

اثر کود تلفیقی دامی - شیمیایی و زئولیت بر خصوصیات بیوشیمیایی دو رقم لوبیا قرمز

امیر کلایی^۱، مسعود رفیعی^{۲*}، علی خورگامی^۱ و کاظم طالشی^۱

^۱ گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

^۲ بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲)

چکیده

به منظور بررسی اثر کود تلفیقی دامی - شیمیایی و زئولیت بر خصوصیات بیوشیمیایی دو رقم لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)، آزمایشی فاکتوریل با سه عامل در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در بهار سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در شرایط اقلیمی شهرستان ازنا در استان لرستان اجرا شد. عامل رقم شامل دو رقم گلی (رونده) و اختر (ایستاده)؛ عامل کود تلفیقی دامی - شیمیایی در پنج سطح شامل ۱۰۰:۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ دامی:شیمیایی و عامل زئولیت در چهار سطح شامل عدم مصرف زئولیت و مصرف ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار زئولیت بود. کود دامی از منبع کود گوسفندی پوسیده و کود شیمیایی از منبع اوره بود. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف زئولیت از میزان پرولین اندام هوایی کاسته و بر میزان عملکرد دانه (۲۱۹۹ کیلوگرم در هکتار) افزوده شد. در هر دو رقم گلی و اختر، بیشترین میزان آهن اندام هوایی (به ترتیب ۳۷۵ و ۴۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، آهن دانه (به ترتیب ۱۰۲ و ۱۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عملکرد دانه (به ترتیب ۲۳۴۱ و ۲۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی و شش تن در هکتار زئولیت بدست آمد، ولی بیشترین میزان پتاسیم اندام هوایی (به ترتیب ۱/۴۰ و ۱/۳۹ درصد) در رقم گلی از تیمار صفر:۱۰۰ دامی:شیمیایی و عدم مصرف زئولیت؛ در حالی که در رقم اختر، از تیمار صفر:۱۰۰ دامی:شیمیایی و شش تن در هکتار زئولیت حاصل شد. در مجموع، رقم اختر همراه با مصرف کود تلفیقی ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی و شش تن در هکتار زئولیت جهت دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه و غنی‌سازی دانه قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: پروتئین دانه، پرولین، عناصر ضروری، تنظیم اسمزی، غنی‌سازی

مقدمه

بیشترین سطح زیر کشت را در شهرستان ازنا دارند. مدیریت مؤثر حاصل‌خیزی خاک، کلیدی برای کشاورزی پایدار است. با مصرف روزافزون کودهای شیمیایی و عدم برگشت بقایای گیاهی به خاک و حتی سوزاندن آنها (در زراعت متداول)، سالیانه از مقدار ماده آلی ناچیز خاک‌های ایران کاسته شده و خاک به کلوخه‌هایی غیر قابل نفوذ و غیر

حبوبات از جمله لوبیا پس از غلات دومین منبع غذایی انسان به‌شمار می‌آیند که حاوی مقدار پروتئین دانه دو تا سه برابر بیشتر از غلات هستند (مجنون حسینی، ۱۳۹۴). از ارقام لوبیا قرمز می‌توان به رقم اختر با فرم بوته ایستاده و رشد محدود و رقم گلی با فرم بوته رونده و رشد نامحدود اشاره نمود که

* نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: rafieemasoud@yahoo.com

قابل برگشت در می‌آید. کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی راه‌کاری مؤثر در کاهش مصرف کودهای شیمیایی و دستیابی به کشاورزی پایدار است.

ژئولیت‌ها گروهی از کانی‌های آلومینوسیلیکات‌های هیدراته متبلور با خلل و فرج ریز هستند که حاوی کاتیون‌های قابل تبادل بوده که به‌طور برگشت‌پذیر آب را جذب و آزاد می‌کنند. ژئولیت‌ها به‌طور کلی به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند که تا کنون بالغ بر ۸۰ گونه ژئولیت طبیعی شناخته شده و بیش از ۱۵۰ گونه ژئولیت مصنوعی نیز شناخته شده است. ژئولیت‌ها ساختمان سه بعدی نامحدود دارند که ساختمان کریستالی آنها مشابه کندوی زنبور عسل است و قابلیت نگهداری مقادیر زیاد آب در کانال‌های ساختمان خود را دارند و به‌عنوان مبادله‌کننده یون عمل می‌کنند. ژئولیت با خاصیت جذب شدید آب قادر است آب موجود در خاک را تا حد اشباع جذب نموده و به‌تدریج در اختیار گیاه قرار دهد، که ضمن تأمین آب مورد نیاز گیاه سبب فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه گردد (شیرانی‌راد و همکاران، ۱۳۹۲).

یون‌های فلزی نظیر آهن، روی، به‌عنوان کوفاکتور در ساختمان بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مشارکت داشته و نتایج مطالعات حاکی از آن است که تحت شرایط کمبود عناصر ریزمغذی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، کاهش یافته و لذا حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). آهن یکی از عناصر ضروری اما کم مصرف و کم تحرک برای گیاهان است. گیاهان در بین ریزمغذی‌ها، بیشترین نیاز را به آهن دارند. آهن بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاء است و برای سنتز کلروفیل مورد نیاز است (Zaller, 2017).

افزایش در درصد نیتروژن و پروتئین دانه نخود توسط محمدی و همکاران (۱۳۸۹) و Caliskan و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است. اولاد و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی مقادیر مختلف کود دامی (صفر و ۳۵ تن در هکتار) در لوبیا چشم‌بلبلی گزارش دادند در اثر مصرف کود دامی درصد

پروتئین لوبیا افزایش یافت. کریمی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی مصرف کود دامی در کلزا گزارش دادند که مصرف کود دامی موجب افزایش درصد پروتئین کلزا شد. روستایی و همکاران (۱۳۹۱) افزایش درصد پروتئین سویا را در اثر مصرف کود دامی گزارش داد.

محمدی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش دادند مصرف ۱۰ تن در هکتار کود دامی موجب افزایش عملکرد دانه نخود شد. Suryantini (۲۰۱۴) در بررسی تیمارهای کودی مختلف در ارقام مختلف سویا گزارش دادند بیشترین عملکرد دانه در اثر متقابل مصرف فسفر و پتاسیم + کود دامی مشاهده شد. قلاوند و همکاران (۱۳۹۱) گزارش دادند کاربرد کودهای شیمیایی + ۲۰ تن کود دامی + کمپوست در نخود موجب افزایش عملکرد دانه شد. Elamin و Madhavi (۲۰۱۵) در بررسی سیستم‌های تغذیه‌ای مختلف در نخود گزارش دادند کاربرد پنج تن در هکتار کود دامی در نخود موجب افزایش عملکرد دانه در نخود شد. Olesen و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که کود دامی باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه جو گردید. عملکرد دانه تابعی از برهمکنش بین اجزای مختلف عملکرد است که به شدت تحت تأثیر محیط رشد گیاه و عملیات مدیریتی گیاه زراعی قرار دارد پس تغذیه کافی و متعادل عناصر غذایی برای دستیابی به عملکردهای مناسب در گیاهان زراعی اهمیت و ضرورت زیادی دارد (Farhad et al., 2009). کاهش چگالی ظاهری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و ساختمان گرانول‌های خاک، افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در خاک از دلایل افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف کودهای دامی است. همچنین، کودهای آلی با تولید هوموس عوارض نامطلوب کودهای شیمیایی را کاهش داده و کارایی مصرف کود را افزایش می‌دهند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). از طرف دیگر افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در نتیجه افزایش ماده آلی خاک سبب جلوگیری از شسته شدن کاتیون‌های خاک شده و عناصر غذایی بیشتری را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد همچنین مواد آلی اضافه شده به خاک توسط ریزجانداران تجزیه شده و

مقداری CO₂ در جامعه گیاهی آزاد می‌شود در نتیجه فتوسنتز، رشد و عملکرد محصول افزایش می‌یابد (Liu et al., 2010).

زئولیت با افزایش آب قابل دسترس گیاه سبب استفاده بهتر و مؤثرتر از آب و مواد غذایی در گیاه شده و نتیجه کاربرد زئولیت در سطوح مختلف باعث بهبود عملکرد دانه گردید. جذب انتخابی و آزادسازی کنترل‌شده عناصر غذایی از زئولیت موجب شد، هنگامی که این مواد به‌عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه می‌شوند از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت آب به بهبود رشد گیاه کمک کنند (حبیب‌پور کاشفی و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج یک تحقیق نشان داد که اثر تنش آبی و مصرف زئولیت بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود و در بین سطوح مختلف مصرف زئولیت، بیشترین عملکرد دانه به تیمار مصرف ۸ تن زئولیت در هکتار مربوط بود (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰). در آزمایشی دیگر نیز بیان شد که بین سطوح مصرف زئولیت، بیشترین عملکرد دانه به تیمار مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار بود (میرزاخانی و سیبی، ۱۳۸۹). زمانی نوری و همکاران (۱۳۹۲) با کاربرد زئولیت در لوبیا قرمز نشان دادند که تیمار ۳۰ تن در هکتار زئولیت سبب افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا شده و بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه درغلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه داشت.

هدف از این پژوهش بررسی برخی واکنش‌های بیوشیمیایی و عملکرد دو رقم لوبیا قرمز به تلفیق کود دامی- شیمیایی و زئولیت بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در شهرستان ازنا با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا انجام شد. منطقه مورد نظر از نظر آب‌وهوایی جز اقلیم معتدل با متوسط دمای سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه ۴۴۶ میلی‌متر است (جدول ۱).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌ها شامل دو رقم لوبیا قرمز گلی (رونده) و اختر (ایستاده)، پنج سطح کود دامی (۱۰۰:۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ کود دامی:کود شیمیایی) و چهار سطح زئولیت (عدم مصرف زئولیت و مصرف ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار زئولیت) بود. زئولیت مورد استفاده از کارخانه زئولیت سمنان تهیه گردید. کود دامی از منبع کود گوسفندی پوسیده و کود شیمیایی از منبع اوره بود. نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (جدول ۲) و کود گوسفندی مورد آزمایش (جدول ۳) نشان داده شده است.

قبل از کاشت، عملیات تهیه زمین شامل شخم سطحی با چپزل، تسطیح به وسیله لولر در حد مطلوب انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل پنج خط کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر به طول چهار متر با فاصله بوته ۱۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۰ بوته در متر مربع) برای دو رقم مورد آزمایش در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۱ متر و فاصله تکرارها از یکدیگر ۲ متر بود. تاریخ کاشت هفته اول خردادماه هر سال بود. براساس آزمون خاک، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار نیتروژن از منبع کود اوره و ۲۰ تن در هکتار کود دامی (کود گوسفندی پوسیده) (باقری و پارسا، ۱۳۸۷) مصرف شد. کودها پس از پخش در مزرعه براساس سطوح تیمار کودی، توسط دیسک با خاک مخلوط گردید. در طول دوره رشد گیاه، مراقبت‌ها و عملیات زراعی لازم شامل آبیاری، وجین دستی علف‌های هرز به نحو مطلوب انجام گردید. آبیاری به‌صورت هفتگی و براساس عرف منطقه به‌روشنی انجام گردید. برداشت محصول نیز در ۲۸ شهریور ماه زمانی که ۹۰ درصد غلاف‌ها زرد و رطوبت دانه‌ها به حدود ۱۴ درصد رسید، صورت پذیرفت.

در مرحله گلدهی نمونه‌هایی از برگ‌های جوان گیاه شامل پنج بوته از هر کرت جهت انجام آنالیزهای بیوشیمیایی جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید و سنجش میزان عناصر ضروری نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی (Ryan et al., 2007) و پرولین (Baes et al., 1992) صورت گرفت. در زمان

جدول ۱- آمار هواشناسی منطقه ازنا

سال	ماه	درجه حرارت (سانتی گراد)					بارندگی (میلی متر)
		کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه مطلق	بیشینه مطلق	
۱۳۹۵	خرداد	۹/۲	۲۸/۶	۱۸/۹	۵/۰	۳۴/۳	۰/۰
	تیر	۱۶/۹	۳۵/۲	۲۶/۱	۱۲/۴	۳۸/۰	۰/۰
	مرداد	۱۶/۹	۳۴/۸	۲۵/۸	۱۳/۳	۳۹/۰	۰/۰
	شهریور	۱۲/۳	۳۲/۳	۲۲/۳	۶/۴	۳۵/۷	۰/۰
	مهر	۵/۹	۲۵/۸	۱۵/۸	۲/۷	۳۱/۴	۱۱/۷
۱۳۹۶	خرداد	۱۰/۲	۳۱/۱	۲۰/۷	۵/۷	۳۴/۹	۰/۷
	تیر	۱۶/۵	۳۴/۵	۲۵/۵	۱۰/۰	۳۷/۷	۰/۱
	مرداد	۱۷/۰	۳۴/۶	۲۵/۸	۱۳/۴	۳۷/۴	۰/۰
	شهریور	۱۳/۲	۳۲/۴	۲۲/۸	۷/۵	۳۴/۶	۰/۰
	مهر	۷/۰	۲۵/۸	۱۶/۴	۱/۰	۳۰/۶	۰/۰

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی متر)

سال	کربن آلی	ازت کل	گوگرد	اسیدیته	رس	سلیت	شن	شوری (دسی زیمنس بر متر)	بافت خاک
۱۳۹۵	۰/۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۱۱	۷/۷	۱۷	۲۸	۵۵	۰/۵۵	لوم شن دار
۱۳۹۶	۰/۹۳	۰/۰۸۴	۰/۰۱۳	۷/۸۱	۱۷	۲۸	۵۵	۰/۵۹۶	لوم شن دار

ادامه جدول ۲-

سال	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	وزن مخصوص ظاهری	کلسیم	منیزیم
							(گرم بر سانتی متر مکعب)	(میلی اکی والان در لیتر)	
۱۳۹۵	۳/۹	۹۵	۱۰/۳	۲/۷	۰/۳۶	۰/۶۶	۱/۱۵	۳/۶	۱/۴
۱۳۹۶	۱۱/۲	۶۷	۱۰/۲۷	۵/۶۹	۰/۵۸	۰/۸۲	۱/۱۵	۳/۰۱	۰/۹۳

جدول ۳- نتایج تجزیه کود حیوانی

هدایت الکتریکی	مواد آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	گوگرد	روی	آهن	منگنز	مس	رطوبت
(دسی زیمنس بر متر)	pH											(درصد)
۲/۸۲	۷/۷۴	۶۹/۲	۱/۲۶	۰/۶۳۳	۱/۵۱۱	۱/۵۳	۰/۴۲	۰/۱۸	۱۲۱/۷	۴۱۱/۱	۱۸۸/۴	۱۶/۷
												۱/۲۵

کرت جهت انجام آنالیزهای بیوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید و میزان عناصر ضروری نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی (Ryan et al., 2007) و میزان پروتئین (Kjeldal, 1998)

برداشت عملکرد دانه سه ردیف وسط هر کرت آزمایشی با رعایت یک چهارم متر حاشیه از طرفین اندازه گیری و براساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد. همچنین، نمونه هایی از دانه هر

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات بیوشیمیایی اندام هوایی و دانه لویا قرمز در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
پتاسیم دانه	پتاسیم اندام هوایی	فسفر دانه	فسفر اندام هوایی	نیتروژن دانه	نیتروژن اندام هوایی		
۱۳/۷**	۰/۳۱۶**	۰/۲۰۹**	۰/۰۰۴**	۰/۰۱۸۱۵۹	۰/۰۹۷**	۱	سال
۰/۰۶۷۹۷۹	۰/۰۰۱۲۳۲	۰/۰۰۵۹۴۹	۰/۰۰۰۴۷۱	۰/۰۱۶۱۳۵	۰/۰۱۲۱۱۹	۴	تکرار در سال
۰/۰۱۸۵۵۶	۰/۰۰۶۰۵۶	۰/۰۵۸۷۰۹	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲۵۳	۰/۰۱۳۰۸۸	۱	رقم
۰/۲۳۳*	۰/۰۵۱	۰/۰۳۵۳۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۵۸	۰/۰۵۹	۴	کود دامی
۰/۱۳۳۷۶۷	۰/۰۰۱۱۷۸	۰/۰۰۴۷۶۴	۰/۰۰۰۴۷۴	۰/۰۰۴۷۱۵	۰/۰۰۲۳۸۶	۳	زئولیت
۰/۰۱۳۰۴۹	۰/۰۰۴۶۳۲	۰/۰۵۵۳۹۸	۰/۰۰۰۱۰۷	۰/۰۰۹۶۳۷	۰/۰۰۴۰۵۶	۱	سال × رقم
۰/۱۵۳۶۵۴	۰/۰۴۸**	۰/۰۳۴۱۹۱	۰/۰۰۷**	۰/۳۲۵**	۰/۰۹۷**	۴	سال × کود دامی
۰/۰۸۸۶۶۶	۰/۰۰۷*	۰/۰۰۷۳۷۹	۰/۰۰۰۳۴۲	۰/۰۳۱۲۹۵	۰/۰۰۶۷۸	۳	سال × زئولیت
۰/۰۷۳۵۴۲	۰/۰۰۱۱۱۳	۰/۰۲۸۲۴	۰/۰۰۰۳۹۷	۰/۰۰۸۶۵	۰/۰۰۳۷۹۴	۴	رقم × کود دامی
۰/۱۰۹۵۷۲	۰/۰۰۰۷*	۰/۰۵۶۷۸۵	۰/۰۰۰۶۸۵	۰/۰۰۴۳۱۳	۰/۰۰۲۱۲۲	۳	رقم × زئولیت
۰/۰۸۳۲۵۳	۰/۰۰۶	۰/۰۲۴۹۱۹	۰/۰۰۰۹۶۷	۰/۰۰۵۲۷۶	۰/۰۱۴۸۷۷	۱۲	کود دامی × زئولیت
۰/۰۷۹۰۷۴	۰/۰۰۲۹۰۴	۰/۰۲۸۸۸۴	۰/۰۰۰۵۴۶	۰/۰۰۵۳۷۹	۰۰۴۸۸۷	۴	سال × رقم × کود دامی
۰/۱۰۶۱۹۵	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۵۷۲۷۹	۰/۰۰۰۱۶۹	۰/۰۰۱۴۲۱	۰۰۳۷۸۹	۳	سال × رقم × زئولیت
۰/۰۸۰۷۱۴	۰/۰۰۶**	۰/۰۲۷۲۴۶	۰/۰۰۰۶۲۲	۰/۰۰۶۳۸۳	۰/۰۰۸۲۸۶	۱۲	سال × کود دامی × زئولیت
۰/۰۷۶۲۱۲	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۶۷۹۴	۰/۰۰۰۵۳۳	۰/۰۱۷۶۷۶	۰/۰۰۲۵۹۴	۱۲	رقم × کود دامی × زئولیت
۰/۰۷۶۹۴۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۶۹۸۲	۰/۰۰۰۳۸۸	۰/۰۱۴۱۷	۰/۰۰۳۷۱۳	۱۲	سال × رقم × کود دامی × زئولیت
۰/۰۷۸۲۳۷	۰/۰۰۲۶۴	۰/۰۲۷۸۵۳	۰/۰۰۰۵۴۶	۰/۰۱۵۳۴	۰/۰۰۸۵۹۹	۱۵۶	خطا
۱۲/۶	۵/۷	۱۴/۱	۱۴/۵	۴/۷	۱۱/۲	(/.)	ضریب تغییرات

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

تحت تأثیر سال در کود دامی، و نیتروژن دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سال و سال در کود دامی قرار گرفت (جدول ۴). میانگین نیتروژن اندام هوایی در سال اول ۱/۱۷۷ درصد و در سال دوم ۱/۱۳۷ درصد بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ضمیمه ۱). شرایط مناسب دمایی برای رشد بیشتر در سال دوم را می‌توان عامل این برتری دانست (جدول ۵). در میان سطوح کود دامی، بیشترین نیتروژن اندام هوایی و دانه از تیمار ۱۰۰:۰ دامی:شیمیایی (به ترتیب ۱/۱۹۵ و ۳/۵۴۲ درصد) و کمترین آن از تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی (به ترتیب ۱/۱۰۶ و ۳/۴۵۹ درصد) حاصل شد (جدول ۵).

در دانه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری عملکرد دانه هر کرت از ردیف‌های وسط با حفظ حاشیه از دو طرف براساس ۱۲ درصد رطوبت صورت گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD با نرم‌افزار Excell در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نیتروژن اندام هوایی و دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که نیتروژن اندام هوایی به‌طور معنی‌داری

ادامه جدول ۴-

میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	آهن اندام هوایی	آهن دانه	روی اندام هوایی	روی دانه	پروکلین اندام هوایی	پروتئین دانه
سال	۱	۳۶۶۹**	۸۴۶۸**	۶۹/۲۴**	۲۲۰/۲**	۴/۹۳۷**	۰/۶۹۸۷۶
تکرار در سال	۴	۱۱۶/۲۴۹۲	۱۹/۴۹۰۹۳	۲/۷۷۳۸۴۵	۸/۰۸۱۹۳	۰/۰۱۹۲۰۷	۰/۶۳۳۱۰۷
رقم	۱	۲۲۲۵۸	۲۰۲۱	۴۲۶/۶	۳۶۲۲	۲۶/۸	۰/۱۰۰۴۵
کود دامی	۴	۲۱۱۹۱*	۱۸۸۷*	۵۳۰/۳*	۳۵۳۳*	۷/۱۰۴*	۲/۲۶۱
زئولیت	۳	۳۱۷۷**	۳۵۸**	۵۰/۷**	۳۵۷*	۰/۷۰۱**	۰/۱۸۶۰۲۸
سال × رقم	۱	۳۸۳۳۷**	۳۶۱۹**	۹۰۵/۲**	۶۱۵۴**	۱۰/۵۳**	۰/۳۸۱۶۰۴
سال × کود دامی	۴	۲۴۹۳**	۲۴۷**	۵۸/۲**	۳۳۴**	۱/۱۱۱**	۱۲/۷۱**
سال × زئولیت	۳	۴۷/۰۶۱۱۵	۸/۲۹۰۶۰۹	۱/۴۰۷۶۹۷	۱۲/۹۶۴۱۶	۰/۰۰۲۲۷۲	۱/۲۱۵۷۲۴
رقم × کود دامی	۴	۱۸۹۴	۱۷۲	۴۳/۲	۲۷۸	۱/۲۰۶	۰/۳۳۷۷۷۹
رقم × زئولیت	۳	۳۶/۰۷۹۸۲	۶/۹۹۳۲۰۵	۱/۰۶۶۶۸۳	۲/۹۹۴۹۶	۰/۰۱۵۷۴۷	۰/۱۶۷۷۲۵
کود دامی × زئولیت	۱۲	۲۲۲/۶۳۴۵	۲۷/۸۳۱۳۳	۱/۰۶۶۶۸۳	۱۸/۶	۰/۰۳۲۵۳۳	۰/۲۰۵۱۵۶
سال × رقم × کود دامی	۴	۲۰۳۹**	۱۷۴**	۵۰/۶**	۳۵۱**	۰/۸۴۳	۰/۲۱۲۰۱۵
سال × رقم × زئولیت	۳	۱۱۹/۰۲۴۸	۷/۶۴۷۵۶۶	۰/۶۸۴۵۶۶	۱/۷۸۲۷۴	۰/۰۲۵۵۹۷	۰/۵۵۵۳۸
سال × کود دامی × زئولیت	۱۲	۱۰۱/۷۷۰۷	۱۴/۴۰۰۷	۲/۰۷۶۴۲۹	۸/۴۰۲۳۷	۰/۰۳۳۴۷۱	۰/۲۶۰۷۹۸
رقم × کود دامی × زئولیت	۱۲	۱۰۳/۱*	۱۹/۷**	۲/۷۰۳*	۳/۹۲۵۴۶	۰/۰۶۰۴۱۸	۰/۶۹۰۷۷۱
سال × رقم × کود دامی × زئولیت	۱۲	۳۸/۵۰۳۲۹	۳/۹۲۸۶۷۸	۰/۶۹۶۸۷۶	۲/۱۹۴۵۷	۰/۰۵۱۶۵۳	۰/۵۵۲۶۸۲
خطا	۱۵۶	۱۳۶/۲۷۷۲	۱۹/۶۷۱۴۶	۲/۸۸۸۷۶۹	۸/۱۸۵۰۱	۰/۰۹۳۳۹۸	۰/۵۹۹۵۷۹
ضریب تغییرات (%)		۲/۸۸۸	۴/۶۷۳	۴/۰۴۱	۲/۸۳۳	۱۹/۹۳	۴/۷

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

نشان نداد. به عبارت دیگر در سال اول، کود دامی در میزان بکار رفته به تنهایی قادر به تأمین نیتروژن به عنوان یکی از عناصر ضروری پرمصرف مورد نیاز گیاه نبود و مصرف خالص کود شیمیایی در حد توصیه شده توسط آزمایشگاه توانست نیتروژن مورد نیاز گیاه تأمین نماید، اما در سال دوم تغییرات معنی دار نبود. پایین بودن میزان نیتروژن خاک در سال اول نسبت به سال دوم را می توان دلیل این اختلاف دانست. نجفی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نشان دادند که با افزایش سطح کود دامی میزان سبزیبگی و غلظت آهن، مس، روی، منگنز، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم، منیزیم و کلسیم در شاخساره و دانه لوبیا

مقایسه میانگین نیتروژن اندام هوایی و دانه در سطوح اثر متقابل دوگانه سال در کود دامی نشان داد بیشترین نیتروژن اندام هوایی و دانه (به ترتیب ۱/۲۷۲ و ۳/۶۴۸ درصد) در سال اول از تیمار ۱۰۰:۰ دامی:شیمیایی بدست آمد و کمترین آن (به ترتیب ۱/۰۶۸ و ۳/۳۵۲ درصد) در همان سال اول از تیمار ۱۰۰:۰ دامی:شیمیایی حاصل شد، اما در سال دوم تفاوت معنی داری میان سطوح کودی مشاهده نشد (شکل ۲).

ملاحظه می شود که میزان نیتروژن اندام هوایی و دانه با افزایش مصرف کود شیمیایی، در سال اول روند افزایشی با شیب معنی دار داشت، اما در سال دوم روند تغییرات معنی داری

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی لوبیا قرمز در سطوح مختلف رقم، کود دامی و زئولیت

تیماها	نیتروژن اندام هوایی (درصد)	نیتروژن دانه (درصد)	فسفر اندام هوایی (درصد)	فسفر دانه (درصد)	پتاسیم اندام هوایی (درصد)	پتاسیم دانه (درصد)
سال	۱/۱۷۷ ^a	۳/۵۱۵ ^a	۰/۲۲۴ ^a	۰/۳۸۶ ^b	۱/۲۸۴ ^b	۱/۹۱۴ ^b
	۱/۱۳۷ ^b	۳/۴۹۸ ^a	۰/۲۱۵ ^b	۰/۴۴۵ ^a	۱/۳۵۶ ^a	۲/۳۹۲ ^a
رقم	۱/۱۷	۳/۵۰۳	۰/۲۲	۰/۴۰۰۲	۱/۳۲۵	۲/۱۴۵
	۱/۱۵	۳/۵۱۰	۰/۲۲	۰/۴۳۱۴	۱/۳۱۵	۲/۱۶۲
کود دامی	۱/۱۰۶ ^c	۳/۴۵۹ ^b	۰/۲۳۵ ^a	۰/۴۱۴ ^{ab}	۱/۳۶۵ ^a	۲/۱۸۰ ^a
(نسبت دامی: شیمیایی)	۱/۱۴۲ ^{bc}	۳/۴۸۷ ^b	۰/۲۳۰ ^a	۰/۴۲۱ ^{ab}	۱/۳۳۷ ^b	۲/۲۴۸ ^a
	۱/۱۶۲ ^{ab}	۳/۵۰۶ ^{ab}	۰/۲۱۸ ^b	۰/۴۴۶ ^a	۱/۳۲۰ ^{bc}	۲/۱۴۶ ^{ab}
	۱/۱۸۲ ^a	۳/۵۳۸ ^a	۰/۲۰۷ ^c	۰/۴۲۴ ^{ab}	۱/۳۰۰ ^{cd}	۲/۰۵۷ ^b
	۱/۱۹۵ ^a	۳/۵۴۲ ^a	۰/۲۰۸ ^c	۰/۳۷۲ ^b	۱/۲۸۰ ^d	۲/۱۳۶ ^{ab}
LSD (5%)	۰/۰۳۷	۰/۰۴۹	۰/۰۰۹	۰/۰۶۷	۰/۰۲۰	۰/۱۱۲
زئولیت	۱/۱۵	۳/۴۹۶	۰/۲۲	۰/۴۱۳	۱/۳۲۳	۲/۱۵۷ ^{ab}
(تن در هکتار)	۱/۱۶	۳/۵۱۴	۰/۲۲	۰/۴۰۵	۱/۳۱۹	۲/۱۵۸ ^{ab}
	۱/۱۵	۳/۵۰۳	۰/۲۲	۰/۴۱۶	۱/۳۲۴۴	۲/۲۰۶ ^a
	۱/۱۷	۳/۵۱۴	۰/۲۲	۰/۴۲۷	۱/۳۱۵	۲/۰۹۱ ^b
LSD (5%)						۰/۱۰۰۹

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %۵).

به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج حاصل از این آزمایش برای سال دوم که موجودی نیتروژن خاک بالا بود مطابقت دارد.

فسفر اندام هوایی و دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که اثر سال بر فسفر اندام هوایی و اثر سال و سال در کود دامی بر فسفر دانه معنی‌داری گردید (جدول ۴). میزان فسفر اندام هوایی در سال اول (به‌ترتیب ۰/۲۲۴ و ۰/۳۸۶ درصد) و در سال دوم (به‌ترتیب ۰/۲۱۵ و ۰/۴۴۵ درصد) تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۵). شرایط مناسب دمایی برای رشد بیشتر و میزان فسفر بیشتر خاک در سال دوم را می‌توان دلیل این اختلاف دانست. از طرفی کاهش فسفر اندام هوایی و افزایش فسفر دانه در سال دوم شاید به‌دلیل انتقال مجدد (سیروس مهر و روشن ضمیر، ۱۳۹۳) بیشتر فسفر از اندام هوایی به دانه باشد (جدول ۱). در میان سطوح کود دامی، بیشترین فسفر اندام هوایی از تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی

(۰/۲۳۵ درصد) و کمترین آن از تیمار ۱۰۰:۰ دامی:شیمیایی بدون تفاوت معنی‌دار با تیمار ۷۵:۲۵ دامی:شیمیایی (۰/۲۰۷ درصد) حاصل شد، درحالی‌که بیشترین فسفر دانه از تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی (۰/۴۴۶ درصد) و کمترین آن از تیمار ۱۰۰:۰ دامی:شیمیایی (۰/۳۷۲ درصد) بدست آمد (جدول ۵). مقایسه میانگین فسفر اندام هوایی در سطوح اثر متقابل دوگانه سال در کود دامی نشان داد بیشترین فسفر اندام هوایی (۰/۲۳۶ درصد) در سال اول از تیمار ۲۵:۷۵ دامی:شیمیایی بدست آمد و کمترین آن (۰/۲۰۱ درصد) در همان سال اول از تیمار ۱۰۰:۰ دامی:شیمیایی حاصل شد (شکل ۲). ملاحظه می‌شود که میزان فسفر اندام هوایی با افزایش مصرف کود شیمیایی برخلاف مقدار نیتروژن، در سال اول روند کاهشی داشت؛ اما در سال دوم تغییرات معنی‌داری نشان نداد. ممکن است با افزایش مصرف کود اوره و در نتیجه افزایش رشد گیاه، رقت فسفر در اندام هوایی (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۷) موجب

ادامه جدول ۵-

تیمارها	آهن اندام هوایی	روی اندام هوایی	روی دانه	پروترین اندام هوایی	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	
سال	۱۳۹۵	۳۶۴/۷ ^a	۱۰۲/۸ ^a	۶۰/۷۸ ^b	۳۵/۲۸ ^b	۲/۹۹ ^a	۲۱/۹۷ ^a	۲۱۸۸ ^b
	۱۳۹۶	۳۵۶/۹ ^b	۹۰/۹ ^b	۶۶/۸۳ ^a	۳۶/۳۶ ^a	۲/۷۰ ^b	۲۱/۸۶ ^a	۲۳۲۸ ^a
رقم	گلی	۳۵۱/۲	۹۳/۹	۵۹/۹	۳۴/۴۹	۳/۱۹	۲۱/۹۰	۲۱۴۸
	اختر	۳۷۰/۵	۹۹/۷	۶۷/۶	۳۷/۱۶	۲/۵۲	۲۱/۹۴	۲۳۶۹
کود دامی (نسبت دامی): شیمیایی)	۰:۱۰۰	۳۳۲/۷ ^e	۸۸/۶ ^d	۵۲/۲۸ ^e	۳۱/۳۹ ^e	۳/۳۰۶ ^a	۲۱/۶۲ ^b	۲۰۰۷ ^e
	۲۵:۷۵	۳۴۶/۰ ^d	۹۲/۱ ^c	۵۷/۹۹ ^d	۳۳/۴۷ ^d	۳/۱۷۲ ^b	۲۱/۷۹ ^b	۲۱۳۸ ^d
	۵۰:۵۰	۳۸۳/۲ ^a	۱۰۳/۳ ^a	۷۲/۸۹ ^a	۳۹/۲۷ ^a	۲/۴۰۱ ^e	۲۱/۹۱ ^{ab}	۲۴۴۷ ^a
	۷۵:۲۵	۳۷۵/۷ ^b	۱۰۱/۷ ^a	۷۰/۳۲ ^b	۳۸/۳۷ ^b	۲/۵۷۵ ^d	۲۲/۱۱ ^a	۲۳۹۸ ^b
	۱۰۰:۰	۳۶۶/۶ ^c	۹۸/۵ ^b	۶۵/۵۵ ^c	۳۶/۶۰ ^b	۲/۷۹۶ ^c	۲۲/۱۳ ^a	۲۳۰۱ ^c
LSD (5%)		۴/۷۰۶	۱/۷۸۸	۱/۱۵۳	۰/۶۸۵	۰/۱۲۳	۰/۳۱۲	۰/۹۳۹
زئولیت (تن در هکتار)	۰	۳۵۱/۱ ^c	۹۳/۵۶ ^c	۶۰/۶۲ ^d	۳۴/۵۷ ^c	۲/۹۹۳ ^a	۲۱/۸۵	۲۱۹۹ ^c
	۳	۳۵۹/۶ ^b	۹۶/۶۶ ^b	۶۳/۳ ^c	۳۵/۷۱ ^b	۲/۸۶۱ ^b	۲۱/۹۶	۲۲۵۳ ^b
	۶	۳۶۵/۵ ^a	۹۸/۱۶ ^{ab}	۳۵/۱۲ ^b	۳۶/۳۱ ^{ab}	۲/۸۰۹ ^{bc}	۲۱/۹۰	۲۲۷۹ ^a
	۹	۳۶۷/۲ ^a	۹۹/۱۷ ^a	۶۶/۲۰ ^a	۳۶/۶۷ ^a	۲/۷۳۸ ^c	۲۱/۹۶	۲۳۰۱ ^a
LSD (5%)		۴/۲۱	۱/۵۹۹	۱/۰۳۱۸	۰/۶۱۳	۰/۱۱۰۲		۲۳/۰۵

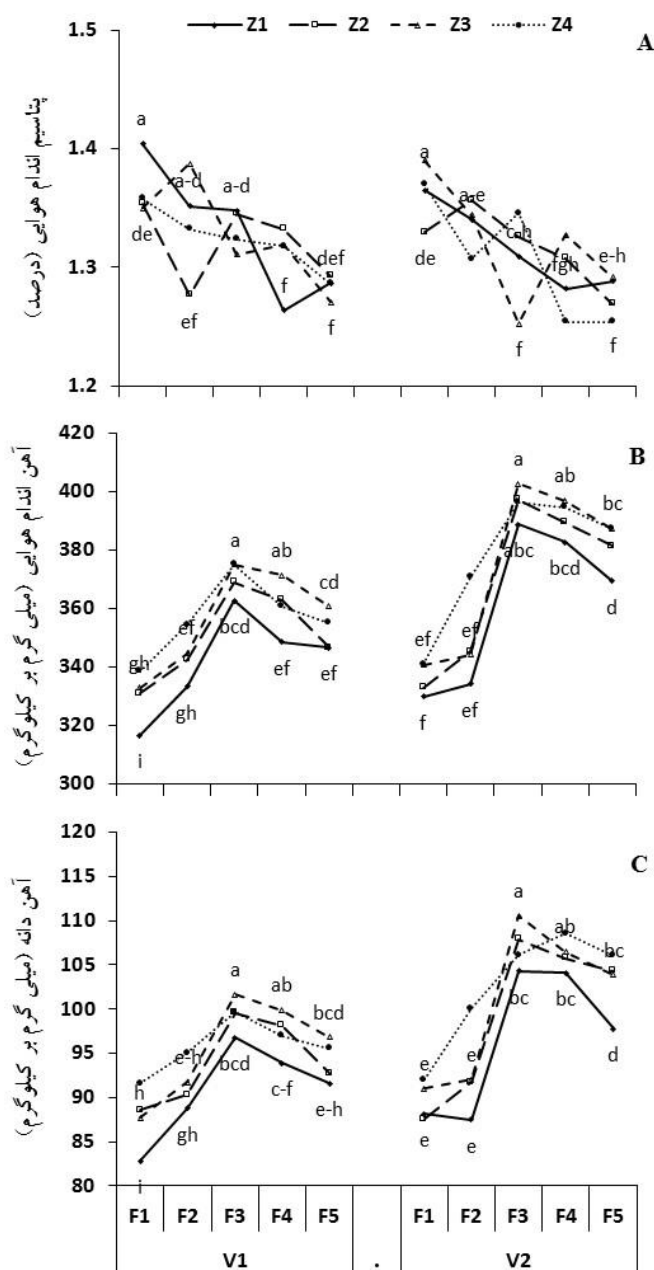
میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند (LSD %۵).

پتاسیم در سال دوم را می‌تواند ناشی از غلظت بالاتر پتاسیم در خاک باشد (جدول ۱).

در میان سطوح کود دامی، بیشترین پتاسیم اندام هوایی از تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی (۱/۳۶۵ درصد) و کمترین آن از تیمار ۱۰۰:۰ دامی:شیمیایی (۱/۲۸۰ درصد) حاصل شد، درحالی‌که بیشترین پتاسیم دانه از تیمار ۲۵:۷۵ دامی:شیمیایی (۲/۲۴۸ درصد) و کمترین آن از تیمار ۷۵:۲۵ دامی:شیمیایی (۲/۰۵۷ درصد) بدست آمد (جدول ۵). مقایسه میانگین پتاسیم اندام هوایی در سطوح اثر متقابل سه‌گانه رقم در کود دامی در زئولیت نشان داد در رقم گلی، بیشترین پتاسیم اندام هوایی (۱/۴۱۵ درصد) از تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی و عدم مصرف زئولیت بدست آمد و کمترین آن (۱/۲۵۸ درصد) از تیمار ۷۵:۲۵ دامی:شیمیایی و عدم مصرف زئولیت حاصل شد. در رقم اختر، بیشترین پتاسیم اندام هوایی (۱/۳۹۲ درصد) از تیمار

کاهش مقدار آن گردیده باشد. در اثر کاربرد کود دامی سبب (Fageria, 2009). پیش از این نیز افزایش در غلظت فسفر با افزایش مصرف کود دامی در لوبیا گزارش شده است (نجفی و همکاران، ۱۳۸۹).

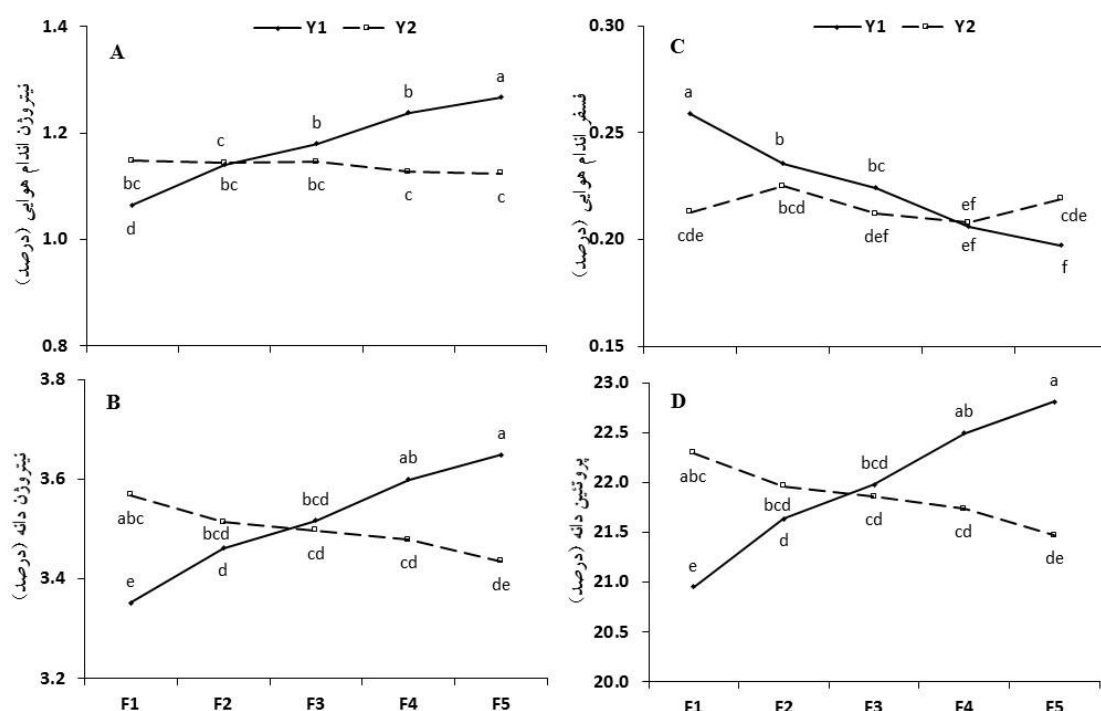
پتاسیم اندام هوایی و دانه: اثر سال، سال در کود دامی، سال در زئولیت و رقم در زئولیت، سال در کود دامی در زئولیت و رقم در کود دامی در زئولیت بر پتاسیم اندام هوایی و اثر سال افزایش جمعیت میکروب‌های مفید خاک شده و از این طریق بر فراوانی و جذب فسفر توسط ریشه گیاه اثر می‌گذارد و کود دامی بر پتاسیم دانه معنی‌داری بود (جدول ۴). میانگین پتاسیم اندام هوایی در سال اول (به‌ترتیب ۱/۲۸۴ و ۱/۹۱۴ درصد) و در سال دوم (به‌ترتیب ۱/۳۵۶ و ۲/۳۹۲ درصد) بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۵). علت جذب بیشتر



شکل ۱- مقایسه میانگین پتاسیم اندام هوایی (A)، آهن اندام هوایی (B) و آهن دانه (C) تحت تأثیر متقابل رقم در کود دامی در زئولیت به روش برش‌دهی برای رقم. V1 و V2: به ترتیب رقم گلی و اختر، F1 الی F5: به ترتیب ۰:۱۰۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ کود تلفیقی دامی-شیمیایی و Z4 الی Z1: به ترتیب مصرف ۰، ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار زئولیت. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.

می‌رسد با گذشت زمان پس از هر آبیاری که از میزان آب قابل استفاده برای گیاه حساس به تنش لویا کاسته می‌شود، زئولیت آب و عناصر غذایی را توأم در اختیار گیاه می‌دهد زیرا ضمن تأمین آب مورد نیاز گیاه سبب فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه گردد (شیرانی‌راد و همکاران، ۱۳۹۲).

۰:۱۰۰ دامی-شیمیایی و شش تن در هکتار زئولیت بدست آمد و کمترین آن (۱/۲۴۹ درصد) از تیمار ۱۰۰:۰ و ۷۵:۲۵ دامی-شیمیایی و نه تن در هکتار زئولیت حاصل شد (شکل ۱). ملاحظه می‌شود که در هر دو رقم گلی و اختر، واکنش پتاسیم اندام هوایی به کود دامی در سطوح زئولیت مختلف بود. به نظر



شکل ۲- مقایسه میانگین نیتروژن اندام هوایی (A) و دانه (B)، فسفر اندام هوایی (C) و پروتئین دانه (D) تحت تأثیر متقابل سال در کود دامی. Y1 و Y2: به ترتیب سال اول و دوم اجرای آزمایش، F1 الی F5: به ترتیب ۰:۱۰۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ کود تلفیقی دامی:شیمیایی. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.

سطوح کود دامی، بیشترین آهن اندام هوایی و دانه از تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی (به ترتیب ۳۸۳/۲ و ۱۰۳/۳ میلی گرم بر کیلوگرم) و کمترین آن از تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی (به ترتیب ۳۳۲/۷ و ۸۸/۶ میلی گرم بر کیلوگرم) حاصل شد (جدول ۵). مقایسه میانگین آهن اندام هوایی و دانه در سطوح اثر متقابل سه گانه رقم در کود دامی در ژئولیت نشان داد در هر دو رقم، بیشترین آهن اندام هوایی و دانه (به ترتیب ۳۷۴/۶ و ۱۰۱/۹ میلی گرم بر کیلوگرم در رقم گلی و به ترتیب ۴۰۲/۷ و ۱۱۰/۷ میلی گرم بر کیلوگرم در رقم اختر) از تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی و شش تن در هکتار ژئولیت بدست آمد و کمترین آن (به ترتیب ۳۱۵/۸ و ۸۲/۸ میلی گرم بر کیلوگرم در رقم گلی و به ترتیب ۳۳۰/۳ و ۸۷/۱ میلی گرم بر کیلوگرم در رقم اختر) از تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی و عدم مصرف ژئولیت حاصل شد (شکل ۱)، هر چند در سطوح مختلف ژئولیت، واکنش آهن اندام هوایی در رقم اختر به مصرف ۲۵

نقش عناصر پرمصرف فسفر و پتاسیم در رشد گیاهان اثبات شده است (سیروس مهر و روشن ضمیر، ۱۳۹۳). پتاسیم موجب افزایش محتوای نشاسته، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و افزایش سطح کاروتن در برگ ذرت می‌شود و در افزایش فتوسنتز، افزایش فعالیت آنزیم‌ها، بهبود سنتز پروتئین، کربوهیدرات‌ها و روغن، زنجیره انتقال الکترون در فتوسنتز، افزایش توانایی در مقابله با آفت‌ها و بیماری‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند (Perry et al., 2010).

آهن اندام هوایی و دانه: آهن اندام هوایی و دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سال، کود دامی و ژئولیت، سال در رقم، سال در کود دامی و سال در رقم در کود دامی و رقم در کود دامی در ژئولیت قرار گرفت (جدول ۴). تفاوت در میزان آهن اندام هوایی و دانه در سال اول (به ترتیب ۳۶۴/۷ و ۱۰۲/۸ میلی گرم بر کیلوگرم) و سال دوم (به ترتیب ۳۵۶/۹ و ۹۰/۹ میلی گرم بر کیلوگرم) معنی‌داری بود (جدول ۵). در میان

درصد کود شیمیایی کم اما به مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی بسیار بیشتر از رقم گلی بود.

آهن و روی از جمله مهم‌ترین عناصر ضروری کم مصرف هستند که کمبود آنها مشکل بحرانی مهمی در گیاهان، به‌ویژه در شرایط تنش ایجاد می‌کند (Babaei et al., 2017). آهن یکی از عناصر ضروری کم مصرف برای رشد تمامی گیاهان است و در صورت کمبود آن، سبزینه (کلروفیل) به مقدار کافی در سلول‌های برگ تولید نمی‌شود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۴). به گزارش کریمی (۱۳۹۵) دو عنصر آهن و روی، با افزایش غلظت اسمولیت‌هایی از جمله قندهای محلول و پرولین در نتیجه کمک به حفظ فشار اسمزی در سلول‌ها، در تحمل تنش خشکی به گیاه سورگوم کمک نمود. افزایش در جذب آهن در لوبیا پیش از این توسط نجفی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش شده است.

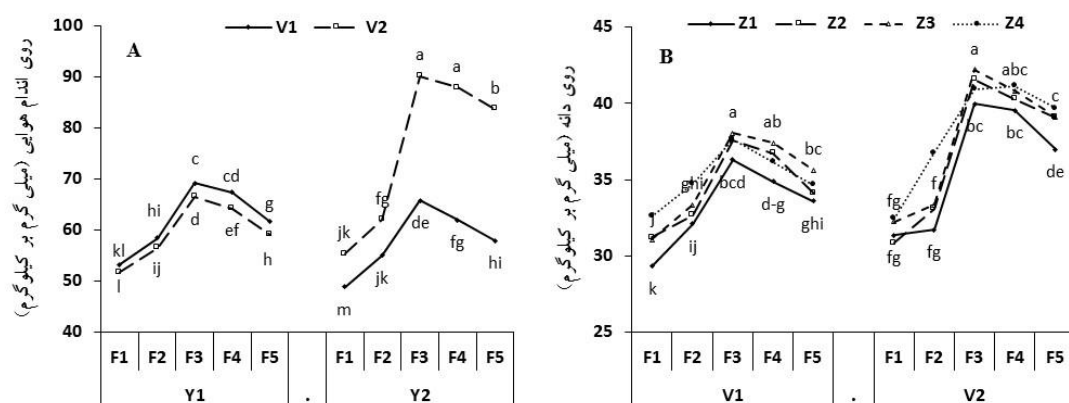
روی اندام هوایی و دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که روی اندام هوایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر اصلی سال، کود دامی و زئولیت؛ اثر متقابل دوگانه سال در رقم، سال در کود دامی، و اثر متقابل سه‌گانه رقم در کود دامی در زئولیت و سال در رقم در کود دامی و به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر اصلی سال، کود دامی و زئولیت؛ اثر متقابل دوگانه سال در رقم، سال در کود دامی و اثر متقابل سه‌گانه سال در رقم در کود دامی قرار گرفت (جدول ۴).

میانگین روی اندام هوایی و دانه در سال اول (به‌ترتیب ۶۰/۷۸ و ۳۵/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در سال دوم (به‌ترتیب ۶۶/۸۳ و ۳۶/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۵). در میان سطوح کود دامی، بیشترین روی اندام هوایی و دانه از تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی (به‌ترتیب ۷۲/۸۹ و ۳۹/۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین آن از تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی (به‌ترتیب ۵۲/۲۸ و ۳۱/۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حاصل شد (جدول ۵). مقایسه میانگین روی اندام هوایی در سطوح اثر متقابل سه‌گانه سال در رقم در کود دامی نشان داد در سال اول، بیشترین روی اندام

هوایی (۶۹/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از رقم گلی در تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی بدست آمد و کمترین آن (۵۱/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از رقم اختر در تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی حاصل شد. در سال دوم، بیشترین روی اندام هوایی (۹۰/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از رقم اختر در تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی بدست آمد و کمترین آن (۴۸/۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از رقم گلی در تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی حاصل شد (شکل ۳). ملاحظه می‌شود که اختلاف میان دو رقم در سطوح کود دامی در سال اول تقریباً یکسان بود، اما در سال دوم رقم اختر با افزایش ۵۰ درصد یا بیشتر کود شیمیایی، افزایش بیشتری نسبت به رقم گلی نشان داد.

روی در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه، نقش کاتالیزوری، فعال‌کننده و یا ساختمانی دارد و در ساخته شدن و تجزیه پروتئین‌های گیاه نیز دخیل است و با انتقال اسیدهای آمینه و کاهش تجزیه و تخریب از تجمع اسیدهای آمینه می‌کاهد. استفاده زیاد از کودهای فسفره در خاک‌هایی که مقدار کمی روی قابل استفاده دارند باعث بروز کمبود تحمیلی روی در گیاه می‌شود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۷). نجفی و همکاران (۱۳۸۹) در آزمایشی شامل نوع کشت تک کشتی لوبیا و کشت مخلوط ذرت با لوبیا و کود دامی صفر، ۳۰، ۶۰ تن در هکتار نشان دادند که با افزایش سطح کود دامی عملکرد شاخساره لوبیا تغییر معنی‌داری نکرد، ولی عملکرد دانه لوبیا با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با افزایش سطح کود دامی میزان سبزی‌نگی و غلظت آهن، مس، روی، منگنز، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم، منیزیم و کلسیم در شاخساره و دانه لوبیا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

روی و آهن از اجزای مهم بسیاری از آنزیم‌های زنده مانند گلوتامات دهیدروژناز (GDH)، کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) هستند و همچنین در سنتز کلروفیل، ایندول-۳-استیک اسید (IAA) (Jeong and Li et al., 2006; Connolly, 2009)، و در تشکیل ساختار پروتئین‌ها، غشا و پروتئین‌های دی‌ان‌ای-باند مشارکت دارند (Aravind and



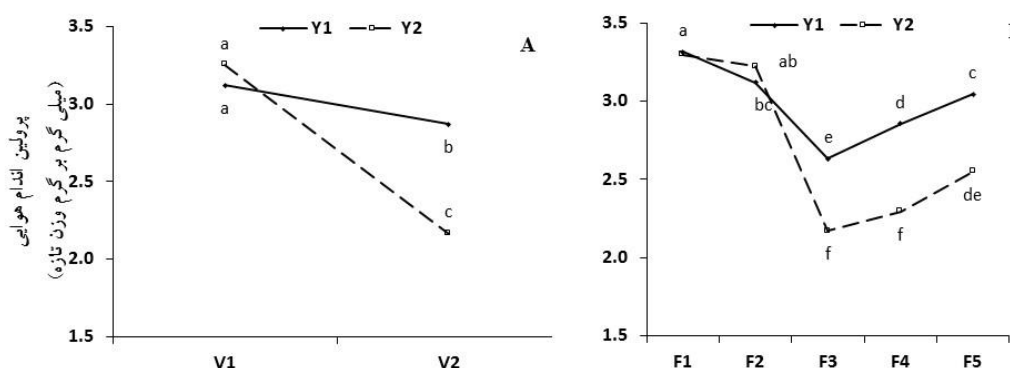
شکل ۳- مقایسه میانگین روی اندام هوایی (A) تحت تأثیر متقابل سال در کود دامی در رقم و روی دانه (B) تحت تأثیر متقابل رقم در کود دامی در زئولیت به روش برش دهی برای رقم. Y1 و Y2: به ترتیب سال اول و دوم اجرای آزمایش، V1 و V2: به ترتیب رقم گلی و اختر، F1 الی F5: به ترتیب ۱۰۰:۰، ۵۰:۵۰، ۲۵:۲۵، ۱۰:۱۰ و ۵:۵۰ کود تلفیقی دامی: شیمیایی و Z1 الی Z4: به ترتیب مصرف صفر، ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار زئولیت. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.

آن از مصرف نیمه کود دامی (۲/۴۰۱ میلی گرم بر گرم) حاصل شد (جدول ۵). با افزایش مصرف زئولیت از پرولین اندام هوایی کاسته شد و از ۲/۹۹۳ میلی گرم بر گرم در تیمار شاهد به ۲/۷۳۸ میلی گرم بر گرم در بالاترین سطح زئولیت رسید (جدول ۵).

مقایسه میانگین پرولین اندام هوایی در سطوح اثر متقابل دوگانه سال در رقم نشان داد بیشترین پرولین اندام هوایی (۳/۲۴۱ میلی گرم بر گرم) در سال دوم از رقم گلی بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با سال اول در همین رقم نداشت، و کمترین آن (۲/۱۲۶ میلی گرم بر گرم) در سال دوم از رقم اختر حاصل شد (شکل ۴). ملاحظه می‌شود که میزان پرولین اندام هوایی در رقم اختر در هر دو سال کمتر از رقم گلی بود که این کاهش در سال دوم بیشتر از سال اول بود. مقایسه میانگین پرولین اندام هوایی در سطوح اثر متقابل دوگانه سال در کود دامی نشان داد بیشترین پرولین اندام هوایی (۳/۳۲ میلی گرم بر گرم) در سال دوم از تیمار ۰:۱۰۰ دامی: شیمیایی بدست آمد و کمترین آن (۲/۱۷ میلی گرم بر گرم) در همان سال دوم از تیمار ۵۰:۵۰ دامی: شیمیایی حاصل شد (شکل ۴). ملاحظه می‌شود که میزان پرولین اندام هوایی با افزایش مصرف کود شیمیایی به ۵۰ درصد کاهش شدید یافت که این کاهش در سال دوم بیشتر

(Prasad, 2004). Cakmak (۲۰۰۸) بیان داشت که تنش کمبود روی ممکن است مانع فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شود. انتقال زیاد عناصر غذایی به دانه موجب پیری زودرس برگ‌ها می‌شود و پیری زودرس می‌تواند باعث افزایش انتقال مجدد کربوهیدرات از ساقه به دانه شود (Yang et al., 2019). همچنین، کاهش انتقال عناصر غذایی از بافت‌های رویشی به دانه موجب انباشت بیش از حد عناصر غذایی در اندام‌های رویشی و در نتیجه کاهش کارایی استفاده از عناصر غذایی و کاهش عملکرد می‌گردد (Chen et al., 2014). همچنین، Ciampitti و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که تمام کارایی‌های داخل گیاه با افزایش جذب عناصر غذایی بهبود می‌یابند.

پرولین اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که پرولین اندام هوایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی سال، کود دامی و زئولیت؛ اثرات متقابل دوگانه سال در رقم و سال در کود دامی قرار گرفت (جدول ۴). میانگین پرولین اندام هوایی در سال اول ۲/۹۹ میلی گرم بر گرم و در سال دوم ۲/۷۰ میلی گرم بر گرم بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۵). شرایط مناسب دمایی برای رشد بیشتر در سال دوم را می‌توان عامل این برتری دانست (جدول ۱). در میان سطوح کود دامی، بیشترین پرولین اندام هوایی از مصرف خالص کود دامی (۳/۳۰۶ میلی گرم بر گرم) و کمترین



شکل ۴- مقایسه میانگین پروتئین اندام هوایی تحت تأثیر متقابل سال در رقم (A) و سال در کود دامی (B). Y2 و Y1: به ترتیب سال اول و دوم اجرای آزمایش، V2 و V1: به ترتیب رقم گلی و اختر، F1 الی F5: به ترتیب ۱۰۰:۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ کود تلفیقی دامی:شیمیایی. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.

میانگین پروتئین دانه در سطوح اثر متقابل دوگانه سال در ژئولیت نشان داد بیشترین پروتئین دانه (۲۲/۸ درصد) در سال اول از تیمار ۱۰۰:۰ دامی:شیمیایی بدست آمد و کمترین آن (۲۱/۰ درصد) در همان سال اول از تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی حاصل شد (شکل ۲).

ملاحظه می‌شود که میزان پروتئین دانه با افزایش مصرف کود شیمیایی، در سال اول روند افزایشی با شیب تندتر، اما در سال دوم روند کاهش با شیب کندتر نشان داد. دلیل این موضوع می‌تواند به میزان نشاسته و در نتیجه عملکرد دانه بالاتر و میزان پروتئین پائین‌تر در سال دوم مربوط باشد، زیرا میان میزان نشاسته با عملکرد دانه همبستگی منفی و میان میزان نشاسته با میزان پروتئین دانه همبستگی مثبت وجود دارد. افزایش غلظت نیتروژن و درصد پروتئین در دانه نخود با مصرف کود دامی (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Caliskan et al., 2013; Elamin and Madhavi, 2015)، لویا چشم‌بلبلی (اولاد و همکاران، ۱۳۹۲)، کلزا (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱)، سویا (روستایی و همکاران، ۱۳۹۱) پیش از این گزارش شده است. به نظر می‌رسد با کاربرد کود دامی و افزایش میزان نیتروژن خاک، مقدار بیشتری از این عنصر توسط گیاه جذب و مازاد آن برای رشد رویشی و تشکیل دانه به شکل پروتئین در دانه تجمع یافته است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). زمانی نوری و همکاران (۱۳۹۲) با کاربرد ژئولیت در سه سطح

از سال اول بود و با افزایش بیشتر کود شیمیایی روند افزایشی نشان داد.

پرولین اسید آمینه‌ای است که معمولاً در شرایط تنش افزایش یافته و با مشارکت در تنظیم اسمزی موجب تعدیل تنش می‌شود. در میان ارقام نیز از نظر تولید پرولین تفاوت وجود داشت. به عبارت دیگر، تغییرات میزان پرولین در اندام هوایی تحت تأثیر هر دو عامل ژنتیک و محیط قرار گرفته است. با کاهش رطوبت خاک، مقدار پرولین برگ‌ها افزایش می‌یابد (بهرامی چگنی و همکاران، ۱۳۹۲؛ گلدانی و همکاران، ۱۳۹۱). تجمع پرولین و قندهای محلول به عنوان یک مکانیسم دفاعی در تنظیم اسمزی گیاهان حائز اهمیت است (Tian and Li, 2006). آذری نصر آبادی (۱۳۹۵) برهمکنش ژنوتیپ و تنش خشکی از نظر محتوای پرولین برگ را نشان داد. تنش خشکی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و محتوای پرولین در گیاهان می‌گردد (Zhou et al., 2010; Rezayian et al., 2020; Behboudi et al., 2018).

پروتئین دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که پروتئین دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل دوگانه سال در کود دامی قرار گرفت (جدول ۴). در میان سطوح کود دامی، بیشترین میزان پروتئین دانه از تیمار ۱۰۰:۰ یا ۲۵:۷۵ دامی:شیمیایی (۲۲/۱ درصد) و کمترین آن از تیمار ۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی (۲۱/۶ درصد) حاصل شد (جدول ۵). مقایسه

شاهد، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار در لوبیا قرمز نشان دادند که تیمار ۳۰ تن در هکتار زئولیت سبب افزایش میزان پروتئین دانه و عملکرد پروتئین شد.

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که عملکرد دانه به طور معنی داری تحت تأثیر اثرات اصلی سال، کود دامی و زئولیت؛ اثرات متقابل دوگانه سال در رقم، سال در کود دامی، و اثرات متقابل سه گانه سال در رقم در کود دامی و رقم در کود دامی در زئولیت قرار گرفت (جدول ۴).

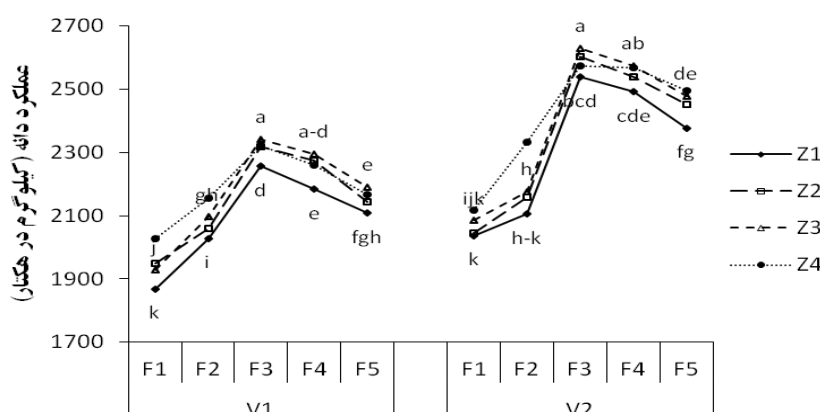
میانگین عملکرد دانه در سال اول ۲۱۸۸ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم ۲۳۲۸ کیلوگرم در هکتار بود که تفاوت معنی داری با یکدیگر داشتند (جدول ۵). شرایط مناسب دمایی برای رشد بیشتر در سال دوم را می توان عامل این برتری دانست (جدول ۱). در میان سطوح کود دامی، بیشترین عملکرد دانه از تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی (۲۴۴۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن از تیمار ۱۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی (۲۰۰۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۵). با افزایش مصرف زئولیت بر عملکرد دانه افزوده شد و از ۲۱۹۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۲۳۰۱ کیلوگرم در هکتار در بالاترین سطح زئولیت رسید (جدول ۵).

مقایسه میانگین عملکرد دانه در سطوح اثر متقابل سه گانه رقم در کود دامی در زئولیت نشان داد در رقم گلی، بیشترین عملکرد دانه (۲۳۴۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی و شش تن در هکتار زئولیت بدست آمد و کمترین آن (۱۸۶۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی و عدم مصرف زئولیت حاصل شد. در رقم اختر، بیشترین عملکرد دانه (۲۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی و شش تن در هکتار زئولیت بدست آمد و کمترین آن (۲۰۳۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۰:۱۰۰ دامی:شیمیایی عدم مصرف زئولیت حاصل شد (شکل ۵). ملاحظه می شود که تیمار ۲۵:۷۵ دامی:شیمیایی در رقم گلی نسبت به اختر نتایج بهتری در بر داشت، اما تیمار ۵۰:۵۰ دامی:شیمیایی در رقم اختر نسبت به گلی بهبود زیادی در عملکرد دانه ایجاد نمود.

همان گونه که مشاهده می شود در هر دو رقم لوبیا، مصرف تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی توأم با کاربرد زئولیت عملکرد دانه بیشتری را تولید نموده است. پیش از این نیز افزایش در عملکرد دانه با مصرف تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی (Shirpukar et al., 2006) و زئولیت (Islam et al., 2011) گزارش شده است. رقم ایستاده اختر نسبت به رقم رونده گلی از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بود که دلیل آن برتری این رقم از نظر تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، و وزن هزار دانه بیشتر و تعداد غلاف در بوته مساوی در تیمار تلفیق کود دامی و شیمیایی و مصرف زئولیت بود.

افزایش در عملکرد دانه نخود با مصرف کود دامی (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Caliskan et al., 2013; Elamin and Madhavi, 2015)، لوبیا چشم بلبلی (اولاد و همکاران، ۱۳۹۲)، کلزا (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱)، سویا (روستایی، ۱۳۹۱)، جو (Olesen et al., 2009) پیش از این گزارش شده است. به نظر می رسد با کاربرد کود دامی و افزایش میزان نیتروژن خاک، مقدار بیشتری از این عنصر توسط گیاه جذب و مازاد آن برای رشد رویشی و تشکیل دانه به شکل پروتئین در دانه تجمع یافته است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). قلاوند و همکاران (۱۳۹۱) گزارش دادند کاربرد کودهای شیمیایی + ۲۰ تن کود دامی + کمپوست در نخود موجب افزایش عملکرد دانه شد.

زئولیت با افزایش آب قابل دسترس گیاه سبب استفاده بهتر و مؤثرتر از آب و مواد غذایی در گیاه شده و نتیجه کاربرد زئولیت در سطوح مختلف باعث بهبود عملکرد دانه گردید. جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت موجب می شود، هنگامی که این مواد به عنوان اصلاح کننده به خاک اضافه می شوند از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت آب به بهبود رشد گیاه کمک کنند (حبیب پور کاشفی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به این که جهت تولید عملکرد بالا وجود آب کافی ضروری است، لذا کاربرد زئولیت سبب افزایش آب قابل دسترس گیاه و در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه گردید. نتایج یک تحقیق نشان داد که اثر تنش آبی



شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر متقابل رقم در کود دامی در ژئولیت به روش برش‌دهی برای رقم V1 و V2: به ترتیب رقم گلی و اختر؛ F1 الی F5: به ترتیب ۰:۱۰۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ کود تلفیقی دامی-شیمیایی و Z1 الی Z4: به ترتیب مصرف صفر، ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار ژئولیت. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش در مجموع نشان داد با افزایش مصرف ژئولیت از میزان پرولین اندام هوایی کاسته شد. به عبارت دیگر مصرف ژئولیت با کاهش تنش ناشی از تأخیر در آبیاری، نیاز گیاه به تنظیم اسمزی را کاهش داد. تیمار ۵۰:۵۰ دامی-شیمیایی و شش تن در هکتار ژئولیت در هر دو رقم گلی و اختر بیشترین میزان آهن اندام هوایی و دانه و عملکرد دانه به‌همراه داشت. در مجموع، رقم اختر همراه با مصرف کود تلفیقی ۵۰:۵۰ دامی-شیمیایی و شش تن در هکتار ژئولیت جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه، غنی‌سازی دانه و کاهش ۵۰ درصدی مصرف کود شیمیایی قابل توصیه است.

و مصرف ژئولیت بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود و در بین سطوح مختلف مصرف ژئولیت، بیشترین عملکرد دانه به تیمار مصرف ۸ تن ژئولیت در هکتار مربوط بود (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰). در آزمایشی دیگر نیز بیان شد که بین سطوح مصرف ژئولیت، بیشترین عملکرد دانه به تیمار مصرف ۹ تن ژئولیت در هکتار بود (میرزاخانی و سیبی، ۱۳۸۹). زمانی نوری و همکاران (۱۳۹۲) با کاربرد ژئولیت در لوبیا قرمز شان دادند که تیمار ۳۰ تن در هکتار ژئولیت سبب افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا شده و بیشترین تأثیر را بر ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه داشت.

منابع

- آذری نصر آبادی، ع. (۱۳۹۵) بررسی اختلاف مروفیز یولوژیک رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای تحت شرایط تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و نمو. پایان‌نامه، دولتی - وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری، دانشگاه زابل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.
- اولاد، ر.، فتوحی، ف. و سیادت، س. ع. ا. (۱۳۹۲) اثر کودهای بیولوژیک، دامی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی لوبیا چشم بلبلی در شرایط آب و هوایی دره شهر. همایش ملی پدافند غیر عامل در بخش کشاورزی.
- باقری، ع. و پارسا، م. (۱۳۸۷) حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

- بهرامی چگنی، ز.، امیری، ح. و لاری یزدی، ح. (۱۳۹۲) بررسی اثر تنش خشکی بر برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه ریحان. همایش ملی علوم و فنون کشاورزی ۴۳۰-۴۱۹.
- حبیب‌پور کاشفی، ا.، قرینه، م.، ح.، شافعی‌نیا، ع. ر. و روزرخ، م. (۱۳۹۶) تأثیر سطوح زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فن‌آوری تولیدات گیاهی ۱۷: ۱۵۱-۱۴۱.
- رحیمی‌زاده، م. و حبیبی، د. (۱۳۹۵) اثر عناصر کم مصرف آهن، روی، مس، منگنز و بور در مقاومت به تنش خشکی آفتاب گردان. دهمین کنگره علوم و خاک ایران.
- روستایی، خ.، موحدی‌دهنوی، م.، خادم، س. ع. و اولیایی، ح. ر. (۱۳۹۱) اثر نسبت‌های مختلف پلیمر سوپرجاذب بر خواص کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی. مجله به‌زراعی کشاورزی ۱۴: ۴۲-۳۳.
- زمانی‌نوری، ع.، قشقایس، ع. و حسینی ابری، س. (۱۳۹۲) تأثیر زئولیت بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و میزان پروتئین گیاه لوبیا قرمز. اولین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی با کاربرد الگوی زراعی. زرنده، ایران.
- سیبی، م.، میرزاخانی، م. و گماریان، م. (۱۳۹۰) اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره. یافته‌های نوین کشاورزی ۵: ۲۹۰-۲۷۵.
- سیروس مهر، ع. ر. و روشن ضمیر، ف. (۱۳۹۳) تأثیر تنش کم آبی و کود فسفر بر روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیک و درصد اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.). نشریه زراعت پژوهش و سازندگی ۱۰۵: ۱۴۰-۱۳۴.
- شیرانی‌راد، ا. ح.، آرمند پیشه، ا. و کاظمیان، ح. (۱۳۹۲) زئولیت‌ها و کاربرد آنها در کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی.
- قلاوند، ا. محمدی، خ.، آقاعلیخانی، م.، سهرابی، ی. و حیدری، غ. ر. (۱۳۹۱) تأثیر کودهای مختلف آلی و بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی) ۹۴: ۴۹-۴۱.
- کریمی، ف.، بهمنیار، م. ع. و شهابی، م. (۱۳۹۱) تأثیر کاربرد گوگرد و کود دامی بر میزان روغن، پروتئین و برخی اجزای عملکرد کلزا در دو خاک آهکی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۲: ۸۴-۷۱.
- کریمی، ر.، هادی، ه. و تاج بخش شیشوان، م. (۱۳۹۵) بررسی امکان کاهش خسارت تنش کم آبی بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سولفات روی. نشریه به‌زراعی کشاورزی ۱۸: ۵۲۰-۵۰۷.
- گلدانی، م. (۱۳۹۱) اثر فواصل آبیاری بر برخی شاخص‌های رشد اکوتیپ‌های ریحان (*Ocimum basilicum* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۰: ۴۲۰-۴۱۲.
- مجنون حسینی، ن. (۱۳۹۴) زراعت و تولید حبوبات (حبوبات در ایران). انتشارات سازمان دانشگاهی تهران.
- محمدی دهبالایی، ح.، طهماسبی، ز.، براری، م. و عزیزنیا، س. (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی ژنوتیپ‌های لوبیای سیاه. هفدهمین کنگره ملی و سومین کنگره بین‌المللی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۱۸ شهریور ۱۳۹۲.
- محمدی، خ.، قلاوند، ا.، آقاعلیخانی، م.، سهرابی، ی. و حیدری، غ. ر. (۱۳۸۹) تأثیرپذیری کیفیت دانه نخود از سیستم‌های مختلف افزایش حاصل‌خیزی خاک. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۳: ۱۱۹-۱۰۳.
- میرزاخانی، م. و سیبی، م. (۱۳۸۹) پاسخ صفات فیزیولوژیکی گلرنگ به تنش آبی و مصرف زئولیت. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار، فرصت‌ها و چالش‌های پیش‌رو. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز. شیراز.
- ملکوتی، م. ج. و طهرانی، م. (۱۳۸۴) نقش ریز مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (عناصر خرد با تأثیر کلان)، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

- ملکوتی، م. ج. و طهرانی، م. م. (۱۳۷۷) نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی «عناصر خرد با تأثیر کلان». انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
- میرزاخانی، م. و ملکی، غ. ر. (۱۳۹۴) ارزیابی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گندم تحت شرایط تنش کم آبی و مصرف ژئولیت. نشریه زراعت ۱۱۷: ۵۸-۶۶.
- نجفی، ن.، مصطفایی، م.، دباغ محمدی نسب، ع. و اوستان، ش. (۱۳۸۹) اثر کود دامی و کشت مخلوط ذرت با لوبیا بر جذب عناصر غذایی و عملکرد شاخساره و دانه لوبیا. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. ۱۲-۱۴ شهریور ۱۳۹۰. تبریز.
- Aravind, P. and Prasad, M. N. V. (2004) Zinc protects chloroplasts and associated photochemical functions in cadmium exposed *Ceratophyllum demersum* L., a freshwater macrophyte. *Plant Science* 166: 1321-1327.
- Babaei, K., Sharifi, R. S., Pirzad, A. and Khalilzadeh, R. (2017) Effects of bio fertilizer and nano zn-fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Interactions* 12.
- Bahramichegeni, Z., Amiri, H. and LariYazdi, H. (2013) Effect of drought stress on some physiological parameters of basil. *Agricultural Science and Technology* 419-430.
- Bates, L. S., Walderen, R. D. and Taere, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
- Behboudi, F., Tahmasebi Sarvestani, Z., Zaman Kassaei, M., Modares Sanavi, S. A. M. and Sorooshzadeh, A. (2018) Improving growth and yield of wheat under drought stress via application of SiO₂ nanoparticles. *Journal of Agricultural Science and Technology* 20.
- Cakmak, I. (2008) Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil* 302: 1-17.
- Caliskan, S., Erdogan, C., Arslan, M. and Caliskan, M. E. (2013) Comparison of organic and traditional production systems in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Turkish Journal Field Crops* 18: 34-29.
- Cha-um, S. and Kirdmanee, Ch. (2009) Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deficit stress. *Agricultural Sciences in China* 8: 51-58.
- Chen, Y., Xiao, C., Chen, X., Li, Q., Zhang, J., Chen, F. and Mi, G. (2014) Characterization of the plant traits contributed to high grain yield and high grain nitrogen concentration in maize. *Field Crops Research* 159: 1-9.
- Christie, T., Brathwaite, B. and Thompson, B. (2003) Mineral commodity report zeolite. Institute of geological and nuclear science Ltd. New Zealand Mining 31: 76-112.
- Ciampitti, I. A., Murrell, S. T., Camberato, J. J., Tuinstra, M., Xia, Y., Friedemann, P. and Vyn, T. J. (2013) Physiological dynamics of maize nitrogen uptake and partitioning in response to plant density and N stress factors: I. Vegetative phase. *Crop Science* 53.
- Daneshian, J., MajidiHrvan, A. and Jonoubi, P. (2002) The effect of drought stress and different amounts of potassium on quantitative and qualitative characteristics of Soybean. *Journal of Agriculture Science* 8: 108-95.
- Elamin, A. Y. and Madhavi, K. (2015) Residual effect of integrated nutrient management on growth and yield parameters of rabi chickpea (*Cicer arietinum* L.) under cropping system. *American Journal of Scientific and Industrial Research*.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C. and Clark, R. B. (2009) *Physiology of Crop Production*. The Haworth Press, New York.
- Farhad, W., Saleem, M. F., Cheema, M. A. and Hammad, H. M. (2009) Effect of poultry manure levels on the productivity of spring maize (*Zea mays* L.). *Journal of Manure and Plant Sciences* 19: 122-125.
- Islam, M. R., Hu, Y., Mao, S., Mao, J., Enejid, A. E. and Xue, X. (2011) Effectiveness of a water-saving super-absorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays* L.) based on eco-physiological parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 1998-2005.
- Jeong, J. and Connolly, E. L. (2009) Iron uptake mechanisms in plants: Functions of the FRO family of ferric reductases. *Plant Science* 176: 709-714.
- Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R. and Jalilian, J. (2016) Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. *Journal of Plant Interactions* 11: 130-137.
- Kjeldal, S. E. (1998) An investigation of several psychological factors impinging on the perception of fresh fruits and vegetables. Unpublished Ph.D Thesis, University of New England, Australia.
- Li, W. Y. F., Wong, F. L., Tsai, S. N., Tsai, S. N., Phang, T. H., Shao, G. H. and Lam, H. M. (2006) Tonoplast-located GmCLC1 and GmNHX1 from soybean enhance NaCl tolerance in transgenic bright yellow (by)-2 cells. *Plant Cell Environment* 29: 1122-1137.

- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Hwat Bing, S., Ding, L., Liu, Q., Liu, S. and Fan, T. (2010) Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma* 158: 173-180.
- Olesen, J. E., Askegaard, M. and Rasmussen, I. A. (2009) Winter cereal yields as affected by manure manure and green manure in organic arable farming. *European Journal of Agronomy* 30: 119-128.
- Perry, J. N., Devos, Y., Arpaia, S., Bartsch, D., Gathmann, A., Hails, R. S., Kiss, J., Lheureux, K., Manachini, B., Mestdagh, S., Neemann, G., Ortego, F., Schiemann, J. and Sweet, J. B. (2010) A mathematical model of exposure of non-target Lepidoptera to Bt-maize pollen expressing Cry1Ab with in Europe. *Proceedings Biological Sciences/The Royal Society* 277: 1417-1425.
- Polite, E., Karuca, M., Demire, H. and Onus, N. (2004) Use of natural zeolite (clinopetiolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 183-189.
- Rezayian, M., Ebrahimzadeh, H. and Niknam, V. (2020) Nitric oxide stimulates antioxidant system and osmotic adjustment in soybean under drought stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 20: 1122-1132.
- Ryan, J., Estefan, G. and Rashid, A. (2007) *Soil and Plant Analysis Laboratory Manual*. ICARDA.
- Shirpukar, G. N., Kashid, N. V., Kamble, M. S., Pisal, A. A. and Sarode, N. D. (2006) Effect of application of Zn, B and Mo on the yield and yield attributing characters of soybean. *Legume Research* 29: 242-246.
- Suryantini, B. (2014) Effect of lime, organic and inorganic fertilizer on nodulation and yield of soybean (*Glycine max* L.) varieties in Ultisol soils. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* 2: 78-83.
- Tian, X. and Li, Y. (2006) Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. *Biologia Plantarum* 50: 775-778.
- Yang, D., Cai, T., Luo, Y. and Wang, Z. (2019) Optimizing plant density and nitrogen application to manipulate tiller growth and increase grain yield and nitrogen-use efficiency in winter wheat. *PeerJ* 7: e6484.
- Zaller, J. G. (2017) Vermicompost as a peat in potting media: effect on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato. *Scientia Horticulturae* 112: 191-199.
- Zhou, X. and Deng, X. (2010) Effect of post-drought rewatering on leaf photosynthetic characteristics and antioxidation in different wheat genotypes. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* 27: 278-285.

Effect of manure and zeolite on yield and biochemical traits of two red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars

Amir Kolai¹, Masoud Rafiee^{2*}, Ali Khorgami¹ and Kazem Taleshi¹

¹ Department of Agronomy and plant breeding, Khorramabad branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran

² Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREO, Khorramabad, Iran

(Received: 28/06/2022, Accepted: 24/09/2022)

Abstract

In order to investigate the effect of combined animal-chemical fertilizer and zeolite on the biochemical properties of two cultivars of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a factorial experiment with three factors in the form of a randomized complete block design with three replications was implemented in climatic conditions of Azna city in Lorestan province in spring of 2016 and 2017. Cultivar factor included two cultivars Goli (creeping) and Akhtar (standing); Animal-chemical compound fertilizer agent in five levels including 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100 Livestock:chemical ratio and zeolite agent in four levels including non-application of zeolite and consumption of 3, 6 and 9 tons zeolite per hectare. Livestock manure was obtained from rotten sheep manure and chemical fertilizer was obtained from urea. The results showed that with increasing zeolite consumption, shoot proline decreased but grain yield (2199 kg / ha) increased. In both Goli and Akhtar cultivars, the highest amount of shoot iron (375 and 403 mg / kg, respectively), grain iron (102 and 111 mg / kg, respectively) and grain yield (2341 and 2630, respectively) Kg / ha) from 50:50 animal treatment: chemical and six tons per hectare of zeolite was obtained, but the highest potassium content of shoots (1.40 and 1.39%, respectively) in flower cultivar from 0: 100 animal treatment: Chemical and non-use of zeolite; While in Akhtar cultivar, 0: 100 livestock: chemical and six tons per hectare of zeolite were obtained. In total, Akhtar cultivar with the application of 50:50 animal manure: chemical fertilizer and six tons per hectare of zeolite is recommended to achieve maximum grain yield and grain enrichment.

Keywords: Grain protein, Essential elements, Osmotic regulation, Proline, Seed enrichment

Corresponding author, Email: rafieemasoud@yahoo.com