

## اثر تنش خشکی بر تخصیص مواد فتوسنتزی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris L.*)

زهرا رضائی<sup>۱\*</sup> و فرهاد جباری<sup>۲</sup>

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۱۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱/۷)

### چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر تخصیص مواد فتوسنتزی گیاه لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris L.*) آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه زنجان اجرا شد. در این آزمایش، سطوح آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب و تنش خشکی بعد از گلدهی) در کرت‌های اصلی و شش ژنوتیپ لوبیاچیتی (محلی خمین، COS16، صدری، KS21193، KS21191، KS21189) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج این بررسی نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر نسبت وزن ساقه و نسبت وزن غلاف داشت. ژنوتیپ KS21191 در شرایط تنش خشکی به دلیل تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به برگ‌ها و برخورداری از وزن خشک غلاف و زیست‌توده بیشتر، از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود. در کل ژنوتیپ‌هایی که مواد فتوسنتزی کمتری به برگ‌ها و ساقه، و بیشترین مواد فتوسنتزی را به غلاف اختصاص دادند، در شرایط تنش برتری داشتند.

**واژه‌های کلیدی:** زیست‌توده، عملکرد دانه، نسبت وزن ساقه، نسبت وزن غلاف، وزن خشک غلاف.

### مقدمه

حساس است و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه‌مدت تنش خشکی کاهش می‌یابد (Majnoni, 2009). در صورت فراهمی رطوبت، رشد غلاف‌ها و بلوغ آنها در یک دوره طولانی‌تر انجام می‌گیرد و برگ‌ها آهسته‌تر پیر می‌شوند (Parsa & Bagheri, 2008). انباشت ماده خشک به‌عنوان یک صفت مهم برای حصول عملکرد زیاد در حبوبات مورد توجه است (Saxena et al., 1990). تفاوت معنی‌داری در تجمع ماده خشک بین ارقام مختلف لوبیا که تحت تنش رطوبتی متوسط تا شدید قرار داشتند، گزارش شده است (Rosales-serna et al., 2002). اغلب همبستگی قوی و مثبت بین کل ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی مشاهده شده است (Shenkut & Brick, 2003). یکی از اثرهای اولیه تنش خشکی، کاهش رشد رویشی است (Hopkins, 1999). کمبود آب خاک سبب

خشکی یکی از تنش‌های مهم غیرزیستی است که تغییرات زیادی را در خصوصیات فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه القا می‌کند (Zobayed et al., 2007). حدود ۶۰ درصد تولید لوبیا در کشورهای در حال توسعه، تحت شرایط تنش خشکی صورت می‌گیرد (Turkan et al., 2005). در ایران نیز به‌عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه با آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک، این گیاه بعد از نخود و عدس بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. به‌مین دلیل شناسایی روش‌های بهبود عملکرد این گیاه و بهره‌گیری از عوامل تولید با توجه به قرارگیری کشور در این شرایط در کنار انتخاب رقم مناسب اهمیت زیادی دارد (Kouchacki & Banayan Avval, 1994).

گیاه لوبیا به شرایط آب و خاک و کیفیت آن بسیار

می‌کنند. در ضمن نسبت فتوسنتز به تعرق نیز در ارقام مذکور بیشتر است. بنابراین، نسبت‌های بیشتر فتوسنتز به تعرق و تولید زیست‌توده بیشتر به‌ازای واحد تعرق که در نتیجه زیست‌توده کمتر برگ حاصل می‌شود، احتمالاً صفتی مطلوب برای محیط‌های خشک است (Boogard *et al.*, 1996).

هدف این تحقیق، ارزیابی نحوه توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی و ارتباط آن با عملکرد دانه در این شرایط است.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی میزان و چگونگی تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی (برگ، ساقه و غلاف) ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به خشکی لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان، در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ صورت گرفت. منطقه زنجان از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه‌خشک است (Kazemi Arbat, 1999) برخی ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

تخریب سلولی و تغییر محتوای هورمون رشد در برگ می‌شود (Nilsen & Orcutt, 1996). تنش خشکی سبب کاهش طولی شدن برگ‌ها، وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگچه، متوسط سطح برگ و فشار تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌شود. این عمل بر فرایندهای فیزیولوژیک مانند فتوسنتز، انتقال، جذب و تنفس اثر دارد و رشد را کاهش می‌دهد (Sivakumar & Shaw, 2005; Jolaei, 1978). محققان زیادی کاهش شدید انتقال نیتروژن، تولید بیوماس و بازده مصرف آب ارقام لوبیا را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Foster *et al.*, 1995; Kisman, 2003).

علاوه بر تجمع ماده خشک، تسهیم مواد پرورده بین اندام مختلف گیاه در تعیین عملکرد اقتصادی بسیار مهم است (Frahm *et al.*, 2004). تنش خشکی الگوی تخصیص مواد فتوسنتزی را نیز تغییر می‌دهد. به‌طور کلی، رشد بخش‌های هوایی و به‌ویژه برگ‌ها در مقایسه با رشد ریشه نسبت به تنش خشکی از حساسیت بیشتری برخوردار است. کاهش رشد برگ‌ها در شرایط تنش به نفع گیاه است، چراکه با کاهش سطح برگ تعرق گیاه نیز کاهش می‌یابد (Hopkins, 1999). ارقامی که برگ کمتری تولید کنند، تعرق کمتری به‌ازای سطح برگ دارند و زیست‌توده بیشتری به‌ازای مصرف هر واحد آب تولید

جدول ۱. برخی ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰

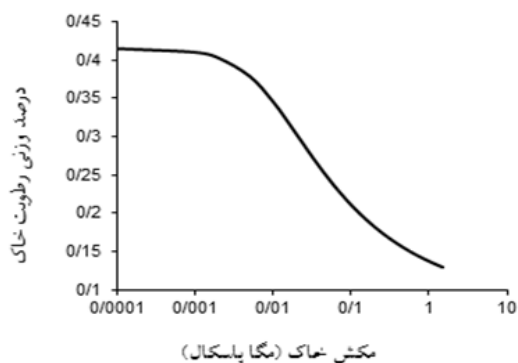
مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بارندگی کل (میلی‌متر)	۱	۸۲/۱	۱/۱	۲۶/۵	۴۵/۳	۲۱/۵	۹۴/۳	۵۵	۱۷/۷	۱/۱	۰/۲
میانگین درجه حرارت روزانه (سانتی‌گراد)	۲۳/۱	۹/۹	۷/۴	۶/۴	۲/۴	۵/۶	۱۵/۴	۲۲/۳	۲۶/۷	۳۰/۲	۳۲/۸
حداقل	۶/۴	۰/۶	-۵/۹	-۴/۶	-۷/۱	-۴/۹	۲/۶	۷/۲	۱۱/۱	۱۳/۷	۰/۸

ویژگی‌های اقلیمی منطقه، در طی دوره رشد گیاه به‌صورت اعداد برجسته در داخل جدول نشان داده شده‌اند.

خاک مزرعه آزمایش در ظرفیت زراعی، ۳۳ درصد و در نقطه پژمردگی دائم، ۱۲ درصد تعیین شد و از آنجا که کمبود مجاز مدیریتی (MAD) لوبیا ۰/۴ است (Keller & Bliesner, 1990)، مقدار رطوبت سهل‌الوصول ۱۸ تا ۲۲ درصد وزنی تعیین شد. تیمار تنش خشکی وقتی آبیاری می‌شد که پتانسیل آب خاک آن به ۱/۵- مگاپاسکال برسد. برای تعیین درصدی از رطوبت خاک که در آن پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال می‌رسید از منحنی رطوبتی خاک استفاده شد (شکل ۱).

در این آزمایش، سطوح آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب در طی فصل رشد یا شاهد و تنش خشکی) در کرت‌های اصلی و شش ژنوتیپ لوبیاچیتی (محلی خمین، COS16، صدری، KS21193، KS21191، KS21189) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تنش خشکی از مرحله گلدی (مرحله R1) اعمال شد. تیمار شاهد به‌طور تقریبی هر هفته یک‌بار آبیاری شد، به‌گونه‌ای که رطوبت خاک در محدوده رطوبت سهل‌الوصول (۱۸ تا ۲۲ درصد رطوبت وزنی) حفظ شود. با توجه به شکل ۱، درصد وزنی رطوبت

مترمربع به دست آید. عمق کاشت بذر، سه سانتی متر در نظر گرفته شد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز در سه نوبت با وجین دستی صورت گرفت. در هر واحد آزمایشی دو ردیف از پنج ردیف و نیم متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. مصرف کودهای شیمیایی بر مبنای نتایج آزمون خاک انجام گرفت.



شکل ۱. منحنی رطوبتی خاک محل اجرای آزمایش

برخی ویژگی‌های مرتبط با خاک مزرعه محل اجرای آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. برخی ویژگی‌های مرتبط با خاک محل اجرای آزمایش

K (ppm)	P (ppm)	N (%)	OC (%)	EC (ds/m)	pH	بافت خاک
۱۵۶	۸/۴	۰/۲	۱/۷۵	۱/۲	۷/۶	لوم شنی

$$SWR = \frac{SDW}{TDW} \quad (۱)$$

$$LWR = \frac{LDW}{TDW} \quad (۲)$$

$$PWR = \frac{PDW}{TDW} \quad (۳)$$

که:  $SDW$ ،  $LDW$  و  $PDW$  به ترتیب وزن خشک ساقه، برگ و نیام؛ و  $TDW$  وزن خشک کل بر حسب گرم است. برای تعیین عملکرد دانه، ده بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و عملکرد دانه آن تعیین شد. تجزیه واریانس و سایر محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS انجام پذیرفت و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت. ( $P \leq 0/05$ )

به این منظور، بعد از قطع آبیاری هر دو روز یک‌بار نمونه‌برداری از خاک صورت گرفت و درصد رطوبت وزنی تعیین شد و آبیاری تیمار تنش وقتی صورت گرفت که درصد رطوبت خاک به ۱۲ درصد (نقطه پژمردگی دائم) رسید. برای ترسیم منحنی رطوبتی خاک، نمونه‌برداری صورت گرفت و پتانسیل آب خاک در رطوبت‌های مختلف توسط آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه زنجان تعیین شد. سپس منحنی رطوبتی که ارتباط بین درصد رطوبت وزنی و مکش خاک را نشان می‌داد، ترسیم شد (شکل ۱). از بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، سه ژنوتیپ اول ارقام تجاری‌اند که در حال حاضر در سطح وسیع کشت می‌شوند. سه ژنوتیپ بعدی، نویدبخش و در حال معرفی به کشاورزان هستند. عملیات کاشت در اردیبهشت ۱۳۹۱ صورت گرفت. فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. کشت به صورت کپه‌ای صورت گرفت و در هر کپه سه بذر کاشته شد. هر کرت آزمایش شامل پنج خط ۵ متری بود. گیاهچه‌ها در مرحله پنج‌برگی تنک شدند تا در هر کپه فقط یک گیاهچه باقی بماند و تراکم ده بوته در

برای برآورد زیست‌توده و تخصیص آن بین برگ، ساقه و غلاف، از سه بوته از هر کرت در ابتدای مرحله غلاف‌دهی (مرحله R2) نمونه‌برداری شد. به این منظور، همه بوته‌ها از فاصله ۱ سانتی‌متری سطح زمین قطع شدند. در هر نمونه‌برداری گیاه پس از تفکیک به اجزای مختلف (برگ، ساقه و غلاف) به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و سپس با ترازوی حساس (AND, EK) توزین شد. آن‌گاه نسبت وزن ساقه (Stem Weight Ratio)، نسبت وزن برگ (Leaf Weight Ratio) و نسبت وزن نیام (Pod Weight Ratio) بر اساس روابط زیر محاسبه شد (Jabbari et al., 2010).

## نتایج و بحث

## وزن خشک ساقه (SDW)

نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری را از نظر وزن خشک ساقه بین سطوح تنش در سطح ۵ در صد و اثر ژنوتیپ‌ها در سطح ۱ درصد نشان داد، ولی اثر متقابل سطح تنش در ژنوتیپ معنی‌دار نشد (جدول ۳). وزن خشک ساقه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به ترتیب ۱۶/۹ و ۱۰/۷۲ گرم به‌ازای بوته بود. به‌عبارت دیگر، تنش خشکی موجب کاهش ۳۶/۶ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد. کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک ساقه خود در اثر تنش خشکی و همچنین کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک ساقه لوبیاچیتی مشاهده شده است (Nazari Nasi, 2010; Sivaramaiah *et al.*, 2007). اصولاً کاهش وزن خشک ساقه به‌دلیل کاهش فتوسنتز و در پی آن، کاهش تولید مواد غذایی توسط گیاه و از طرف دیگر کاهش دوره رشد گیاه و آغاز زودرس انتقال مجدد مواد از ساقه امری دور از انتظار نیست.

## وزن خشک برگ (LDW)

سطوح مختلف آبیاری اثر معنی‌داری بر وزن خشک برگ در سطح احتمال ۵ درصد داشت، ولی اثر

ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۳). در واقع تنش خشکی موجب کاهش ۵۲ درصدی وزن خشک برگ شد. همچنین کاهش ۳۳ درصدی در وزن خشک برگ لوبیاچیتی در اثر تنش خشکی گزارش شده است (Nazari Nasi, 2010). در بین اندام‌های گیاهی، برگ‌ها حساسیت بیشتری به تنش دارند (Hopkins, 1999). همچنین اثر متقابل سطوح تنش در ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی، وزن خشک برگ در اثر تنش خشکی کاهش یافت. در عین حال، بیشترین و کمترین کاهش به ترتیب در ژنوتیپ‌های خمین و KS21193 مشاهده شد. کاهش وزن خشک برگ در ژنوتیپ‌های محلی خمین، COS16، صدری، KS21193، KS21191 و KS21189 به ترتیب ۶۶/۵، ۵۷، ۳۶/۸، ۳۱/۷، ۵۲، ۶۰/۳ درصد بود. همچنین، بیشترین وزن خشک برگ در شرایط آبیاری مطلوب از ژنوتیپ COS16 به‌دست آمد که از این لحاظ به‌جز ژنوتیپ صدری که کمترین میزان را دارا بود، با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین میزان وزن خشک برگ در ژنوتیپ KS21193 و کمترین میزان آن در ژنوتیپ KS21189 مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۳. میانگین مربعات برخی پارامترهای مرتبط با رشد لوبیاچیتی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک غلاف
تکرار	۳	۲۸۰/۵۹*	۱۲۰/۲۴ <sup>ns</sup>	۱۶۳۰/۳۱*
سطوح آبیاری	۱	۴۶۲/۲۷*	۶۵۹/۸۶*	۳۸۴۸/۶۸*
خطای اصلی	۳	۳۰/۹۵	۴۷/۴۱	۲۶۶/۴۵
ژنوتیپ‌ها	۵	۱۸/۱۲**	۳۱/۰۵ <sup>ns</sup>	۲۱۰/۳۷ <sup>ns</sup>
سطوح آبیاری × ژنوتیپ	۵	۲۳/۳۵ <sup>ns</sup>	۱۷/۸۵**	۱۰۶/۳۷**
خطای فرعی	۳۰	۲۲/۴۲	۱۹/۳۷	۱۴۶/۱۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹/۸	۱۰/۴	۵/۵

ns، \* و \*\* نبود تفاوت معنی‌دار، و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

## وزن خشک غلاف (PDW)

در این بررسی، از نظر وزن خشک غلاف اختلاف معنی‌داری بین سطوح تنش مشاهده نشد، ولی اثر ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل سطوح تنش در ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در عین حال تنش

خشکی سبب کاهش ۳۴ درصدی وزن خشک غلاف در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب شد. همچنین کاهش ۳۲ درصدی وزن خشک غلاف لوبیاچیتی در اثر تنش خشکی گزارش شده است (Nazari Nasi, 2010). اثر متقابل سطوح آبیاری در ژنوتیپ از لحاظ وزن خشک

KS21191 و کمترین میزان آن از ژنوتیپ صدری به دست آمد که با سایر ارقام تفاوت معنی داری نداشتند. در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین و کمترین میزان زیست توده به ترتیب از ژنوتیپ‌های KS21193 و KS21189 حاصل شد که با سایر ارقام تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۵).

#### نسبت وزن ساقه (SWR)

نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی داری را بین سطوح تنش و اثر ژنوتیپ‌ها به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد نشان داد. ولی اثر متقابل سطوح تنش در ژنوتیپ معنی دار نبود (جدول ۴). نسبت وزن ساقه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به ترتیب ۸۲ و ۵۹ درصد بود. در واقع تنش خشکی موجب کاهش ۲۸ درصدی نسبت وزن ساقه شد. کاهش نسبت وزن ساقه در شرایط تنش خشکی در آزمایش‌های دیگر نیز گزارش شده است (Jabbari *et al.*, 2010). دلیل کاهش نسبت وزن ساقه در شرایط تنش خشکی این است که بخش بیشتری از مواد فتوسنتزی در شرایط تنش به اندام‌های زایشی اختصاص می‌یابد و چون بخش‌های زایشی و ساقه همواره بر سر مواد فتوسنتزی با هم رقابت می‌کنند، سهم ساقه از وزن خشک کل کمتر می‌شود.

#### نسبت وزن برگ (LWR)

تنش خشکی اثر معنی داری بر نسبت وزن برگ نداشت، ولی اثر ژنوتیپ‌ها در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۴). اثر متقابل سطوح آبیاری در ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار بود. در ژنوتیپ صدری نسبت وزن برگ در اثر تنش خشکی تحت تأثیر قرار نگرفت اما در سایر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت (جدول ۵). کاهش در نسبت وزن برگ در گیاه گندم (Jabbari *et al.*, 2010) و گیاه یونجه (Erice *et al.*, 2010) نیز در اثر تنش خشکی گزارش شده است.

با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) بیشترین نسبت وزن برگ در شرایط آبیاری مطلوب از ژنوتیپ COS16 و کمترین آن از ژنوتیپ محلی خمین به دست آمد. در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین و کمترین نسبت وزن برگ به ترتیب از ژنوتیپ‌های COS16 و KS21191 حاصل شد (جدول ۵). به نظر

غلاف معنی دار بود (جدول ۵). در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی وزن خشک غلاف کاهش یافت. کاهش وزن خشک غلاف در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های محلی خمین، COS16، صدری، KS21193، KS21191 و KS21189 به ترتیب ۳۱/۵، ۵۱/۷، ۳۸، ۴، ۲۲/۵ و ۶۳ درصد بود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، ژنوتیپ KS21193 کمترین، و ژنوتیپ KS21189 بیشترین کاهش وزن خشک نیام را در شرایط تنش به خود اختصاص دادند. همچنین، بیشترین وزن خشک غلاف در شرایط آبیاری مطلوب از ژنوتیپ KS21191 به دست آمد که به جز ژنوتیپ COS16 که کمترین میزان را داشت با سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی داری نداشت. در شرایط تنش خشکی هم بیشترین وزن خشک غلاف از ژنوتیپ KS21191 به دست آمد که به جز ژنوتیپ COS16 که کمترین میزان را در شرایط تنش نیز دارا بود با سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۵).

#### زیست توده

تنش خشکی موجب کاهش معنی دار وزن خشک زیست توده در سطح ۵ درصد شد، ولی اثر ژنوتیپ‌ها معنی دار نشد (جدول ۳). زیست توده نشان دهنده ماده خشک تجمع یافته در اندام هوایی است. در این بررسی تنش خشکی موجب کاهش ۴۱ درصدی زیست توده شد. کاهش وزن ماده خشک به دلیل کاهش رشد گیاه، بسته شدن روزنه‌ها و متعاقباً کاهش فتوسنتز و افزایش مواد بازدارنده رشد و کاهش هورمون‌ها (اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها) و پیری و ریزش برگ‌هاست (Hayat & Bhatt & Srinivasa Roa, 2005; Ahmad, 2007). همچنین کاهش ۵۰ درصدی برای زیست توده در شرایط تنش خشکی در گیاه نخود و کاهش ۴۰ درصدی در زیست توده لوبیاچیتی گزارش شده است (Nazari Nasi, 2010; Romdhane *et al.*, 2009). در ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳). تنش خشکی در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی میزان زیست توده را کاهش داد، اما کمترین کاهش زیست توده در ژنوتیپ KS21193 مشاهده شد. همچنین، در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین میزان زیست توده از ژنوتیپ

Gorka et al., 2011). از آنجا که بخش عمده‌ای از تعرق از راه برگ‌ها صورت می‌گیرد، به‌نظر می‌رسد تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به برگ که موجب کاهش تعرق می‌شود، سبب اجتناب گیاه از تنش خشکی می‌گردد (Hopkins, 1999).

می‌رسد ژنوتیپ‌هایی که از وزن خشک برگ بیشتری در مرحله زایشی برخوردارند، با تخلیه رطوبتی خاک میزان تولید دانه را کاهش می‌دهند. در بین اندام‌های گیاهی برگ‌ها حساسیت بیشتری نسبت به تنش دارند (Chartzoulakis et al., 2002).

جدول ۴. میانگین مربعات برخی پارامترهای مرتبط با رشد لوبیاچیتی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		نسبت وزن ساقه	نسبت وزن برگ	نسبت وزن غلاف
تکرار	۳	۰/۰۵*	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۳**
سطوح آبیاری	۱	۰/۵۹**	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱**
خطای اصلی	۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۲
ژنوتیپ‌ها	۵	۰/۰۶*	۰/۰۱۵*	۰/۰۳**
سطوح آبیاری × ژنوتیپ	۵	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱**	۰/۰۱ <sup>ns</sup>
خطای فرعی	۳۰	۰/۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۰/۶	۴/۸	۱۱/۹

ns و \* و \*\* نبود تفاوت معنی‌دار، و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵. مقایسه میانگین پارامترهای مربوط به تخصیص مواد فتوسنتزی و عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

تیمار	ژنوتیپ‌ها	وزن خشک برگ (g.plant <sup>-1</sup> )	وزن خشک غلاف (g.plant <sup>-1</sup> )	میانگین		
				زیست توده (g.plant <sup>-1</sup> )	نسبت وزن برگ به وزن خشک کل	
محلی خمین	۱۵/۵۶ abc	۱۰/۲۶ abcd	۴۳/۵۳ ab	۰/۳۵ abc	۱۵۲۴bc	
COS16	۱۸/۵۵ a	۸/۵۹ bcd	۴۵/۷۶ ab	۰/۴۱ a	۱۶۶۴ b	
آبیاری مطلوب	۱۰/۱۸abcde	۱۲/۲۷ abcd	۳۶/۰۶abcd	۰/۲۷ bc	۱۱۱۶ cde	
KS21193	۱۲/۶۷ abcd	۱۲/۶۶ abcd	۴۱/۷۲ abc	۰/۳۰ abc	۱۳۹۱bcd	
KS21191	۱۶/۴۴ ab	۱۷/۵۶ a	۵۳/۹۱ a	۰/۳۰ abc	۲۳۵۱ a	
KS21189	۱۲/۱۵abcde	۱۴/۲ ab	۴۱/۶۷ abc	۰/۳۰ abc	۱۶۳۵ b	
محلی خمین	۵/۲۲ ef	۷/۰۳ bcd	۱۹/۸۵ d	۰/۲۹ abc	۶۷۹ fg	
COS16	۸/۰۰۷ def	۴/۱۵ d	۲۲/۶۹ cd	۰/۳۶ ab	۶۴۷ g	
صدری	۶/۴۳ def	۷/۶۳ bcd	۲۶/۸۲ bcd	۰/۲۸ abc	۵۸۵ g	
تنش خشکی	KS21193	۸/۶۸ cdef	۱۲/۱۶ abcd	۳۳/۷۵ bcd	۰/۲۷ bc	۱۰۷۳ def
KS21191	۷/۹۱ def	۱۳/۶۰ abc	۳۳/۵۲ bcd	۰/۲۳ c	۱۲۰۳ cd	
KS21189	۴/۸۳ f	۵/۲۴ cd	۱۸/۵۵ d	۰/۲۷ bc	۷۲۷ efg	

هر ستون میانگین چهار عدد است. میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

درصدی نسبت وزن غلاف شد. بنابراین مشاهده می‌شود که گیاه لوبیا در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری مطلوب، درصد بیشتری از زیست‌توده را به غلاف اختصاص داده و تمایل به اجتناب از شرایط تنش‌زا دارد. به‌نظر می‌رسد که گیاهان مقاوم به تنش

**نسبت وزن غلاف (PWR)**

نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری را بین سطوح تنش و اثر ژنوتیپ‌ها در سطح ۱ درصد نشان داد، ولی اثر متقابل سطوح تنش در ژنوتیپ معنی‌دار نشد (جدول ۴). در کل تنش خشکی سبب افزایش ۵/۲

داشت. کمترین میزان عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب مربوط به ژنوتیپ صدری و بیشترین میزان آن در شرایط تنش خشکی مربوط به ژنوتیپ KS21191 بود که البته با ژنوتیپ‌های KS21193 و KS21189 تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان عملکرد دانه نیز در شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ صدری بود.

#### همبستگی بین صفات

ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در جدول ۶ مشاهده می‌شود. در شرایط آبیاری مطلوب عملکرد دانه با وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ و وزن خشک غلاف و وزن خشک کل و نسبت وزن ساقه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، بوته‌های درشت‌تر لوبیا، در شرایط فاریاب عملکرد بیشتری تولید می‌کنند. عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب با نسبت وزن ساقه همبستگی منفی و با وزن خشک غلاف همبستگی مثبتی نشان می‌دهد. در شرایط تنش خشکی هم وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک غلاف و وزن خشک کل و نسبت وزن غلاف همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۶). نتایج آزمایش‌های دیگر نیز مؤید این مطلب است (Nazari Nasi, 2010). به عبارت دیگر ژنوتیپ‌هایی که درصد بیشتری از وزن خشک خود را به غلاف اختصاص دهند و غلاف‌های بیشتر و سنگین‌تری داشته باشند، در شرایط تنش خشکی از عملکرد دانه بیشتری برخوردار خواهند بود. در آزمایش‌های دیگری نیز، همبستگی بالا بین عملکرد دانه با وزن خشک غلاف گزارش شده است (Habibi et al., 2008). در ضمن بین نسبت وزن ساقه و نسبت وزن برگ با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی همبستگی منفی مشاهده می‌شود (جدول ۶). همبستگی منفی معنی‌داری هم بین نسبت وزن غلاف با وزن خشک برگ و نسبت وزن ساقه و نسبت وزن برگ در شرایط تنش خشکی وجود دارد (جدول ۶). این یافته‌ها مؤید آن است که ساقه و برگ‌ها با غلاف‌ها برای دریافت مواد فتوسنتزی باهم رقابت می‌کنند و در صورتی که گیاه لوبیا دارای ساقه سنگین‌تری باشد،

خشکی با کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی برگ و ساقه و تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به غلاف‌ها قادر به تولید محصول بیشتری هستند. یک صفت مهم برای سازگاری به خشکی، ظرفیت ارقام برای توزیع مجدد اسمیلات‌های ذخیره‌شده به دانه است و ارقامی مقاوم به خشکی محسوب می‌شوند که در تولید اسمیلات‌ها و انتقال به دانه و غلاف کارآمدتر باشند (Romdhane et al., 2009). نتایج آزمایش‌های دیگر نیز بر این موضوع تأکید دارد (Jabbari et al., 2010).

#### عملکرد دانه در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح تنش در سطح ۵ درصد و اثر ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل آنها به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). عملکرد دانه در شرایط شاهد و تنش خشکی به ترتیب ۱۶۱۳/۴ و ۸۱۸/۱ کیلوگرم در هکتار بود. به عبارت دیگر اعمال تنش خشکی سبب کاهش ۴۹/۳ درصدی عملکرد دانه لوبیاجیتی نسبت به شرایط شاهد شد. میزان کاهش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های محلی خمین، COS16، صدری، KS21193، KS21191 و KS21189 به ترتیب ۵۵/۵، ۶۱، ۴۷/۵، ۲۳، ۴۹، ۵۵/۵ درصد بود. ژنوتیپ KS21193، که کمترین کاهش عملکرد را داشت، در شرایط تنش بعد از ژنوتیپ KS21191، بیشترین وزن خشک غلاف و کمترین نسبت وزن برگ را دارا بود. بیشترین میزان زیست‌توده را نیز در این شرایط دارا بود (جدول ۵)، که می‌تواند دلیل کاهش کمتر این ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها باشد. از دلایل کاهش بیشتر عملکرد دانه ژنوتیپ COS16 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، می‌توان به دارا بودن کمترین وزن خشک غلاف و بیشترین نسبت وزن برگ در شرایط تنش خشکی، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها اشاره کرد (جدول ۵). نتایج تحقیقات سایر آزمایش‌ها نیز حاکی از کاهش عملکرد دانه در گیاه لوبیا بر اثر تنش خشکی است (Munoz- Perea et al., 2006; Parida-Ramirez et al., 2005).

مقایسه میانگین اثرهای متقابل سطوح تنش و ژنوتیپ (جدول ۵) نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ KS21191 بود که با سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری

درصد کمتری از مواد فتوسنتزی را به غلاف اختصاص می‌دهد که این موجب کاهش عملکرد می‌شود. این یافته‌ها با یافته‌های محققان دیگر نیز مطابقت دارد (Jabbari et al., 2010).

جدول ۶. ضرایب همبستگی صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی (اعداد بالایی) و آبیاری مطلوب (اعداد پایینی)

PWR	LWR	SWR	TDW	PDW	LDW	SDW	
						۰/۶۰**	LDW
						۰/۸۹**	
					۰/۴*	۰/۷۷**	PDW
					۰/۴۸*	۰/۶۸**	
				۰/۹۵**	۰/۶۷**	۰/۸۳**	TDW
				۰/۸۶**	۰/۸۶**	۰/۹۲**	
			-۰/۱۴	-۰/۱۱	-۰/۱۶	۰/۱۴	SWR
			-۰/۴۵*	-۰/۳۸	-۰/۴۰	-۰/۳۸	
		۰/۰۸	-۰/۶۹**	-۰/۸۵**	۰/۲۶ <sup>ns</sup>	-۰/۴۶*	LWR
		۰/۴۳*	-۰/۰۶ <sup>ns</sup>	-۰/۵۳**	۰/۴۲*	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	
	-۱**	-۰/۸۰	۰/۶۸**	۰/۸۵**	-۰/۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۴۶*	PWR
	-۱**	۰/۳۰	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۵۳**	-۰/۴۲*	-۰/۱۶ <sup>ns</sup>	
۰/۶۴**	-۰/۶۴**	-۰/۱۵	۰/۷۶**	۰/۷۶**	۰/۴۲*	۰/۵۷**	YIELD
-۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	-۰/۵۷**	۰/۷۴**	۰/۵۴**	۰/۷۲**	۰/۷۱**	

ns، \* و \*\*: نبود تفاوت معنی‌دار، و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

### نتیجه‌گیری

فتوسنتزی کمتری به برگ‌ها اختصاص دادند که در نتیجه این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی دارای عملکرد دانه بیشتری نیز بودند. بنابراین می‌توان از این دو ژنوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب برای ارزیابی‌های تکمیلی در شرایط تنش کمبود آب استفاده کرد. ژنوتیپ صدری در شرایط تنش خشکی به‌دلیل اختصاص درصد بیشتری از وزن خشک کل به برگ‌ها (نسبت وزن برگ بیشتر) و وزن خشک غلاف کمتر نسبت به شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه کمتری در شرایط تنش خشکی داشت.

به‌طور کلی تنش خشکی موجب تغییر در تخصیص مواد فتوسنتزی می‌شود و به تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز است. با توجه به اینکه این آزمایش در یک سال زراعی انجام گرفته است، پیشنهاد می‌شود که این آزمایش در چند سال و در مناطق مختلف دیگر نیز بررسی شود.

تنش خشکی در مراحل زایشی به‌طور معنی‌داری موجب کاهش وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک غلاف، زیست‌توده، نسبت وزن ساقه، نسبت وزن برگ و عملکرد دانه گیاه زراعی لوبیاچیتی شد. کاهش عمده عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در نتیجه افت وزن خشک غلاف و وزن زیست‌توده بود. همچنین تنش خشکی به افزایش نسبت وزن غلاف منجر شد. به‌نظر می‌رسد که گیاهان مقاوم به تنش خشکی با کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی برگ و ساقه و تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به غلاف‌ها قادر به تولید محصول بیشتری هستند. در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های KS21191 و KS21193 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، بیشترین وزن خشک غلاف و زیست‌توده را دارا بودند و مواد

### REFERENCES

- Bhatt, R. M. & Srinivasa Roa, N. K. (2005). Influence of pod load on response of okra to water stress. *Indian J. Plant Physiol*, 10, 54-59.
- Boogard, R., Veneklaas, E. & Lambers, H. (1996). The association of biomass allocation with growth and water use efficiency of two *T. aestivum* cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology*, 23, 751-761.
- Chartzoulakis, K., Patakas, A., Kofidis, G., Bosabalidis, A. & Nastou, A. (2002). Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Sci. Hortic*, 95, 39-50.



4. Erice, G., Louahlia, S., Irigoyen, J. J., Sanchez-Diaz, M. & Avice, J. C. (2010). Biomass partitioning, morphology and water status of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. *J. Plant Physiol*, 167, 114-120.
5. Frahm, M. A., Rosas, J. C., Mayek-Perez, N., Lopez-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J.A. & Kelly, J. D. (2004). Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. *Euphytica*, 136(2), 223-232.
6. Foster, E. F., Pajarito, A. & AcostaGallegos, J. (1995). Moisture stress impact on N partitioning, N remobilization and N-use efficiency in beans (*Phaseolus vulgaris*). *J Agric Sci (Cambridge)*, 124, 27-37.
7. Goroka, E., Louahlia, S., Irigoyen, J. J., Sánchez-Díaz, M., Alami, I. T. & Avice, J. C. (2011). Water use efficiency, transpiration and net CO<sub>2</sub> exchange of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 72, 123-130.
8. Habibi, G. R., Bihamta, M. R., Souhani, A. R. & Dorii, H. R. (2008). A study of some morphological characteristics affecting grain yield and yield components in bean under reduced irrigation. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 39 (1), 51-62. (in Farsi)
9. Hayat, S. & Ahmad, A. (2007). Salicylic acid. A plant hormone. *Springer*, 97-99.
10. Hopkins, W. G. (1999). *Introduction to Plant Physiology*. John Wiley. New York.
11. Jabbari, F., Ahmadi, A. & Pour Yousef, M. (2010). Evaluation of relative growth rate and allocation of assimilates in resistant and susceptible wheat cultivars (*Cicer arietinum* L.) to drought stress. *Iranian Journal of Modern Agricultural Technologies*, 4(2), 41-58. (in Farsi)
12. Jolaei, M. (2005). *The effect of mild water stress on some physiological characteristics and the level of enzyme activity of anti-oxidants of different cultivars of wheat*. MSc. Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran. (in Farsi)
13. Kazemi Arbat, H. (1999). *Dryland farming*. Tabriz University Publications. Tabriz, Iran, pp 507. (in Farsi)
14. Keller, J. & Bliesner, R. D. (1990). *Sprinkler and trickle irrigation*. An avi book, Van Nostrand Reinhold, New York, pp 652.
15. Kisman, A. (2003). Effects of drought stress on growth and yield of soybean. *Sci. Phil. Term paper. Borgor Agric. Univ. (Institut Ppertanian Borgor)*.
16. Kouchacki, A. & Banayan Avval, M. (1994). *Agricultural crops*. Third Edition. Mashhad University Jihad Publications, Mashhad, Iran. (in Farsi)
17. Lak, S., Naderi, N., Siadat, S. A., Aynehband, A. & Noormohammadi, G. h. (2007). Effects of water deficiency stress on yield and nitrogen efficiency of grain corn hybrid KSC 704 at different nitrogen rates and plant population. *Iranian J. Agric. Sci. Natur, Resour*, 14(2), 63-76. (in Farsi)
18. Majnon Hosein, N. (2009). *Agronomy and Pulses Production*, 4th edition. Tehran University Jihad Publications, Tehran, Iran. (in Farsi)
19. Munoz- Perea, C.G., Teran, H., Allen, R.G., Wright, J.L., Westermann, D.T. & Singh, S.P. (2006). Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop Sci*, 46, 2111-2120.
20. Nazari Nasi, H. (2010). *Effect of drought stress on cell membrane stability, photosynthesis rate, relative water content and seed yield of pinto bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars*. M. Sc. dissertation, University of zanzjan, Zanzjan, Iran. (in Farsi)
21. Nilsen, E. T. & Orcutt, D. M. (1996). *The Physiology of plants under stress*. John Wiley & sons, New York. pp. 322-361.
22. Parida-Ramirez, J. S., Acosta-Gallegos, J. A., Acosta-Diaz, E., Mayek- Perez, N. & Kelly, J. D. (2005). Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought stressed and non-stressed dry bean genotypes. *Ann. Rep. Bean Improv. Crop*, 48, 153-175.
23. Parsa, M. & Bagheri, A. (2008). *Legumes*. Mashhad University Jihad Publications. Mashhad, Iran, pp 522. (in Farsi)
24. Richards, R. A. (1987). Physiology and the breeding of winter-grown cereals for dry areas. 133-145. In Srivestave J. P., E. Porceddu, E. Acevedo and S. Varma eds. *Drought tolerance in winter cereals*. John Wiley Press. New York.
25. Romdhane, S. B., Trabelsib, M., Elarbi, M., Lajudie, P. & Mhamdia, R. (2009). The diversity of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficiency as a source of more efficient inoculants. *Soil Biology & Biochemistry*, 41, 2568-2572.
26. Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-Lopez, C., Ortiz-Cereceres, J. & Kelly, J. D. (2002). Yield and phenological adjustment in four drought-stressed common bean cultivars. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop*, 45, 198-199.
27. Rynolds, M. P., Mujeeb-kazi, A. & Sawkins, M. (2005). Prospects for utilizing plant-adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought and salinity-prone environments. *Ann. Biol*, 146, 239-259.

28. Saxena, C. M., Silim, S. N. & Singh, B. K. (1990). Effect of supplementary irrigation during reproductive growth on winter and spring chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a Mediterranean environment. *J. Agric. Sci*, 114, 285-293.
29. Shenkut, A. A. & Brick, M. A. (2003). Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. *Euphytica*, 133(3), 339-347.
30. Sivakumar M. V. K. & Shaw, R. H. (1978). Methods of growth analysis in field grown soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Ann Bot*, 42, 213-222.
31. Sivaramaiah, N., Malik, D. K. & Sindhu, S. S. (2007). Improvement in symbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by co inoculation of *Bacillus* strains with *Mesorhizobium* sp. *Cicer. Indian Journal of Microbiology*, 47, 51-56.
32. Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F. & Koca, H. (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought- tolerant *P. acutifolius* Gray and drought- sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Sci*, 168, 223-231.
33. Zobayed, S. M. A., Afreen, F. & Kozai, T. (2007). Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. Johns wort plants under a water stress condition. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 109-116.