sehgal, A., Sita, K., Bhandari, K., Kumar, S., Kumar, J., Vara Prasad, P. V, & Nayyar, H. (2018). Influence of drought and heat stress, applied independently or in combination during seed development, on qualitative and quantitative aspects of seeds of lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes, differing in drought- sensitivity. *Plant, Cell and Environment*. https://doi.org/10.1111/pce.13328

Shabiri, S.S., Mostafiee, H., Shahab, M.R., & Kamel, M. (2015). Adaptation and seed yield stability of advanced lentil lines under cold dryland conditions of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, *1*(31(3)), 491–508. (In Persian).

Siosemardeh, A., Sadeghi, F., Kanouni, H., Bahramnejad, B., & Gholami, S. (2014). Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *16*(2), 91–108. (In Persian).

Soheili Movahed, S., Esmaeili, M. A., Jabbari, F., Khoramdel, S., & Fooladi, A. (2017). Effect of water deficit on leaf relative water content, chlorophyll fluorescence indices and grain yield of four maize beans. *Journal of Crop Science*, *10*(1), 169–190. (In Persian).

Songsri, P., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Patanothai, A., & Holbrook, C. C. (2008). Root distribution of drought- resistant peanut genotypes in response to drought. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *194*(2), 92–103.

https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00296.x

Talukdar, D. (2013). Comparative morpho-physiological and biochemical responses of lentil and grass pea genotypes under water stress. *Journal of Natural Science, Biology, and Medicine, 4*(2), 396–402.

USDA, N. (2016). Sprinkler Irrigation. *National Engineering Handbook* , 623.

Vafaei, M. H., Parsa, M., Nezami, A., & Ganjali, A. (2019). Screening for drought tolerance in lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik) with emphasis on comparing old and new indices of stress tolerance in order to introduce promising genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research, 10*(3). (In Persian). https://doi.org/DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.70269.

Yaqoob, M., Hollington, P. A., Mahar, A. B., & Gurmani, Z. A. (2013). Yield performance and responses studies of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under drought stress. *Emirates Journal of Food and Agriculture, 25*(2), 117–123. DOI https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i2.10655

Zare Mehrjerdi, M., Bagheri, A., Bahrami, A., Nabati, J., & Massomi, A. (2012). Evaluation of selection to drought by PEG in hydroponic condition of twelve chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research, 3*(1), 67–80. (In Persian).

Zhao, G. Q., Ma, B. L., & Ren, C. Z. (2007). Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of naked oat in response to salinity. *Crop Science, 47*(1), 123–131. doi:10.2135/cropsci2006.06.0371