تنش خشکی و تاثیر آن بر برخی خصوصیات زراعی لوبیا چیتی

سیدمحسن سیدی[1*]، بهروز اسدی و نساء قره‌باغلی

[1*] استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران mohsensayyedi@yahoo.com

[2] محقق بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

[3] استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی *(Phaseolus vulgaris L.)*، آزمایشی با ۱۰ ژنوتیپ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی در سال ۱۳۹۸ در مزرعه پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین اجرا شد. آبیاری تیمارها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش تا مرحله ظهور اولین سه برگچه لوبیا به‌صورت یکسان انجام شد. در شرایط مطلوب، آبیاری در هر مرحله پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر و در شرایط تنش، آبیاری در هر مرحله پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. ژنوتیپ‌ها از نظر ویژگی‌های مورد بررسی دارای تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بودند. تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار صفات تعداد روز تا رسیدگی و عملکرد دانه شد. بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول و تنش (۳۵۸۹ و ۱۹۳۰ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS21321 و KS21247 مشاهده گردید. بیشترین مقدار شاخص تحمل به تنش مربوط به ژنوتیپ KS21321 بود. از آنجا که ژنوتیپ KS21321 دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول و بیشترین مقدار شاخص تحمل تنش بود و ژنوتیپ KS21247 که بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش، کمترین درصد کاهش عملکرد نسبت به آبیاری معمول و کمترین شاخص حساسیت به تنش را نشان داد، این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های برتر (به‌ترتیب برای شرایط بدون تنش و تنش خشکی) شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: تحمل به تنش، حساسیت به تنش، خشکی، عملکرد دانه

بیان مسئله

رشد سریع جمعیت و نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر و از طرفی محدودیت منابع آبی در دسترس، ارزش آب را به‌عنوان یک عنصر اساسی در زندگی جوامع بشری بیش از پیش روشن نموده است(بلتران و همکاران، ۲۰۲۰). ضرورت توجه به امنیت غذایی و محدودیت منابع آبی درکشور باعث گردیده که مهمترین چالش بخش کشاورزی، تولید بیشتر غذا از آب کمتر باشد(نصراله‌زاده و همکاران، ۲۰۱۷). این هدف در صورتی تحقق می‌یابد که راهکارهای مناسبی برای استفاده مؤثرتر از منابع آبی در بخش کشاورزی به کارگرفته شوند. یکی از اصولی‌ترین روش‌ها در کشاورزی برای مقابله با شرایط متغیر و نامناسب محیط کشاورزی، بهره‌گیری از ژنوتیپ‌های مقاوم در گیاهان زراعی است. لوبیا یکی از مهم‌ترین حبوبات است که ۵۰ درصد از حبوبات مصرفی در سراسر جهان را به خود اختصاص می‌دهد و با توجه به تقاضای زیاد برای منابع پروتئینی سالم‌تر، مصرف لوبیا به‌دلیل ارزش پروتئین غذایی بالای آن به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است(پتری و همکاران، ۲۰۱۵). از سوی دیگر، تولید لوبیا تا حد زیادی تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرد و خشکی منجر به کاهش تقریباً ۸۰ درصدی عملکرد جهانی لوبیا می‌شود(سینک و همکاران، ۲۰۲۲). با توجه به تأثیر منفی شدید خشکی بر لوبیا و وجود توده‌ها و ژنوتیپ‌های متعدد این گیاه، بررسی تحمل به تنش و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم در توسعه ارقام زراعی این گیاه بسیار مناسب و کارآمد خواهند بود(اسدی و همکاران، ۲۰۱۳). مطالعات متعددی تأثیر تنش خشکی بر روی ارقام مختلف لوبیا را بررسی کرده‌اند. در بررسی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیک شش رقم لوبیا چیتی، تنش خشکی اجزای عملکرد و عملکرد دانه و شاخص برداشت را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد(ضیائی‌نسب و رحمتی، ۲۰۲۲). با توجه به مجموع نکات ذکر شده و اهمیت روزافزون بحران کم آبی در بخش‌های وسیعی از کشور، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی اجرا گردید.

معرفی دستاورد

این آزمایش با ۱۰ ژنوتیپ لوبیا در قالب دو آزمایش جداگانه و در دو حالت تنش و عدم تنش خشکی(دو محیط بدون تنش و تنش خشکی) با طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین اجرا گردید که دارای موقعیت جغرافیایی با طول ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه و ارتفاع ۱۹۳۰ متری از سطح دریا است. اقلیم منطقه از نوع معتدل کوهستانی با زمستان‌های بسیار سرد و تابستان‌های معتدل تا نسبتاً گرم می‌باشد. میانگین بارندگی در این منطقه بر اساس آمار هواشناسی حدود ۳۰۰ میلی‌متر در سال است. خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۸

بافت خاک	اسیدیته	نیتروژن (%)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	ماده آلی (%)	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)
لوم رسی	۷/۵۰	۰/۰۸	۱۲/۵	۲۲۱	۰/۵۱	۱/۵

لاین‌های حاضر در این آزمایش، در بانک ژن پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین وجود داشتند. در این میان از برخی از این لاین‌ها ارقامی در سال‌های اخیر معرفی شدند که در این آزمایش رقم صدری به‌عنوان رقم حساس به تنش خشکی و ارقام غفار و کوشا به‌عنوان ارقام نسبتاً متحمل به تنش خشکی قرار گرفتند.

جدول ۲- نام ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی مورد ارزیابی

ردیف	ژنوتیپ
۱	صدری
۲	غفار
۳	کوشا
۴	KS21181
۵	KS21204
۶	KS21238
۷	KS21247
۸	KS21321
۹	KS21456
۱۰	KS21488

جهت آماده سازی بستر کشت، در پاییز سال قبل شخم برگردان‌دار صورت گرفت و در بهار به‌منظور آماده‌سازی زمین خاک‌ورزی ثانویه شامل دیسک و لولر اجرا گردید. عناصر غذائی بر اساس آزمون خاک که در حدود ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص(نیمی در زمان کشت و نصف دیگر در مرحله ۶-۸ برگی بوته‌ها)، ۵۰ کیلوگرم فسفر و ۵۰ کیلوگرم پتاسیم خالص(قبل از کاشت) به زمین داده شدند. برای کنترل علف‌های هرز قبل از کاشت از علف‌کش پیش‌کاشت تریفلورالین به میزان یک و نیم لیتر در هکتار استفاده شد. کشت به‌صورت ردیفی روی پشته‌های ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر انجام گردید. بذر هر یک از ژنوتیپ‌ها بر روی سه خط به طول سه متر کاشته و فواصل بوته‌ها در روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری تیمارها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش تا مرحله استقرار کامل گیاهچه به‌صورت یکسان انجام شد. در شرایط مطلوب، آبیاری در هر مرحله پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر و در شرایط تنش، آبیاری در هر مرحله پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. در هر مرحله آبیاری در دو شرایط و بر اساس زمان و دبی ثابت، حجم آب مصرفی برابر بود. آبیاری در هر دو محیط تا مرحله برداشت لوبیا ادامه داشت. میزان آب مصرفی در شرایط مطلوب بطور میانگین در لاین‌های مختلف حدود ۷۰۰۰ مترمکعب بود و این درخالی بود که این میزان در شرایط تنش به حدود ۴۰۰۰ مترمکعب رسید. در طول رشد و نمو گیاهان، ارزیابی صفات مورد بررسی به‌طور دقیق صورت پذیرفت. برای تعیین عملکرد دانه، بوته‌های هر واحد آزمایشی در زمان رسیدگی کامل برداشت و پس از خشک شدن در هوای آزاد، کوبیده و توزین شدند. شاخص‌های تحمل به تنش بر اساس عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، مطابق جدول ۳ محاسبه شدند.

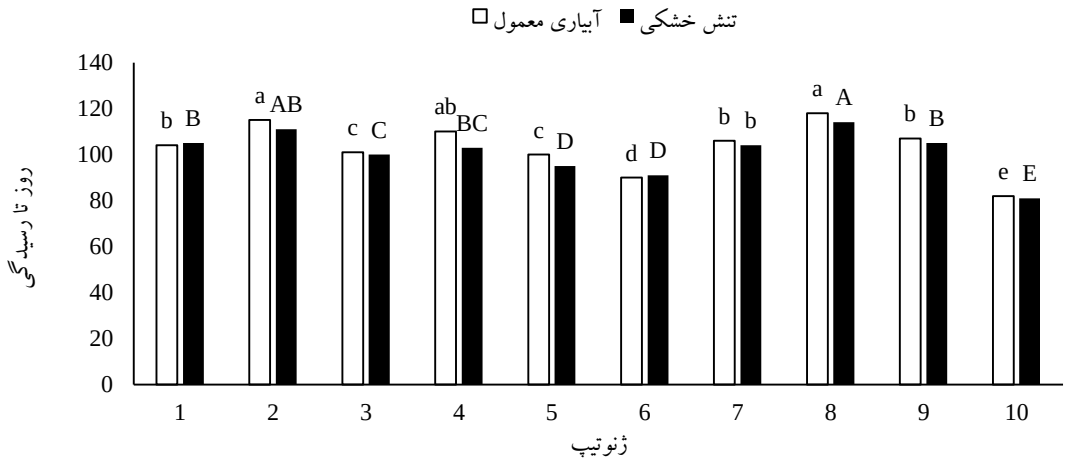
جدول ۳- شاخص‌های ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه لوبیا چیتی		
شاخص	معادله	منبع
شاخص تحمل به تنش	$STI = [Y_P * Y_S] \div [\overline{Y_p} * \overline{Y_s}]$	(Fernandez, 1992)
حساسیت به تنش	$SSI = [1-(Y_S/Y_P)] / [1- \overline{Y_s}/\overline{Y_p})]$	(Fischer and Maurer, 1978)
در روابط بالا Y_S، Y_P، $\overline{Y_S}$ و $\overline{Y_P}$ به‌ترتیب عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش برای هر ژنوتیپ و میانگین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش برای کلیه ژنوتیپ‌ها است.		

تجزیه واریانس داده‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 انجام گردید. مقایسات میانگین نیز بر اساس آزمون LSD و سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

یکی از مهمترین راه‌های عدم برخورد با تنش و اجتناب از آن زودرسی در محصولات زراعی مختلف است. نتایج مطالعه نشان داد که کمترین و بیشترین مقدار روز تا رسیدگی(۸۲ و ۱۱۸ روز) در شرایط آبیاری معمول به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های KS21488 و KS21321 تعلق داشت. در شرایط تنش خشکی کمترین و بیشترین مقدار روز تا رسیدگی(۸۱ و ۱۱۴ روز) به‌ترتیب در ژنوتیپ KS21488 و رقم صدری ثبت گردید. با توجه به میل طبیعی گیاهان برای بقا و ادامه نسل، گیاهان در مواجه با تنش‌های محیطی مختلف تمایل دارند که دوره رشدی خود را زودتر به پایان برسانند (مک نیکول و همکاران، ۲۰۲۳). در این مطالعه نیز تنش خشکی باعث کاهش تعداد روزهای رسیدن به رسیدگی لوبیا شد. در شرایط آبیاری معمول بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه (۳۵۸۸/۹ و ۱۷۵۱/۹ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS21321 و KS21238 مشاهده شد. در شرایط تنش نیز بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه (۱۹۳۰ و ۸۶۷ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS21247 و KS21204 حاصل شد(شکل۱). عملکرد دانه مبتنی بر تفاوت‌های ژنوتیپی برای مقاومت به خشکی در لوبیا گزارش شده است (اسدی و همکاران، ۲۰۱۳؛ صالحی، ۲۰۱۵). با بررسی آبیاری محدود بر روند رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاچیتی مشخص شد که با تشدید کمبود آب، عملکرد دانه به‌طور چشمگیری کاهش یافت(اسدی و سیدی، ۲۰۲۲؛ سیدی و اسدی، ۲۰۲۲). در مطالعه‌ای با بررسی تنش خشکی در لوبیاچیتی گزارش شد که زیست توده، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و شاخص برداشت با افزایش تنش کاهش یافتند(بیات و همکاران، ۲۰۰۸). پژوهشگران نشان دادند که تنش در مرحله زایشی سبب کاهش عملکرد دانه لوبیا شد(سگال و همکاران، ۲۰۱۸). علت تفاوت عملکرد دانه ارقام در شرایط تنش بیشتر ناشی از مقاومت در توزیع مواد خشک در شرایط تنش است(پولانیا و همکاران، ۲۰۱۶). در بیشتر ژنوتیپ‌ها گیاه برای مقابله با شرایط نامساعد سعی در افزایش مواد پرورده برای ریشه دارد، بنابراین مواد فتوسنتزی کمتری در اختیار بخش زایشی قرار می‌دهد و به این صورت عملکرد دانه در لوبیا و دیگر گیاهان زراعی کاهش می‌یابد ولی این میزان در ژنوتیپ‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد و به همین دلیل امکان دارد ژنوتیپی در شرایط معمول عملکرد مناسبی داشته باشد ولی در شرایط تنش قادر به بازسازی مطلوب نباشد و افت عملکرد زیادی نشان دهد(صالحی، ۲۰۱۵). در شرایط آبیاری معمول نسبت به شرایط تنش خشکی، کمترین و بیشترین درصد کاهش عملکرد به میزان(۳۶/۰ و ۶۱/۱ درصد) به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های KS21247 و KS21204 بود (شکل۲). به نظر می‌رسد افزایش خشکی به لحاظ صرف انرژی در حفظ پتانسیل آب گیاه منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود.

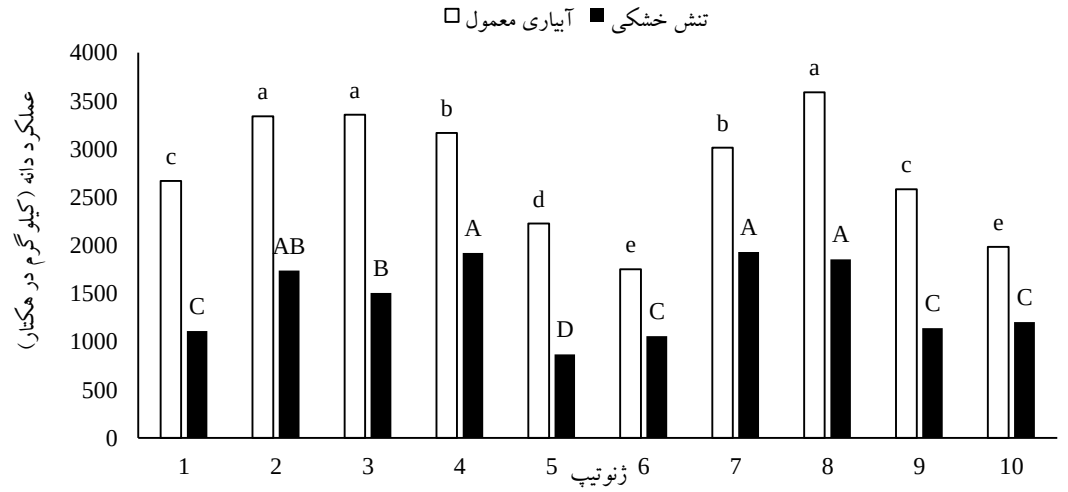
در این میان ارقام و ژنوتیپ‌هایی از گیاهان زراعی مختلف که دارای قدرت تحمل و یا مقابله بهتری در برابر تنش هستند کمتر دچار کاهش عملکرد می‌گردند(صالحی، ۲۰۱۵).

بیشترین و کمترین مقدار شاخص تحمل به تنش(۱/۰ و ۰/۲۸) به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS21321 و KS21238 مشاهده شدند. بیشترین و کمترین شاخص حساسیت به تنش(۱/۳ و ۰/۷۶) نیز متعلق به ژنوتیپ‌های KS21204 و KS21247 بود. بهترین شاخص‌ها آن‌هایی هستند که منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط می‌شوند(اصغری‌گلستانی و همکاران، ۲۰۱۸). در گزارشی نیز شاخص حساسیت به تنش به‌عنوان یکی از بهترین شاخص‌ها جهت معرفی ژنوتیپ‌های حساس و نیز متحمل به تنش خشکی در شرایط مطلوب و دارای تنش عنوان شد(طهماسبی و همکاران، ۲۰۱۹). براساس این نتایج در این مطالعه سعی شد تا بهترین ژنوتیپ‌های مورد بررسی لوبیا انتخاب و برای کارهای اصلاحی و توسعه ارقام پایدار مورد استفاده قرار گیرد.



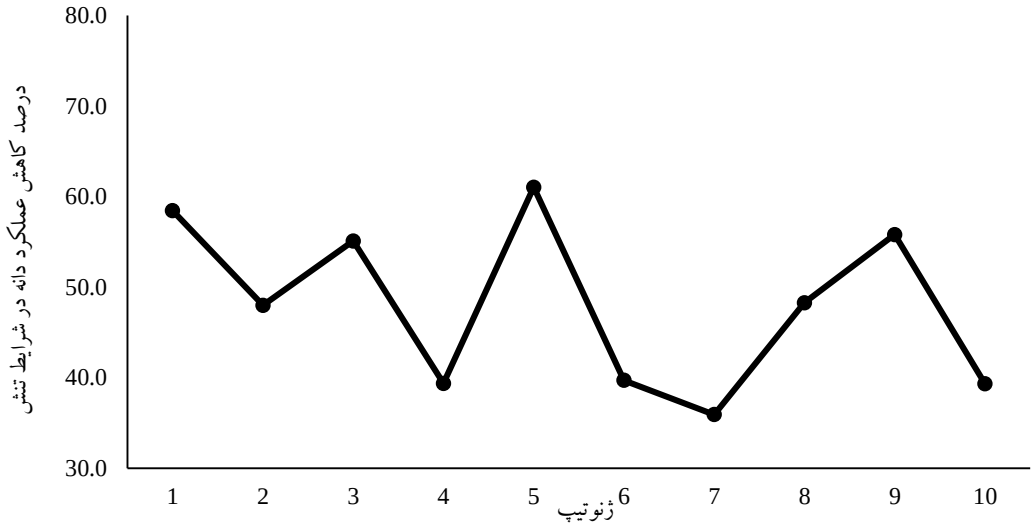
شکل ۱- مقادیر روز تا رسیدگی ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی

اسامی ژنوتیپ ها در جدول ۲ ارائه شده است.



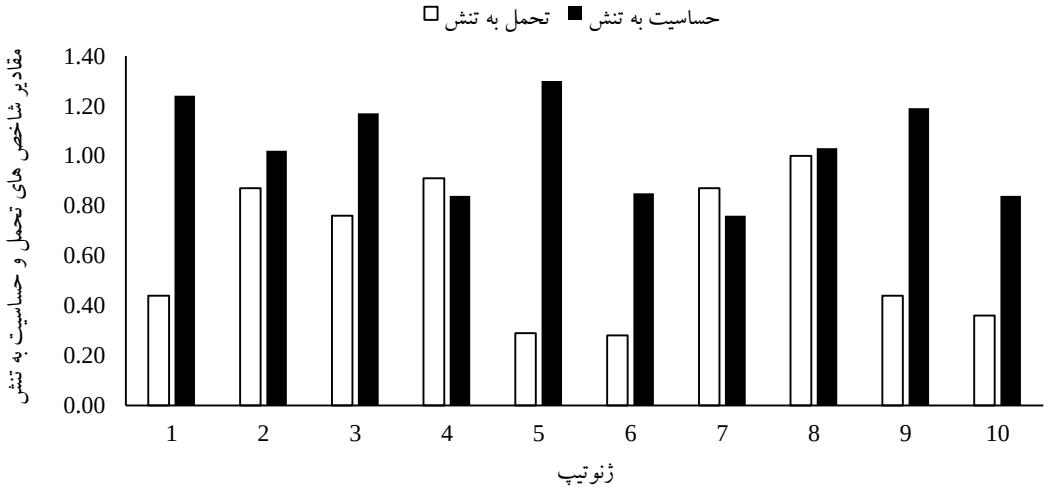
شکل ۲- مقادیر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی

اسامی ژنوتیپ‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۳- مقادیر درصد کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری معمول

اسامی ژنوتیپ ها در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۴- مقادیر شاخص‌های تحمل به تنش و حساسیت به تنش (خشکی)

اسامی ژنوتیپ ها در جدول ۲ ارائه شده است.

توصیه ترویجی

لوبیا گیاهی با مصرف بالای آب بوده و به شرایط تنش آب حساس است و عملکرد این گیاه حتی در دوره های کوتاه تنش آب صدمه می‌بیند. لذا با توجه به محدودیت آب و سطح زیر کشت لوبیا در کشور باید در نظر داشت که رشد گیاه و تولید محصول در رابطه مستقیم با تنش آبی گیاه هستند. تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در جهان می‌باشد و متداول‌ترین تنشی است که بخش بیشتری از اراضی جهان را تهدید و باعث کاهش محصولات مختلف می‌شود. یکی از روش‌های کاربردی و آسان برای کاهش اثرات منفی تنش خشکی در گیاهان زراعی مختلف استفاده از ارقام اصلاحی مقاوم می-باشد. همچنین استفاده از ارقامی که توانایی زودرسی مناسبی دارند می‌تواند در مصرف آب به کشاورزان کمک شایانی کند. در

لوبیا قرمز رقم افق در سال‌های اخیر در پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین معرفی شده‌است که کمتر از ۸۰ روز به رسیدگی برداشت خود می‌رسد. در لوبیاچیتی تحقیقات مشابهی انجام می‌شود تا ارقام زودرس معرفی گردند. در این پژوهش سعی در شناسایی و ارزیابی برخی ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی در برابر تنش خشکی شد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که از نظر تحمل به خشکی بین ژنوتیپ‌های لوبیای مورد بررسی تفاوت وجود داشت. تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار صفات تعداد روز تا رسیدگی و عملکرد دانه شد. بر اساس نتایج این مطالعه از آنجا که ژنوتیپ KS21321 دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول و بیشترین شاخص تحمل بود و ژنوتیپKS21247 نیز در شرایط تنش بیشترین میزان عملکرد دانه و کمترین مقادیر درصد کاهش عملکرد در شرایط آبیاری معمول نسبت به شرایط تنش خشکی و کمترین شاخص حساسیت به تنش را نشان داد، می‌توان این دو ژنوتیپ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی نمود. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌تواند در اجرای برنامه‌های اصلاحی برای توسعه ارقام پایدار، مفید و ارزشمند باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاران پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا خمین در اجرای این آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

1. Asadi, B. and Seyedi, S. M. 2022. Evaluation of drought stress indices in Chitti bean genotypes. Environmental Stresses in Crop Sciences, 15(4), pp. 1161-1167. DOI:10.22077/escs.2021.4180.1983.

2. Asadi, B., Ghadiri, A. and Asteraki, H. 2013. Evaluation of drought stress tolerance indices in Chitti bean genotypes. pp. 334-337.The 5th Iranian Pulse Crops Symposium. Karaj, Iran.

3. Asgari Golestani, A.R., Ramazanpoor, S.S., Borzouei, A., Soltaloo, H. and Navabpoor, S. 2018. Evaluation of salinity tolerance of the fifth generation (M5) of bread wheat lines using some indices of stress tolerance. Journal of crop production. 11 (2), pp. 35-49.

4. Bayat, A.A., Sepehri, A., Ahmadvand, G. and Dorri, H.R. 2008. Effect of limited water stress on yield and yield components in Chitti bean. 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj. pp 468.

5. Beltran-Pea, A., Rosa, L. and D'Odorico, P. 2020. Global food self-sufficiency in the 21st century under sustainable intensification of agriculture. Environmental Research Letters 15(9). DOI:10.1088/1748-9326/ab9388

6. McNichol, B. H. and Sabrina, E. R. 2023. Plant Species Capacity for Range Shifts at the Habitat and Geographic Scales: A Trade-Off-Based Framework. *Plants*. 12(6), pp. 1248. DOI:10.3390/plants12061248

7. Nasrollahzadeh Asl, V., Shiri, M.R., Moharam Nejad, S., Yusefi, M. and Baghbani, F. 2017. Effect of drought tension on agronomy and biochemical traits of three maize hybrids (Zea mays L.). Crop Physiology Journal, 8 (32), pp. 45-60.

8. Petry, N., Boy. E., Wirth, J.P and Hurrell, R.F. 2015. Review: The potential of the common Bean (Phaseolus vulgaris) as a vehicle for Iron Biofortification. Nutrients. 7(2), pp.1144-73. DOI: 10.3390/nu7021144

9. Polania, J.A., Poschenrieder, C., Beebe, S. and Rao, I.M. 2016. Effective Use of Water and Increased Dry Matter Partitioned to Grain Contribute to Yield of Common Bean Improved for Drought Resistance. Front. Plant Sci. 7. PP.660. DOI: 10.3389/fpls.2016.00660

10. Salehi, F. 2015a. Principles of breeding and cultivation of common bean. Agricultural and Natural Resources Research Education Publication. 265 pp.

11. Salehi, F. 2015b. Abiotic stresses in common bean cultivation. Agricultural and Natural Resources Research Education Publication. 80 pp.

12. Sehgal, A., Sita, K., Siddique, K.H.M., Kumar, R., Bhogireddy, S. and Varshney, R.K., Hanumantha Rao, B., Nair, R.M., Prasad, P.V.V. and Nayyar, H. 2018. Drought or/and Heat-Stress Effects on Seed Filling in Food Crops: Impacts on Functional Biochemistry, Seed Yields, and Nutritional Quality. Front Plant Science. 9 pp.1705. DOI: 10.3389/fpls.2018.01705

13. Seyedi, S. M. and Asadi, B. 2022. Evaluation and Comparison of Chitti bean Genotypes under Drought Stress Conditions. Journal of Crop Breeding. 14 (41), pp. 119-128.

14. Singh, A., Lehner, I. and Schob, C. 2022. Effect of drought on bean yield is mediated by intraspecific variation in crop mixtures. Frontiers in Plant Science. 13, pp. 813417. DOI: 10.3389/fpls.2022.813417

15. Tahmasebi, Z. and Mohammadi dehbalaee, H. 2019. Evaluation of black bean genotypes (Phaseolus vulgaris L.) under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 12(1), pp. 197-207. DOI: 10.22077/escs.2018.1223.1249

16. Ziaei Nasab, M. and Rahmati Mansour Abad, A. 2023. Evaluation of yield and yield components of different varieties of Chitti beans (Phaseolus vulgaris L.) under water stress conditions. Journal of plant production. 12(2), pp.1-16. DOI:10.2./jpps.2023.698775