

نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی

(۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان)

9th National and 1st International Conference of Plant Physiology

(Jan. 31-Feb.2, 2026, University of Guilan, Rasht, Iran)

ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی به کمبود روی با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش

سجاد بیات^۱، عزت‌اله اسفندیاری^{۱*} و علی‌اکبر اسدی^۲

^۱ گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، esfand1977@yahoo.com

^۲ بخش غلات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، زنجان

چکیده

جذب روی در خاک‌های آهکی محدود بوده و کمبود آن عملکرد را کاهش می‌دهد. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به کمبود روی از روش‌های رفع این چالش است. در این بررسی، از شاخص‌های تحمل به تنش نظیر میانگین بهره‌وری و مقدار تابع عضویت جهت ارزیابی تحمل به کمبود روی ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی استفاده شد. بدین منظور آزمایشی در دانشگاه زنجان به صورت آگمنت اجرا گردید. برای بررسی تفاوت بین ۲۹ ژنوتیپ لوبیا چیتی، دو سطح روی (شاهد و محلول‌پاشی با غلظت یک در هزار) لحاظ شد. برای محاسبه پارامترهای مدنظر بویژه شاخص MFV، از داده‌های عملکرد دانه در واکنش به کمبود و محلول‌پاشی روی استفاده شد. عدم معنی‌داری بلوک‌ها بیانگر یکنواختی زمین آزمایشی بود. آزمون T نشان داد، کمبود و محلول‌پاشی روی بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت. با مصرف روی، عملکرد دانه در همه ژنوتیپ‌ها به‌طور میانگین ۲۹/۸۴ درصد افزایش یافت. براساس معیارها، ژنوتیپ‌ها به پنج گروه تفکیک شد. بیشترین MP متعلق به ژنوتیپ KS-21567 (۳۶۷ گرم بر مترمربع) بود که ZE آن برابر ۸۵/۵۹ درصد می‌باشد. کمترین MP (۲۳۰ گرم بر مترمربع) در ژنوتیپ KBC-22138 با کارایی روی ۷۷/۳۲ درصد به‌دست آمد. سرانجام با شناسایی ژنوتیپ‌های روی‌کارا و دارای پتانسیل عملکرد بالا، توسعه ارقام مطلوب در برنامه‌های به‌نژادی، امکان‌پذیر بوده و می‌توان گفت شاخص‌های MFV و MP در جداسازی و دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها قابل استفاده می‌باشد.

کلمات کلیدی: خاک آهکی، شاخص تحمل به تنش، کمبود روی، میانگین بهره‌وری تولید، میانگین هندسی تولید.

۱. مقدمه

حبوبات و لوبیا با داشتن حدود ۲۵ و ۶۰ درصد به‌ترتیب پروتئین و کربوهیدرات نقش مهمی در تغذیه و تأمین نیازهای انسان داشته و جایگزین مناسبی برای پروتئین حیوانی به‌خصوص در اقشار کم‌درآمد و آسیب‌پذیر می‌باشد (بیات و اسفندیاری، ۱۴۰۳). تنش‌های محیطی از جمله کمبود روی فاکتور کاهنده عملکرد می‌باشد. ۶۰ درصد خاک‌های کشور به درجات مختلف کمبود روی مبتلا بوده که آهکی بودن خاک، پائین بودن رطوبت و ماده آلی خاک از عوامل بروز کمبود روی است. لوبیا به کمبود روی حساس بوده و حد بحرانی آن حدود یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. روی کوفاکتور آنزیم‌های کربونیک آنهیدراز، دهیدروژنازها، آلدولازها، پلی‌مرازها است. همچنین، در متابولیسم پروتئین‌ها، قندها و اسیدهای نوکلئیک نقش داشته و برای بیوسنتز اکسین و اسیدهای آمینه مانند سیستئین، هیستیدین و تریپتوفان و در محافظت از غشاها ضروری است (Marschner, 2012). عملکرد مهمترین فاکتور ارزیابی بوده که تابع شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی و برهمکنش آن‌هاست. کوددهی روی به‌دلیل مشکلات اقتصادی، جذب کم در خاک آهکی، مسائل زیست‌محیطی و آلودگی خاک، راهکار مناسبی نمی‌باشد. لذا، محققین شناسایی و کشت ارقام متحمل به کمبود روی را راهکار بهتری دانسته و با استفاده از شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) مانند شاخص‌های تحمل (TOL) و میانگین بهره‌وری تولید (MP)، میانگین هندسی تولید (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و کارایی روی (ZE) ژنوتیپ‌ها را ارزیابی می‌کنند. در آزمایشات متعدد، درصد افزایش عملکرد دانه در ارقام با کارایی روی کمتر، بیشتر بود و بالعکس (بیگی و همکاران، ۱۳۹۱). Fernandez (1992) با لحاظ نمودن شاخص تحمل، میانگین بهره‌وری تولید و

نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی

(۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان)

9th National and 1st International Conference of Plant Physiology

(Jan. 31-Feb.2, 2026, University of Guilan, Rasht, Iran)

عملکرد دانه جو در شرایط تنش و بدون تنش، ژنوتیپ‌ها را در دسته‌های (A) ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط از نظر عملکرد برتری نسبی داشته و عملکرد بالایی تولید می‌کنند، (B) ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط بدون تنش عملکرد بالایی دارند، (C) ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش عملکرد نسبی بالاتری دارند و (D) ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش و بدون تنش عملکرد کمی دارند، گروه‌بندی کرد. لذا، هدف این تحقیق، ارزیابی لاین‌های لوبیا چیتی و بررسی پاسخ آن‌ها در خاک آهکی به کمبود روی به منظور شناسایی لاین‌های برتر جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی با استفاده از شاخص‌های ارزیابی در شرایط تنش و شاخص روی کارایی بود.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد دانه و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به کمبود روی، ۲۹ ژنوتیپ لوبیا چیتی (جدول ۳) به‌صورت آگمنت در دانشگاه زنجان مطالعه شد. فاصله بوته‌ها روی و بین خطوط به‌ترتیب ۵ و ۶۰ سانتی‌متر بود. ۱۰ بلوک برای تشخیص یکنواختی زمین لحاظ شد. در هر بلوک، ۵ ژنوتیپ به‌همراه ارقام لوبیا (خمین، کوشا، صدری و غفار) به عنوان شاهد استقرار یافت. پنج بلوک اول با غلظت یک در هزار سولفات روی (در مراحل قبل، همزمان و بعد از گل‌دهی) محلول‌پاشی شد. بلوک‌های شاهد با آب محلول‌پاشی گشت. عدم معنی‌داری بلوک‌ها به‌منزله یکنواختی آزمایش بود. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک با انتخاب تصادفی پنج بوته از هر خط کشت، عملکرد دانه در هر دو شرایط کمبود و محلول‌پاشی روی اندازه‌گیری شد. سپس، کارایی روی و شاخص‌های کارایی ارقام لوبیا چیتی، شاخص تحمل، متوسط تولید یا میانگین حسابی عملکرد، شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل به تنش، میانگین هندسی تولید و مقدار تابع عضویت محاسبه شد. جهت بررسی معنی‌دار بودن اختلاف میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط کمبود و کفایت روی، دو گروه تشکیل شد. گروه اول شامل میانگین عملکرد هر یک از ژنوتیپ‌ها در شرایط کمبود روی و گروه دوم دربرگیرنده میانگین عملکرد هر کدام از ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط محلول‌پاشی بودند. میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در هر گروه یک تکرار لحاظ شد. سپس، دو گروه با استفاده از T-Test ارزیابی گردید. با لحاظ نمودن هر بوته به‌عنوان یک تکرار، عملکرد دانه در شرایط کمبود و کفایت روی و همچنین اعداد حاصل از معادلات موجود برای ۲۹ نمونه لوبیا چیتی در پنج تکرار در طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شد. در صورت معنی‌دار بودن نتایج تجزیه واریانس، میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج ارقام شاهد، عدم معنی‌داری بلوک‌ها بیانگر یکنواختی زمین و عدم نیاز به تصحیح بلوک‌ها است (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط کمبود و محلول‌پاشی روی نشان داد، کاربرد روی بر عملکرد اثرگذار است (جدول ۲). مصرف روی، عملکرد دانه را در همه ژنوتیپ‌ها، متوسط ۲۹/۸۴ درصد افزایش داد (جدول ۳). بیشترین افزایش در ژنوتیپ غیر روی‌کارای KS-21551 بود (جدول ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس ارقام شاهد (خمین، کوشا، صدری و غفار) در طرح آگمنت برای تشخیص یکنواختی بلوک‌ها

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		بلوک‌های محلول‌پاشی سولفات روی (بلوک ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵)	بلوک‌های عدم محلول‌پاشی سولفات روی (بلوک ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰)
تکرار یا بلوک	۴	۳۸۸/۵۱ ^{ns}	۱۳۳۳۳/۷۸ ^{ns}
تیمار	۳	۱۲۹۶۱/۸۶ ^{**}	۶۶۰۸۲/۴۴ ^{**}
اشتباه آزمایش	۱۲	۲۹۶/۱۶	۶۹۷۴/۰۶
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۲۶	۲۳/۴۶

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهند.

نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی

(۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان)

9th National and 1st International Conference of Plant Physiology

(Jan. 31-Feb.2, 2026, University of Guilan, Rasht, Iran)

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه در کاربرد و عدم کاربرد روی ۲۹ ژنوتیپ لوبیا چیتی با آزمون T

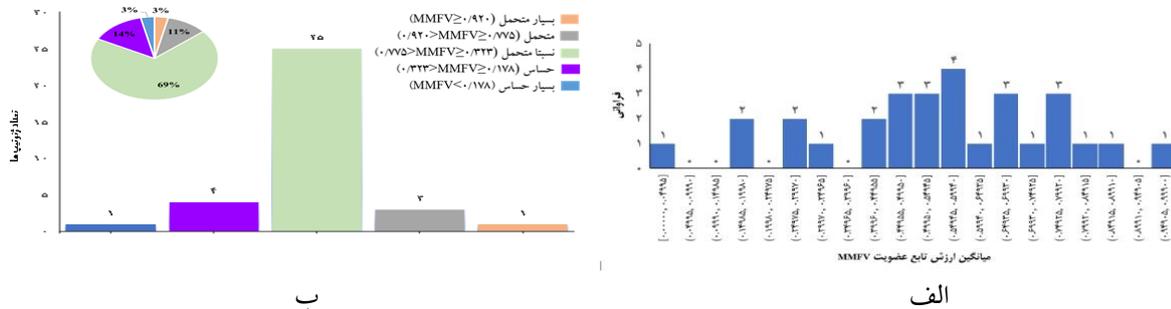
پارامتر	عدد آماره T	میانگین -Zn	میانگین +Zn	مقادیر افزایش یا کاهش (g/m ²)
میانگین عملکرد دانه (g/m)	-۵/۴۱ ^{**}	۲۶۵/۴	۳۴۴/۶	+۷۹/۲

** بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد است.

میانگین ارزش تابع عضویت برای ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از ۰/۹۹۹ تا ۰/۰۰۰ متغیر بود (شکل ۱، الف). از نظر تحمل به کمبود روی ارقام و ژنوتیپ‌ها توسط میانگین MFV و انحراف معیار در پنج گروه دسته‌بندی شد (شکل ۱، ب). طبق معیارهای ارزیابی میانگین MFV، ژنوتیپ‌های لوبیا به بسیار متحمل، متحمل، نسبتاً متحمل، حساس و بسیار حساس تفکیک شد (شکل ۱، ب). همچنین، پنج گروه و گروه‌بندی حاصل از MMFV مشمول دو شاخص ZE و SSI نیز می‌شود (شکل ۲). براساس همسان بودن میانگین ارزش تابع عضویت با روی کارایی، در طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها طبق شاخص ZE، گروه‌های حاصل از MMFV با روی کارایی ژنوتیپ‌ها تطبیق داده شد که در پنج گروه قرار گرفتند (شکل ۲). بعلاوه، واکنش ژنوتیپ‌های کم روی کارا به اضافه کردن کود روی بیشتر بود، که این موضوع در شاخص تحمل نمایان است (شکل ۶).

شاخص‌های پتانسیل تولید STI، MP و GMP

ارزیابی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌های STI، MP و GMP نتایج مشابهی داشت (شکل ۴). در این بررسی، دو گروه ژنوتیپ دارای شاخص‌های پتانسیل تولید بالاتر و پایین‌تر از متوسط کل به دست آمد. بیشترین و کمترین میزان شاخص‌های تحمل به تنش، متوسط تولید و میانگین هندسی تولید، به ترتیب متعلق به رقم صدری و ژنوتیپ KBC-22138 بود (شکل ۴).



شکل ۱- نمودار توزیع فراوانی میانگین ارزش تابع عضویت (MMFV) ژنوتیپ‌ها و ارقام لوبیا چیتی براساس شاخص تحمل به تنش کمبود روی (الف)، طبقه بندی ژنوتیپ‌های لوبیا طبق واکنش به تنش کمبود روی با استفاده از میانگین و انحراف معیار MMFV.

طبق گروه‌بندی Fernandez (1992)، ژنوتیپ‌هایی مثل صدری، COS-16 و KS-21500 در گروه A قرار گرفتند. TOL این‌ها بزرگتر از ۱۵/۷۴ و دارای MP و YS بالاتر از میانگین کل بودند (شکل ۶). KS-21566 در گروه B قرار گرفت. ژنوتیپ‌هایی نظیر KS-21538 و KS-221565 که TOL در گروه C جای یافت. خمین، KBC-22136، کوشا، غفار و -22138 KBC جزو گروه D محسوب شد (جدول ۴). اضافه شدن عملکرد، اثر مثبت عنصر روی بر فرآیندهای متابولیسمی نظیر بیوسنتز کربوهیدرات‌ها و کارآمدی انواع سیستم‌های آنزیمی است که تنش‌های فیزیولوژیک کاهش یافته و به دلیل تسهیم بهتر مواد فتوسنتزی به بخش‌های گوناگون گیاه عملکرد دانه بهبود می‌یابد (بیگی و همکاران، ۱۳۹۱، بیات و همکاران، ۱۴۰۱).

در همه ژنوتیپ‌ها منشأ تغییرات متوسط تولید، YS و YP بود. اثر YP بر ارتقاء MP در ارقام کم روی کارآ بیش از YS است. در ژنوتیپ‌هایی که بالا بودن میزان MP آن‌ها غالباً تابع YP بود، مقادیر شاخص‌های ZE و MMFV کاهش نشان داد اما، TOL و SSI افزایش یافت مثل ژنوتیپ KS-21551. این ژنوتیپ‌ها کارایی روی و تحمل به تنش کمی دارند که توسط بیگی و همکاران (۱۳۹۱) افزایش بیشتر عملکرد در ارقام کم روی کارا گزارش شده است و بالعکس. جهت ارزیابی تحمل به تنش گیاهان، مقدار تابع عضویت (MFV) به‌عنوان روش ساده و قابل اعتماد استفاده می‌گردد و که کاهش زمان غربال‌گری را در پی دارد. در

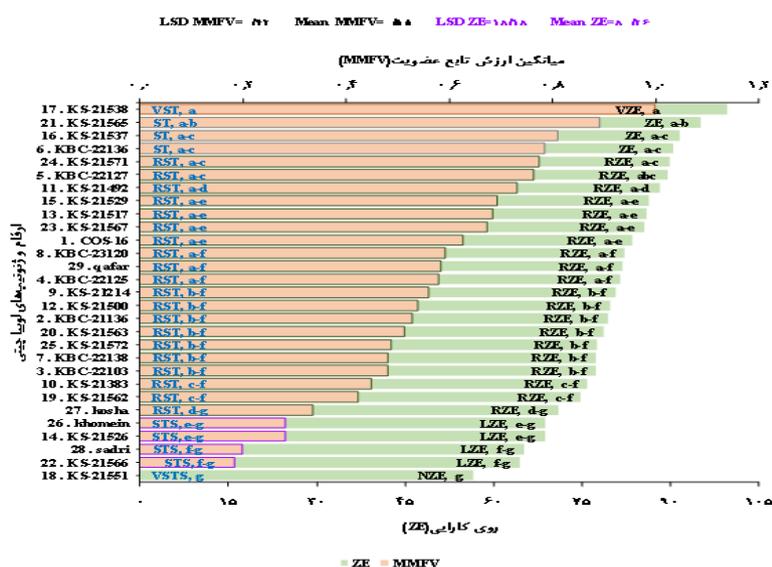
نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی

(۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان)

9th National and 1st International Conference of Plant Physiology

(Jan. 31-Feb.2, 2026, University of Guilan, Rasht, Iran)

رتبه‌بندی براساس شاخص‌های تحمل به تنش که بر پایه میانگین ارزش تابع عضویت صورت گرفت به دلیل همبستگی بسیار بالا، نتایج طبقه‌بندی در همه شاخص‌های گروه اول (SSI و ZE, TOL, MMFV) غالباً منطبق و یکسان بود. در نتیجه، پنج گروه ژنوتیپ لویا چیتی از بسیار متحمل تا خیلی حساس به تنش، همچنین از بسیار روی کارا تا غیر روی کارا، شناسایی شدند (شکل ۳). نتایج حاصل توانایی تجزیه تابع عضویت در تفکیک رفتار ژنوتیپ‌ها به تنش را تأیید نمود. در شناسایی ژنوتیپ‌ها از نظر پتانسیل عملکرد به وسیله شاخص‌های گروه دوم (GMP و MP, STI)، دو تیپ ژنوتیپ مشخص شد. اولین و دومین گروه عملکردی شامل ژنوتیپ‌هایی بود که دارای میانگین بهره‌وری تولید (MP) بالاتر و پایین‌تر از متوسط است (شکل ۴).



شکل ۲- مقایسه مقادیر میانگین شاخص روی کارایی (ZE) و میانگین ارزش تابع عضویت (MMFV) در ارقام و ژنوتیپ‌های لویا چیتی.

VZE: بسیار روی کارا (بیش از ۹۹ درصد)، ZE: روی کارا (بین ۹۰ تا ۹۹ درصد)، RZE: نسبتاً روی کارا (بین ۷۰ تا ۹۰ درصد)، LZE: کم روی کارا (بین ۶۰ تا ۷۰ درصد)، NZE: غیر روی کارا (کمتر از ۶۰ درصد)؛ VST: بسیار متحمل به تنش، ST: متحمل به تنش RST: نسبتاً متحمل به تنش، STS: حساس به تنش، VSTS: بسیار حساس به تنش.

ژنوتیپ‌ها با MP و YS بالا و ZE متفاوت نظیر رقم کم روی کارایی صدری و ژنوتیپ نسبتاً روی کارایی KS-21571، مستعد هر دو شرایط کمبود و کیفیت روی بودند. اما، در بین آن‌ها ژنوتیپی همانند KS-21567 علاوه بر داشتن ZE و MP بالا، بیشترین YS را در میان ژنوتیپ‌ها داشت که می‌تواند به‌عنوان برترین ژنوتیپ در شرایط کمبود روی معرفی گردد. این قبیل ژنوتیپ‌ها، مختص گروه A در رتبه‌بندی فرناندز بود. ژنوتیپ‌هایی مثل KS-21551 که روی کارایی‌شان پایین و اما، MP بالا و YS کمی دارند جزء رده B در طبقه‌بندی فرناندز می‌باشد. در شرایطی که امکان تأمین و مصرف کود فراهم باشد این ژنوتیپ‌ها مطلوب بوده و برعکس. ژنوتیپ‌ها با MP پائین، YS و روی کارایی بالایی باشند نمی‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب معرفی شوند، مانند KBC-22127 و KS-21538 که به طبقه C گروه‌بندی فرناندز تعلق دارند. سرانجام، ژنوتیپ‌هایی که ذاتاً پتانسیل عملکردشان اندک و MP و YS کمی داشتند ولی ZE آن‌ها متنوع بود در رتبه D فرناندز قرار گرفتند. نتایجی مشابهی از تفکیک ارقام مختلف لویا با استفاده از شاخص روی کارایی گزارش می‌شود (بیگی و همکاران، ۱۳۹۱).

نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی

(۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان)

9th National and 1st International Conference of Plant Physiology

(Jan. 31-Feb.2, 2026, University of Guilan, Rasht, Iran)

۵. نتیجه‌گیری

تنوع خوبی بین ژنوتیپ‌های لویا چیتی از نظر تحمل به کمبود روی مشاهده شد. ارقام حساس و مقاوم به کمبود روی مشخص گردید. ارقام شناسایی شده برای ارزیابی تکمیلی در مزرعه توصیه می‌شوند.

جدول ۴- میانگین‌های عملکرد و شاخص‌های تحمل و حساسیت به کمبود در شرایط کمبود و کفایت روی در ژنوتیپ‌های لویا

GN	ژنوتیپ‌ها	YS (g/m ²)	YP (g/m ²)	ZE (درصد)	SSI	MMFV	TOL (g/m ²)	STI	MP (g/m ²)	GMP (g/m ²)
۱۷	KS-21538	۲۶۸/۲۶	۲۷۳/۱۹	۹۹/۶۴	۰/۰۲	۰/۹۹۹	۴/۹۳	۰/۶۳	۲۷۰/۷۲	۲۷۰/۳۸
۲۱	KS-21565	۲۲۳/۴۵	۲۳۹/۱۹	۹۵/۰۵	۰/۲۱	۰/۸۹۲	۱۵/۷۴	۰/۴۶	۲۳۱/۳۲	۲۳۰/۷۹
۱۶	KS-21537	۲۵۴/۰۸	۲۸۷/۱۷	۹۱/۵۶	۰/۳۶	۰/۸۱۱	۳۳/۰۹	۰/۶۳	۲۷۰/۶۳	۲۶۹/۳۸
۶	KBC-22136	۲۵۲/۰۳	۲۸۱/۳	۹۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۷۸۴	۲۹/۲۷	۰/۶۰	۲۶۶/۶۷	۲۶۶/۰۵
۲۴	KS-21571	۳۰۵/۲	۳۴۴/۱۸	۸۹/۹۳	۰/۴۴	۰/۷۷۳	۳۸/۹۸	۰/۸۹	۳۲۴/۶۹	۳۲۳/۶۹
۵	KBC-22127	۲۷۹/۰۵	۳۱۴/۵۶	۸۹/۵۲	۰/۴۵	۰/۷۶۴	۳۵/۵۱	۰/۷۵	۲۹۶/۸۱	۲۹۵/۳۲
۱۱	KS-21492	۳۲۷/۸۵	۳۷۶/۳۳	۸۸/۱۷	۰/۵۱	۰/۷۳۲	۴۸/۴۸	۱/۰۵	۳۵۲/۰۹	۳۵۰/۶۷
۱۵	KS-21529	۳۲۱/۶۶	۳۷۸/۰۸	۸۶/۴۲	۰/۵۹	۰/۶۹۲	۵۶/۴۲	۱/۰۲	۳۴۹/۸۷	۳۴۷/۲۵
۱۳	KS-21517	۲۶۰/۰۳	۳۰۴/۹۱	۸۶/۰۳	۰/۶۱	۰/۶۸۳	۴۴/۸۸	۰/۶۷	۲۸۲/۴۷	۲۸۱/۳۳
۲۳	KS-21567	۳۳۵/۵۲	۳۹۸/۸۵	۸۵/۵۹	۰/۶۳	۰/۶۷۳	۶۳/۳۳	۱/۱۳	۳۶۷/۱۹	۳۶۵/۱۵
۱	COS-16	۲۸۷/۶۴	۳۵۳/۹۴	۸۳/۵۵	۰/۷۱	۰/۶۲۶	۶۶/۳۱	۰/۸۸	۳۲۰/۷۹	۳۱۸/۳۸
۸	KBC-23120	۲۲۸/۸	۲۷۹/۸۳	۸۲/۱۶	۰/۷۷	۰/۵۹۳	۵۱/۰۳	۰/۵۴	۲۵۴/۳۲	۲۵۲/۸۸
۲۹	Ghaffar	۲۱۷/۷۹	۲۶۶/۷۱	۸۱/۷۸	۰/۷۹	۰/۵۸۴	۴۸/۹۲	۰/۴۹	۲۴۲/۲۵	۲۴۰/۹۷
۴	KBC-22125	۲۶۲/۲۳	۳۳۸/۱۳	۸۱/۵۴	۰/۸	۰/۵۷۹	۷۵/۹	۰/۷۷	۳۰/۱۸	۲۹۶/۵۷
۹	KS-21214	۲۹۹/۳۴	۳۸۱/۳۷	۸۰/۶۹	۰/۸۴	۰/۵۵۹	۸۲/۰۳	۰/۹۸	۳۴۰/۳۵	۳۳۶/۹۱
۱۲	KS-21500	۲۷۷/۵۱	۳۵۰/۷۷	۷۹/۸	۰/۸۷	۰/۵۳۸	۷۳/۲۶	۰/۸۴	۳۱۴/۱۴	۳۱۱/۶۷
۲	KBC-21136	۲۹۱/۶۱	۳۶۸/۷۵	۷۹/۳۵	۰/۹	۰/۵۲۸	۷۷/۱۴	۰/۹۰	۳۳۰/۱۸	۳۲۷/۷۸
۲۰	KS-21563	۲۹۷/۸۶	۳۷۹/۱۲	۷۸/۶۸	۰/۹۳	۰/۵۱۲	۸۱/۲۶	۰/۹۵	۳۳۸/۴۹	۳۳۵/۹۸
۲۵	KS-21572	۲۳۴/۲۵	۳۲۳/۹۸	۷۷/۵۷	۰/۹۷	۰/۴۸۷	۸۹/۷۳	۰/۶۶	۲۷۹/۱۲	۲۷۲/۹۸
۳	KBC-22103	۲۱۵/۸۳	۲۸۳/۸۹	۷۷/۳۲	۰/۹۸	۰/۴۸۱	۶۸/۰۶	۰/۵۲	۲۴۹/۸۶	۲۴۷/۰۹
۷	KBC-22138	۱۹۷/۲۶	۲۶۲/۳۶	۷۷/۳۲	۰/۹۸	۰/۴۸۱	۶۵/۱	۰/۴۴	۲۲۹/۸۱	۲۲۶/۹۶
۱۰	KS-21383	۳۲۹/۹۸	۴۴۴/۴	۷۵/۹۴	۱/۰۴	۰/۴۴۹	۱۱۴/۴۲	۱/۲۶	۳۸۷/۱۹	۳۸۲/۲۹
۱۹	KS-21562	۳۰۷/۶۴	۴۲۰/۴۶	۷۴/۸۲	۱/۰۹	۰/۴۲۳	۱۱۲/۸۲	۱/۰۸	۳۶۴/۰۵	۳۵۸/۲۲
۲۷	Kosha	۲۰۷/۵۷	۳۰۶/۲۵	۷۱/۰۸	۱/۲۶	۰/۳۳۶	۹۸/۶۸	۰/۵۴	۲۵۶/۹۱	۲۵۰/۸۳
۲۶	Khomein	۲۰۹/۶	۳۲۶/۷۷	۶۸/۷۱	۱/۳۶	۰/۲۸۱	۱۱۷/۱۷	۰/۵۸	۲۶۸/۱۹	۲۵۹/۶۷
۱۴	KS-21526	۲۰۱/۴	۳۲۰/۶۹	۶۸/۶۹	۱/۳۶	۰/۲۸۱	۱۱۹/۲۹	۰/۵۷	۲۶۱/۰۵	۲۵۲/۵۵
۲۸	Sadri	۳۱۳/۱	۵۲۴/۳۷	۶۵/۱۶	۱/۵۱	۰/۱۹۸	۲۱۱/۲۷	۱/۳۹	۴۱۸/۷۳	۴۰۱/۷۰
۲۲	KS-21566	۲۴۲/۹۵	۳۹۸/۵۳	۶۴/۵۱	۱/۵۴	۰/۱۸۳	۱۵۵/۵۸	۰/۸۳	۳۲۰/۷۴	۳۰۹/۸۰
۱۸	KS-21551	۲۴۶/۹۵	۴۶۴/۵۲	۵۶/۵۹	۱/۸۸	۰/۰۰۰	۲۱۷/۵۷	۰/۹۷	۳۵۵/۷۴	۳۳۶/۱۵
میانگین		۲۶۵/۳۹	۳۴۴/۵۷	۸۰/۲۶	۰/۸۶	۰/۵۵	۷۹/۱۸	۰/۷۹	۳۰۴/۹۸	۳۰۰/۶۷
LSD(۵درصد)		۳۸/۶۱	۹۸/۰۶	۱۸/۱۸	۰/۷۹	۰/۴۲	۸۱/۹۹	۰/۳۰	۶۲/۲۳	۵۷/۹۷

(داده‌ها براساس روی کارایی ژنوتیپ‌ها از زیاد به کم مرتب شده‌اند) LSD کمترین تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد

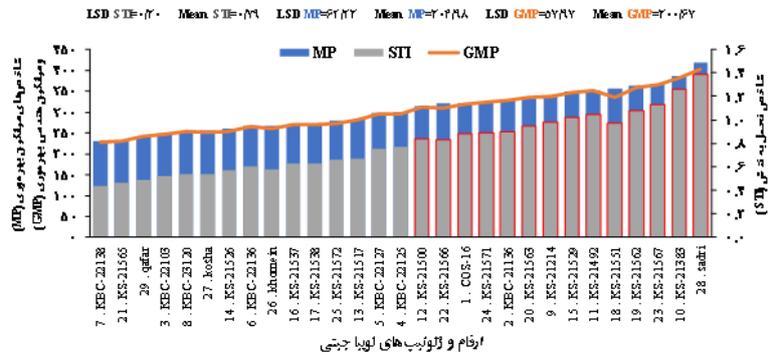
GN: شماره ژنوتیپ، YS: عملکرد دانه در شرایط بدون محلول‌پاشی روی، YP: عملکرد دانه در شرایط محلول‌پاشی روی، ZE: شاخص کارایی روی، SSI: شاخص حساسیت به تنش، MMFV: شاخص میانگین ارزش تابع عضویت، TOL: شاخص تحمل، STI: شاخص تحمل به تنش، MP: شاخص میانگین بهره‌وری یا متوسط تولید، GMP: شاخص میانگین هندسی تولید

نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی

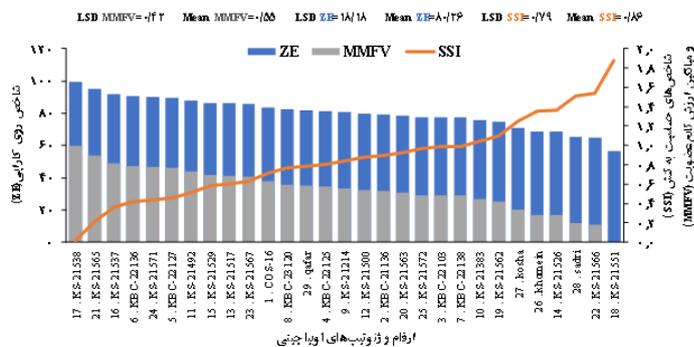
(۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان)

9th National and 1st International Conference of Plant Physiology

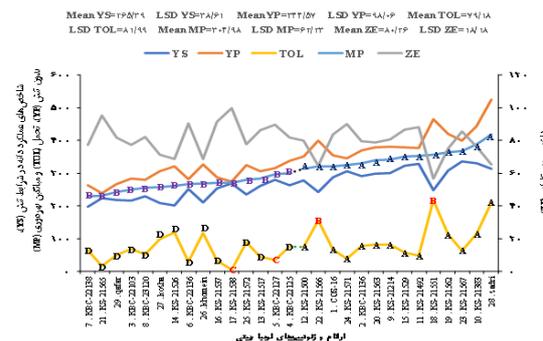
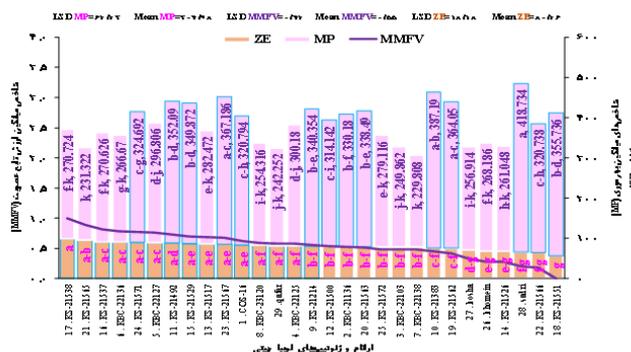
(Jan. 31-Feb.2, 2026, University of Guilan, Rasht, Iran)



شکل ۴. مقایسه توأم ارقام و ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی به وسیله شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) و ارزیابی ارتباط سه شاخص با همدیگر (ژنوتیپ‌های دارای شاخص بیش از میانگین کل: دارای خطوط قرمز دور ستون می‌باشند).



شکل ۵. مقایسه توأم ارقام و ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی به وسیله شاخص‌های روی کارایی (ZE)، حساسیت به تنش (SSI) و میانگین ارزش تابع عضویت (MMFV) و ارزیابی ارتباط سه شاخص با همدیگر.



شکل ۷- مقایسه مقادیر میانگین شاخص‌های میانگین ارزش تابع عضویت (MMFV)، روی کارایی (ZE) و میانگین بهره‌وری (MP) و ارتباط آن‌ها با یکدیگر در ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی (ژنوتیپ‌های دارای شاخص بیش از میانگین ZE و MP: دارای خطوط دور ستون می‌باشند).

شکل ۶- مقایسه توأم ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی به وسیله شاخص‌های تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری (MP)، روی کارایی (ZE)، عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش (YS & YP) و ارزیابی ارتباط شاخص‌ها باهم (دسته‌بندی با شاخص‌های پتانسیل عملکرد (MP): دو بخش عملکردی A و B؛ طبقه‌بندی براساس تئوری فرناندز: گروه‌ها A، B، C و D).

نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی

(۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان)

9th National and 1st International Conference of Plant Physiology

(Jan. 31-Feb.2, 2026, University of Guilan, Rasht, Iran)

منابع

- بیات، سجاد؛ اسفندیاری، عزت‌اله؛ کریمی، اسماعیل و اسدی، علی‌اکبر (۱۴۰۱). تأثیر کاربرد برگ‌گی روی بر عملکرد کمی و کیفی لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.). مجموعه مقالات سومین کنگره بین‌المللی و نهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
- بیات، سجاد و اسفندیاری، عزت‌اله (۱۴۰۳). تأثیر مراحل محلول‌پاشی روی بر عملکرد و غلظت عناصر آهن و روی دانه لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.). مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی و هجدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- بیگی، محسن؛ ثواقبی، غلام‌رضا و متشعزاده، بابک (۱۳۹۱). بررسی کارایی روی در ارقام مختلف لوبیای چیتی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶ (۱)، ۳۳-۴۱.

Fernandez, G. C. I. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.C. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress, Tainan, Taiwan, 257-270.

Marschner, H. (2012). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press Limited. London, UK. pp. 347-364.

Evaluation of the response of pinto bean genotypes to Zn-deficiency using stress tolerance indices

Sajjad Bayat¹, Ezatollah Esfandiari^{1*}, and Ali Akbar Asadi²

Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh
(Email: esfand1977@yahoo.com)

Cereals Department, Zanjan Province Agricultural and Natural Resources Research Center, Zanjan

Abstract

Zinc (Zn) uptake is limited in calcareous soils, and its deficiency reduces crop yield. Identifying Zn-deficiency tolerant genotypes is one of the methods for overcoming this challenge. In this study, stress tolerance indices such as Mean Productivity (MP) and Membership Function Value (MFV) were used to evaluate zinc deficiency tolerance among pinto bean genotypes. To this end, an augmented experiment was conducted at the University of Zanjan. Two levels of Zn (control and foliar application) were considered to investigate the differences among 29 genotypes. Data on grain yield in response to Zn-deficiency and foliar application were used to calculate the intended parameters, especially the MFV index. The non-significant effect of the blocks indicated the uniformity of the experimental field. The T-test showed that Zn-deficiency and foliar application had a significant effect on grain yield. With Zn application, the average grain yield increased by 29.84% across all genotypes. Based on the criteria, the genotypes were classified into five groups: highly Zn-efficient genotype ($ZE=64.99$), Zn-efficient genotypes ($90.38 \leq ZE < 64.99$), relatively Zn-efficient genotypes ($71.08 \leq ZE < 90.38$), low Zn-efficient genotypes ($64.51 \leq ZE < 71.08$), and Zn-inefficient genotype ($ZE=56.59$). The highest MP belonged to genotype KS-21567 (367 g/m^2), with a ZE of 85.59%. The lowest MP (230 g/m^2) was obtained in genotype KBC-22138, with a ZE of 77.32%. Finally, by identifying Zn-efficient genotypes with high yield potential, the development of desirable cultivars in breeding programs is feasible. It can be concluded that the MFV and MP indices are useful for separating and classifying genotypes.

Key words: Calcareous soil, Mean Productivity, Membership Function Value, Stress Tolerance index