ارزیابی عصاره گیرهای شیمیایی و تعیین حد بحرانی پتاسیم در خاک‌های زیر کشت لوبیا

محمدعلی خودشناس[1]، جواد قدبیک لو و مسعود دادیور

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی؛ **khodshenasm@gmail.com**

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران؛ **ghadbykloo@gmail.com**

عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران؛ **dadivarm@yahoo.com**

دریافت: **99/6/25** و پذیرش: **99/12/23**

چکیده

آزمون خاک نقش بسیار مهمی در مدیریت عناصر غذایی در فرایند تولید محصولات کشاورزی دارد. کارایی آزمون خاک به انتخاب عصاره‌گیر مناسب برای استخراج هر عنصر غذایی به شکل قابل‌جذب ریشه گیاه بستگی دارد. برای واسنجی هر عنصر غذایی و توصیه کودی، باید حد بحرانی در خاک تعیین شود. لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با دارا بودن پروتئین زیاد از محصولات مهم کشاورزی است. با توجه به کمبود اطلاعات در این زمینه، پژوهشی بر روی خاک-های لوبیا کاری استان مرکزی انجام شد. 30 نمونه خاک سطحی (30- 0 سانتیمتر) با دامنه وسیع ازنظر غلظت پتاسیم قابل‌استفاده و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از مزارع استان انتخاب و برای کشت لوبیا در گلخانه، آماده شد. برای بررسی پاسخ گیاه لوبیا نسبت به مصرف کود پتاسیم، دو سطح صفر و 100 میلی‌گرم پتاسیم خالص در کیلوگرم خاک از منبع سولفات پتاسیم در این آزمایش استفاده شد. آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. پس از اتمام دوره رویشی و برداشت، پاسخ‌های گیاهی شامل وزن ماده خشک، غلظت و جذب کل پتاسیم و رشد نسبی تعیین شد. شش عصاره‌گیر شامل آب مقطر، اسیدکلریدریک 0/13 مولار، اسید نیتریک 0/5 مولار، کلرور کلسیم 0/025 مولار، محلول عصاره‌گیر اولسن و استات‌آمونیم یک مولار برای استخراج پتاسیم قابل‌استفاده خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی خاک و کود پتاسیم، در سطح یک درصد بر وزن ماده خشک، غلظت و جذب کل پتاسیم معنی‌دار بود؛ اما اثر برهمکنش خاک و کود تنها بر غلظت پتاسیم گیاه معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر کود پتاسیم بر پاسخ گیاهان معنی‌دار بود. نتایج ضریب همبستگی عصاره-گیرهای مختلف با پاسخ‌های گیاهی نشان داد که استات‌آمونیم یک مولار با غلظت و جذب کل پتاسیم گیاه، همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت اما سایر عصاره‌گیرها همبستگی معنی‌داری نشان ندادند. با استفاده از روش تصویری کیت و نلسون، حد بحرانی پتاسیم به روش عصاره‌گیری با استات‌آمونیوم 150 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به دست آمد. وزن ماده خشک با مقدار پتاسیم قابل‌استفاده، ظرفیت تبادل کاتیونی، رس و شن خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. غلظت و جذب کل پتاسیم گیاه با پتاسیم قابل‌استفاده و کربن آلی خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.

واژه‌های کلیدی: آزمون خاک، واسنجی، کود، پتاسیم، لوبیا

---

[1] نویسنده مسئول، آدرس: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.

مقدمه

بقولات مهم‌ترین منبع پروتئین‌ها هستند. حدود 50 درصد بقولات دانه‌ای در سطح جهان که مستقیم مورداستفاده انسان قرار می‌گیرد لوبیای معمولی است (بارگاز و همکاران، 2012). لوبیا معمولی حاوی 49 درصد نشاسته، 21/4 درصد پروتئین و 22/9 درصد فیبر است. همچنین منبع خوبی از ویتامین‌ها و مواد معدنی شامل آهن، پتاسیم، سلنیم، مولیبدن، تیامین، ویتامین ب 6 و اسیدفولیک می‌باشد (وندیمو و تانا، 2017).

استان مرکزی از مهم‌ترین مناطق تولید لوبیا در کشور می‌باشد. مدیریت عناصر غذایی ازجمله پتاسیم در خاک-های لوبیاکاری، برای دستیابی به تولید پایدار و اقتصادی، نیازمند انجام آزمون خاک بر اساس عصاره‌گیر مناسب و اطلاع از حد بحرانی آن عنصر در خاک است.

آزمون خاک در مورد هر عنصر (عناصر کم‌تحرک در خاک) قبل از اینکه یک تجزیه شیمیایی ساده در نظر گرفته شود می‌بایست مبتنی بر اصول صحیح تهیه و جمع‌آوری نمونه‌های خاک، تجزیه دقیق و تفسیر نتایج آزمایشگاهی باشد تا بتواند برای توصیه‌های مناسب با توجه به عوامل اقلیمی، اقتصادی و مدیریت مزرعه مورداستفاده قرار گیرد. گام اول در این راستا تقسیم نمودن جامعه خاک‌ها به دو بخش پاسخ‌دهنده و بی‌پاسخ به مصرف کود است که همان هدف اصلی واسنجی محسوب می‌شود و بر پایه تعیین حد بحرانی غلظت عنصر در خاک استوار است. قبل از هرگونه توصیه کودی می‌بایست از مقدار حد بحرانی عناصر در هر منطقه اطلاع کافی داشت (خودشناس و همکاران، 1396؛ موسسه تحقیقات خاک و آب، 1379).

برای افزایش راندمان اقتصادی تولید محصولات کشاورزی می‌بایست برنامه صحیح کود دهی مبتنی بر آزمون خاک استفاده گردد. مبنای تفسیر نتایج آزمون خاک تعیین حد بحرانی عناصر غذایی موردنیاز گیاه می‌باشد. معمولاً حد بحرانی، غلظتی از عنصر در خاک در نظر گرفته می‌شود که در مقادیر کمتر از آن احتمال پاسخ گیاه به مصرف کود افزایش می‌یابد. غلظت عناصر در خاک به عوامل مختلفی نظیر مواد مادری، عوامل خاک‌سازی و مدیریت بستگی دارد (سیمز، 2000؛ تیسدل و همکاران، 1985).

مقدار پتاسیم کل خاک‌ها بیش از 20000 میلی‌گرم در کیلوگرم است؛ که از این مقدار، درصد نسبتاً کمی برای رشد در دسترس گیاه می‌باشد. فراهمی پتاسیم در خاک‌ها به دلیل تفاوت در مواد مادری و اثر آبشویی متغیر می‌باشد. سه شکل پتاسیم (غیرقابل‌دسترس، بکندی قابل‌تبادل یا تثبیت‌شده و در دسترس یا قابل‌تبادل) به حالت تعادل در سیستم خاک وجود دارد (قیصر و روزن، 2018).

در مورد تعیین حد بحرانی پتاسیم در خاک‌های زیر کشت لوبیا در کشور تاکنون مطالعات کمی انجام‌شده است، اما مقادیر متفاوتی از حدود بحرانی عناصر غذایی در خاک‌های لوبیا کاری در مناطق مختلف گزارش‌شده است که ناشی از تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و نوع عصاره گیر بکار رفته می‌باشد (برنن و همکاران، 2001؛ ملکوتی و غیبی، 1379؛ مکنزی و همکاران، 2001؛ رهم و همکاران، 1997).

روش عصاره‌گیری خاک با استفاده از محلول استات آمونیوم یک مولار بیش از 50 سال برای تعیین مقدار پتاسیم قابل‌استفاده خاک رایج بوده است (سیمز، 2000). حد بحرانی با این روش بسته به پ هاش، ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار رس، کانی‌شناسی خاک و نوع محصول از 110 تا 200 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک ذکرشده است (هبی و همکاران 1990).

پاندا و پاترا (2018) بامطالعه 24 نمونه خاک ساحلی هند قابلیت استخراج هفت عصاره‌گیر پتاسیم را ارزیابی نمودند. آنان دریافتند که قدرت استخراج عصاره‌گیرها از عصاره‌گیر اولسن، استات‌آمونیوم یک مولار، کلرید کلسیم 0/02 مولار، بری و کورتز، اسید نیتریک یک نرمال، اسید نیتریک 0/1 نرمال و آب مقطر به ترتیب کاهش یافت. آنان عصاره‌گیرهای استات‌آمونیوم یک مولار، اسید نیتریک 0/1 نرمال و آب مقطر را به‌عنوان عصاره‌گیرهای مناسب برای استخراج پتاسیم قابل‌استفاده معرفی نمودند.

حسین پور و زارع نیا (2012) با استفاده از نه عصاره-گیر شیمیایی بر روی 15 نمونه خاک سطحی استان چهارمحال و بختیاری نشان دادند که عصاره گیرهای آب مقطر، کلرید باریم، اسید نیتریک و مهلیچ I با خصوصیات گیاه لوبیا نظیر غلظت و جذب کل پتاسیم، عملکرد نسبی و پتاسیم قابل‌استفاده خاک همبستگی معنی‌داری نشان دادند. حد بحرانی به‌دست‌آمده توسط این محققین در خاک‌های زیر کشت لوبیا با روش کیت و نلسون برای عصاره گیر آب مقطر 22، اسید نیتریک 0/1 مولار 190، مهلیچ I 28 و کلرید باریم 0/01 مولار 50 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود.

رهم و همکاران (1997) در خاک‌های زیر کشت لوبیا در مینه سوتا در آمریکا، حد بحرانی پتاسیم با روش استات‌آمونیوم را 80 میلی‌گرم بر کیلوگرم برآورد نمودند. شیلد و همکاران (1996) در خاک‌های لوبیا کاری نیمه غربی نبراسکا، حد بحرانی پتاسیم را با روش استات-

آمونیوم 125 میلی‌گرم در کیلوگرم ذکر می‌نمایند. مارکس و همکاران (1999) حد بحرانی پتاسیم با روش استات-آمونیوم را در خاک‌های ایالت اورگان 150 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک ذکر نموده و عنوان می‌کنند که مقدار کمتر از 150 میلی‌گرم پتاسیم به‌عنوان مقادیر پائین، بین 150 تا 250 میلی‌گرم، متوسط، 250 تا 800 میلی‌گرم، زیاد و بیش از 800 میلی‌گرم، خیلی زیاد می‌باشد. محققین آفریقای جنوبی حد بحرانی پتاسیم برای خاک‌های لوبیاکاری را 98 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک با عملکرد 2/5 تن در هکتار عنوان نمودند.

در استفاده از شاخص حد بحرانی برای توصیه کودی رهم و همکاران (1997) در خاک‌هایی با مقادیر پتاسیم کمتر از حد بحرانی (80 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، 35 تا 75 کیلوگرم و فرانزن و مورگان (1995) 17 تا 67 کیلوگرم پتاسیم در هکتار برای دستیابی به حداکثر عملکرد توصیه نمودند. شیلد و همکاران (1996) برای مقادیر حد بحرانی کمتر از 40 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک، 67 کیلوگرم در هکتار، بین 41 تا 74 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک، 45 کیلوگرم در هکتار، بین 75 تا 124 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک، 22 کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم توصیه می‌نمایند.

با توجه به نقش پتاسیم به‌عنوان یک عنصر ضروری پرمصرف و کمبود اطلاعات پژوهشی در این زمینه، ارزیابی عصاره گیرهای مختلف برای اندازه‌گیری پتاسیم قابل‌استفاده بر اساس سهولت دسترسی آزمایشگاه‌ها به مواد شیمیایی موردنیاز و نیز افزایش سرعت عمل عصاره‌گیری، همچنین تعیین همبستگی آن‌ها با ویژگی-های خاک‌های مختلف در این استان موردمطالعه قرار گرفت. همچنین پاسخ گیاه لوبیا به مصرف کود ارزیابی و حد بحرانی پتاسیم خاک تعیین شد.

مواد و روش

ابتدا از عمق 30-0 سانتیمتری 104 مزرعه تحت کشت لوبیا در محدوده شهرستان‌های خمین، شازند، خنداب و اراک در سال 1393 نمونه برداری خاک انجام شد. پس از خشک نمودن نمونه‌ها در معرض هوا و عبور از الک 2 میلی‌متر، مقدار پتاسیم قابل‌استفاده در خاک‌ها بر اساس روش استات‌آمونیوم یک مولار (ساتن و سی، 1958) تعیین و از بین آن‌ها تعداد 30 نمونه که حاوی مقادیر مختلف پتاسیم بودند از مناطق لوبیاکاری مورد اشاره در بالا انتخاب شد.

شش عصاره‌گیر شامل آب مقطر (مک لین، 1961)، اسیدکلریدریک 0/13 مولار (تیواری و همکاران، 1995)، اسیدنیتریک 0/5 مولار (ریتمیر، 1947)، کلرورکلسیم 0/025 مولار (ناس و پورکاستا، 1988)، محلول عصاره‌گیر اولسن (اولسن، 1954) و استات‌آمونیم یک مولار (ساتن و سی، 1958) برای استخراج پتاسیم قابل‌استفاده (جدول1) ارزیابی شد.

جدول 1- ویژگی‌های عصاره گیرهای به‌کاررفته برای مقایسه همبستگی آن‌ها با پاسخ گیاهی

نام روش	ترکیب شیمیایی	نسبت خاک به عصاره گیر	پ- هاش عصاره گیر	زمان تماس	منبع
استات‌آمونیوم	$NH_4OAc(1M)$	1:20	7	30 دقیقه شیکر با دور 150	ساتن و سی، 1958
آب مقطر	H_2O	1:2	7	دو ساعت	مک لین، 1961
اسیدکلریدریک	$HCl(0.13M)$	1:5	-	یک دقیقه	تیواری و همکاران، 1995
اسید نیتریک	$HNO_3(0.5M)$	1:10	-	10 دقیقه جوشان	ریتمیر، 1947
عصاره‌گیر اولسن	$NaHCO_3(0.5M)$	1:20	8/5	30 دقیقه	اولسن، 1954
کلرور کلسیم	$CaCl_2(0.025M)$	1:7	-	60 دقیقه	ناس و پورکاستا، 1988

همچنین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های انتخابی از قبیل بافت به روش هیدرومتر (بایکوس، 1962)، پ-هاش گل اشباع با الکترود شیشه‌ای (پیچ، 1965)، درصد کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسیدکلریدریک (آلیسون و مود، 1965)، درصد ماده آلی به روش اکسیداسیون با دی کرومات پتاسیم (واکلی و بلاک، 1934)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات‌سدیم (چاپمن، 1965)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل‌اشباع (رودز، 1996) تعیین و در جدول 2 منعکس شده است.

در آزمایش گلخانه‌ای، مقدار دو کیلوگرم از خاک‌های انتخاب‌شده داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد. برای بررسی تأثیر پتاسیم بر وزن ماده خشک، غلظت و جذب کل پتاسیم و رشد نسبی لوبیا از دو سطح صفر و 100 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک از منبع سولفات پتاسیم استفاده شد. در این آزمایش نیتروژن به میزان 150 میلی‌گرم در کیلوگرم به‌صورت اوره در دو نوبت (75 میلی‌گرم قبل از کاشت و 75 میلی‌گرم دو هفته بعد از کاشت) در تمام خاک‌ها مصرف شد. فسفر، منگنز، آهن، مس و روی به ترتیب به مقدار 20، 5، 5، 5 و 5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک اضافه شد. فسفر از منبع مونو کلیسم فسفات ($Ca(H_2PO_4)_2,H_2O$)، منگنز از منبع سولفات منگنز ($MnSO_4,H_2O$)، آهن از منبع سولفات آهن ($FeSO_4,7H_2O$)، مس از منبع سولفات مس ($CuSO_4,5H_2O$) و روی از منبع سولفات روی ($ZnSO_4,7H_2O$) تهیه و به گلدان‌ها اضافه شد (قنبری و همکاران، 1378؛ میرزاوند و مفتون، 1378). به‌غیراز پتاسیم موردمطالعه که در دو سطح استفاده گردید، سایر عناصر غذایی در تمامی خاک‌ها برای یکنواختی در یک سطح و به‌صورت محلول اضافه شد. پس از رساندن رطوبت خاک به حدود 80-70 درصد ظرفیت مزرعه‌ای، خاک درون هر کیسه پلاستیکی کاملاً مخلوط شده به داخل گلدان‌های استوانه‌ای از جنس پلاستیک به قطر 17 سانتیمتر و ارتفاع 15 سانتیمتر با گنجایش سه کیلوگرم خاک منتقل شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. در هفته سوم خردادماه تعداد 6 عدد بذر لوبیاچیتی رقم محلی خمین در عمق 4 سانتیمتری کشت شد. در پایان هفته دوم 3 دانه رست یکنواخت نگهداری شد. رطوبت گلدان‌ها در طول آزمایش در حد ظرفیت زراعی نگهداری شد. در مردادماه پس از اتمام مرحله رویشی و آغاز ورود گیاهان به فاز زایشی قسمت هوایی لوبیا برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد؛ و پس از شستشوی نمونه‌های گیاهی با آب مقطر، در آون 70 درجه سلسیوس خشک شد. پس از تعیین وزن ماده خشک، نمونه‌ها آسیاب و پس از هضم خشک (کمپل و پلانک، 1998) غلظت پتاسیم نمونه‌های گیاه با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر جنوی (Jenway-PFP7) اندازه‌گیری شد. سپس جذب کل پتاسیم (حاصل‌ضرب وزن ماده خشک در غلظت پتاسیم) در هر گلدان و عملکرد نسبی (نسبت وزن ماده خشک تولیدی در تیمار شاهد به وزن ماده خشک تولیدی در تیمار کود خورده) در هر خاک و حد بحرانی پتاسیم با استفاده از روش تصویری کیت نلسون (کیت و نلسون، 1971) تعیین شد. ارتباط بین پتاسیم استخراج‌شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف با پاسخ‌های گیاهی توسط معادلات رگرسیونی بررسی شد. همچنین پاسخ گیاه لوبیا نسبت به مصرف پتاسیم و ارتباط آن با ویژگی‌های خاک‌ها توسط نرم‌افزارهای SPSS و Excel مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک‌های مورداستفاده:

شاخص‌های آمار توصیفی ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه در این آزمایش در جدول 3 نشان داده‌شده است. نتایج این جدول نشان داد که دامنه تغییرات پتاسیم قابل‌استفاده با روش عصاره‌گیر استات آمونیوم در خاک از 95 تا 400 میلی گرم در کیلوگرم با میانگین 232/0 در نوسان بود. خودشناس و دادیور (1384) در مطالعه پراکنش وضعیت عناصر غذایی در تعدادی از خاک‌های زیر کشت لوبیا در استان مرکزی، میانگین پتاسیم قابل‌استفاده را با روش عصاره‌گیر استات‌آمونیوم 220 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش نمودند همچنین دامنه مقادیر کربنات کلسیم معادل از 7/5 تا 52/5 و با میانگین 30/4 درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی از 7 تا 27/6 و با میانگین 17/5 سانتی مول بر کیلوگرم، قابلیت هدایت الکتریکی از 0/43 تا 1/19 و با میانگین 0/64 دسی زیمنس بر خاک‌ها از 7/7 تا 8/1 با میانگین 7/9 متغیر بوده است که دامنه تغییرات این ویژگی‌ها با نتایج محققین فوق‌الذکر تطابق متر، کربن آلی از 0/4 تا 1/56 با میانگین 67/ 0 درصد، میزان رس خاک‌ها از 14/3 تا 48/3 با میانگین 33/6 درصد و پ هاش دارد.

جدول 2 – ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی خاک‌های موردمطالعه

شماره خاک	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	پتاسیم قابل‌استفاده (عصاره‌گیر استات-آمونیوم) (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کربنات کلسیم معادل (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	پ-هاش	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کلاس بافت	کربن آلی (درصد)
1	49/9569	33/6306	95	40/0	11/0	0/75	7/9	22	38	40	لوم	0/4
2	49/9764	33/6342	100	30/0	8/5	0/65	7/9	18	22	60	لوم شنی	0/4
3	49/9631	33/6500	110	27	15/5	0/45	8/0	25	33	42	لوم	0/6
4	50/1742	33/6969	115	25	7/0	1/00	7/8	10	30	60	لوم شنی	0/9
5	49/4250	33/9507	125	14/0	16/0	0/80	7/9	21	24	55	لوم رسی شنی	0/6
6	49/9392	33/6675	132	34	11/5	0/43	8/0	23	32	45	لوم	0/5
7	49/9678	33/6494	140	23	12/5	0/50	7/9	30	40	30	لوم رسی	0/4
8	49/9583	33/6306	144	52/5	18/5	0/8	7/9	42/3	34/4	23/3	رسی	0/48
9	49/9764	33/6342	156	37	13/5	0/68	7/9	32/3	33/4	34/3	لوم رسی	0/45
10	49/9631	33/6500	165	35	24/4	0/45	7/9	44/3	35/4	20/3	رسی	0/75
11	50/1742	33/6969	180	33/5	11/2	1/19	7/8	14/3	45/4	40/3	لوم	1/09
12	49/4264	33/9508	200	18/0	24/9	0/88	8/0	36/3	25/4	38/3	لوم رسی	0/72
13	49/9722	33/6319	208	47/0	23/6	0/53	7/8	44/3	33/4	22/3	رسی	0/84
14	49/9392	33/6675	213	46/5	18/6	0/45	8/1	42/3	31/4	26/3	رسی	0/66
15	49/5036	34/0158	220	28	20	0/53	7/7	30/3	43/4	26/3	لوم رسی	0/55
16	49/9269	33/6578	227	31/5	17/9	0/55	8/0	32/3	39/4	28/3	لوم رسی	0/75
17	49/9686	33/6500	231	32/0	21/6	0/56	8/0	48/3	29/4	22/3	رسی	0/47
18	49/9569	33/6464	239	29/0	20/5	0/55	7/9	36/3	27/4	36/3	لوم رسی	0/57
19	49/8539	33/6728	256	18/5	18/1	0/51	7/9	42/3	25/4	28/3	رسی	0/54
20	49/8589	33/6814	273	19	27/6	0/43	7/8	44/3	31/4	24/3	رسی	0/61
21	49/9289	33/6647	292	32	23	0/46	7/9	38/3	37/4	24/3	لوم رسی	0/68
22	49/4242	33/9494	306	7/5	24/2	0/50	7/7	38/3	33/4	28/3	لوم رسی	0/68
23	49/1347	33/6800	350	38	15/1	1/03	7/7	32/3	39/4	28/3	لوم رسی	1/56
24	49/9447	33/6619	353	31/5	19/9	0/51	7/9	40/3	31/4	28/3	لوم رسی	0/54

25	50/1769	49/6717	34/1223	33/6694	33/6994	380	36/5	13/5	0/88	8/0	26/3	39/4	34/3	لوم	1/09
26	49/9097	49/6623	34/1308	33/6694	34/2739	400	24/5	16/6	0/46	7/9	48/3	33/4	18/3	رسی	0/66
27	49/6717	49/3353	34/2739	34/1223	33/6694	158	25/4	13/8	0/84	7/9	35/6	32/0	32/4	لوم رسی	0/69
28	49/6623	49/3244	34/2139	33/6694	34/1308	163	35/2	19/5	0/44	8/0	31/6	34/2	34/2	لوم رسی	0/65
29	49/3353	49/3244	34/2139	34/2739	34/1308	255	20/0	15/0	0/78	8/0	39/0	36/1	24/9	لوم رسی	0/79
30	49/3244	49/6623	34/1308	34/2139	34/1223	352	40/6	21/2	0/50	7/9	28/4	30/1	41/5	لوم رسی	0/55

جدول 3 - شاخص‌های آمار توصیفی ویژگی‌های خاک‌های موردمطالعه

شاخص‌های آماری	پتاسیم قابل‌استفاده (عصاره‌گیر استات-آمونیوم) (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کربنات کلسیم معادل (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	پ- هاش	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کربن آلی (درصد)
میانگین	232/0	30/4	17/5	0/64	7/9	33/6	33/1	33/8	0/67
میانه	210/5	31/5	18	0/54	7/9	34/3	33	29	0/6
انحراف استاندارد	89/6	10/3	5/4	0/21	0/1	9/9	5/8	11/4	0/26
حدود اطمینان 5%	34/4	3/9	2/1	0/08	0/04	3/8	2/2	4/4	0/10
حدود اطمینان 1%	45/3	5/2	2/7	0/11	0/05	4/9	2/9	5/7	0/13
بیشینه	400	52/5	27/6	1/19	8/1	48/3	45	60	1/56
کمینه	95	7/5	7	0/43	7/7	14/3	22	19	0/4

تأثیر مصرف پتاسیم بر پاسخ‌های گیاه لوبیا

نتایج تجزیه واریانس در جدول 4 نشان داد که تأثیر خاک و کود به‌طور جداگانه بر پارامترهای وزن ماده خشک، غلظت و جذب کل پتاسیم در سطح یک درصد معنی‌دار بود. تأثیر برهمکنش خاک و کود در سطح پنج درصد بر غلظت پتاسیم گیاه معنی‌دار بود، اما بر سایر ویژگی‌ها معنی‌دار نبود.

جدول 4 – نتایج تجزیه واریانس اثر پتاسیم بر ویژگی‌های موردمطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن ماده خشک (گرم در گلدان)	غلظت پتاسیم (درصد)	جذب کل پتاسیم (میلی‌گرم بر گلدان)
خاک	29	2/52**	0/210**	1588/2**
پتاسیم	1	5/17**	3/35**	12247/5**
خاک x کود	29	0/42ns	0/08*	315/3 ns
خطا	120	0/47	0/047	252/5
ضریب تغییرات	-	18/05	11/0	20/1

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح 5 درصد، 1 درصد و عدم معنی‌داری است.

در جدول 5 نتایج تأثیر مصرف پتاسیم بر صفات اندازه‌گیری شده گیاه در هر خاک به‌طور جداگانه نشان داده‌شده است. میانگین تأثیر پتاسیم بر پاسخ‌های گیاهی نشان داد که مصرف 100 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد به وجود آورد، به‌طوری‌که این افزایش برای ماده خشک، غلظت و جذب کل پتاسیم به ترتیب 10، 15/8 و 26/5 درصد نسبت به تیمار شاهد بود. آینی و تانگ (1998) با مصرف 240 میلی‌گرم پتاسیم بر کیلوگرم، افزایش رشد اندام هوایی و غلظت پتاسیم را در گیاه باقلا گزارش نمودند.

بر اساس نتایج جدول 5، عملکرد از 57/6 درصد در خاک 6 تا 123 درصد در خاک 24 متغیر و با پتاسیم خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. پتاسیم قابل‌استفاده خاک‌های یادشده به ترتیب 132 و 353 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. به‌طورکلی می‌توان گفت که مصرف کود پتاسیم در خاک‌های دچار کمبود، باعث افزایش عملکرد نسبی می‌شود (آینی و تانگ، 1998؛ حسین پور و زارع نیا، 2012).

میانگین غلظت پتاسیم در تیمار شاهد 1/83 درصد بود که با مصرف 100 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم به 2/12 درصد رسید. این افزایش براثر ازدیاد فراهمی پتاسیم به‌واسطه مصرف کود می‌باشد که با نتایج سایر محققین انطباق دارد (رهم و همکاران 1997 و فرانزن و مورگان 1995).

میانگین جذب کل پتاسیم تیمار شاهد از 66/97 به 84/69 میلی‌گرم در گلدان در تیمار مصرف پتاسیم رسید که افزایش وزن ماده خشک و غلظت پتاسیم گیاه براثر مصرف کود از دلایل آن است. در خاک‌های 19 و 29 وزن ماده خشک بر اثر مصرف کود پتاسیم افزایش پیدا کرده است اما تاثیر آن بر غلظت پتاسیم به علت پدیده اثر رقت کاهشی بوده است که به این دلیل جذب کل در این خاک‌ها کاهش نشان می دهد (حسین پور و زارع نیا، 2012). مکنزی و همکاران (2001) گزارش نمودند که در خاک‌های کانادا با مصرف 50 کیلوگرم پتاسیم در هکتار غلظت پتاسیم و عملکرد دانه لوبیا افزایش یافت. ابراهیم و همکاران (2010) در مطالعه‌ای در خاک‌های لوبیاکاری مصر با سه سطح پتاسیم و سه سطح منیزیم نشان دادند که پارامترهای رشد نظیر ارتفاع، تعداد برگ، عملکرد، طول غلاف و درصد پروتئین کل با مصرف پتاسیم افزایش یافت.

جدول 5- تأثیر مصرف کود پتاسیم بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

خاک	عملکرد نسبی (درصد)	ماده خشک (گرم در گلدان)		غلظت پتاسیم کل در ماده خشک گیاه (درصد)		جذب کل پتاسیم (میلی‌گرم در گلدان)	
		سطوح کود پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)					
		0	100	0	100	0	100
1	78/9	3/21	4/07	1/41	1/87	45/44	76/83
2	66/3	2/44	3/68	1/64	2/01	40/25	74/09
3	75/8	2/89	3/81	1/42	1/84	41/07	70/12
4	69/0	2/55	3/64	1/67	2/40	42/71	87/07
5	84/5	2/84	3/36	1/78	2/25	50/04	75/54
6	57/6	2/44	4/23	1/72	2/29	41/34	94/56
7	67/4	2/04	3/02	1/82	2/13	37/14	64/55
8	96/8	3/99	4/12	1/64	1/87	64/72	75/86
9	91/3	3/73	4/09	1/84	2/03	68/35	82/72
10	99/7	3/84	3/85	1/77	1/99	67/80	76/03
11	89/4	4/04	4/52	2/04	2/52	82/68	114/69
12	92/6	3/39	3/66	1/98	2/15	66/87	78/60
13	90/1	3/89	4/32	1/64	2/08	64/22	89/19
14	95/6	3/65	3/81	1/95	1/87	70/84	70/15
15	99/8	3/89	3/90	1/77	2/12	68/67	82/55
16	107/1	3/95	3/69	1/98	2/44	78/11	88/74
17	105/4	3/96	3/76	1/80	2/02	71/52	76/88
18	94/6	4/22	4/46	1/63	1/87	68/37	82/62
19	93/9	4/26	4/53	2/00	1/63	87/54	75/02
20	96/5	2/87	2/97	1/93	2/14	55/62	63/21
21	95/5	5/49	5/74	1/82	2/13	99/61	123/51
22	101/2	3/91	3/87	2/17	2/13	83/31	83/07
23	95/6	3/82	3/99	1/93	2/29	73/48	90/38
24	123	3/92	3/19	1/78	2/30	69/25	75/63
25	100/6	4/95	4/92	2/23	2/57	110/48	127/33
26	90/7	4/17	4/60	2/21	2/19	91/78	104/67
27	91/1	3/74	4/10	1/80	2/02	67/20	75/90
28	99/5	3/88	3/90	1/75	1/97	67/82	82/75
29	94	4/28	4/55	1/95	1/65	87/55	82/60
30	95/5	3/84	4/02	1/91	2/28	73/50	83/05
میانگین	-	3/63[b]	3/99[a]	1/83[b]	2/12[a]	66/97[b]	84/69[a*]

*میانگین‌های که دارای حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

انتخاب عصاره‌گیر مناسب برای استخراج پتاسیم قابل استفاده خاک بر مبنای همبستگی زیاد بین پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیر با ویژگی‌هایی مانند عملکرد، وزن ماده خشک، غلظت و جذب کل پتاسیم مرتبط است (مفتون و همکاران، 2009؛ حسین پور و سماواتی، 2007).

جدول 6- ضریب همبستگی بین غلظت پتاسیم استخراج شده با عصاره‌گیرهای مورد مطالعه و پاسخ‌های گیاه لوبیا

پاسخ‌های گیاهی	آب مقطر	اسیدکلریدریک 0/13 مولار	اسید نیتریک 0/5 مولار	محلول کلرور کلسیم 0/025	محلول عصاره گیر اولسن	محلول استات آمونیوم ۱ مولار
وزن ماده خشک	-0/03	0/02	0/03	0/09	0/12	0/33
غلظت پتاسیم	-0/01	-0/07	0/21	0/06	0/12	0/67**
جذب کل پتاسیم	-0/03	-0/02	0/14	0/11	0/16	0/63**

**، معنی‌دار در سطح یک درصد

بررسی نتایج ضریب همبستگی عصاره‌گیرهای مختلف با پاسخ‌های گیاهی (جدول 6) نشان داد که عصاره‌گیر استات آمونیم، ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری با غلظت (0/67**) و جذب کل پتاسیم گیاه (0/63**) داشت درحالی‌که سایر عصاره‌گیرها همبستگی معنی‌داری با هیچ‌کدام از پاسخ‌های گیاهی نشان ندادند. قابلیت تبادل کاتیون آمونیوم به جای پتاسیم بر روی لایه‌های رس می‌تواند از دلایل بالاتر بودن همبستگی این عصاره‌گیر نسبت به سایر عصاره‌گیرها به پاسخ‌های گیاهی باشد (پاندا و پاترا، 2018). استات‌آمونیم با سه عصاره‌گیر اسید نیتریک، کلرید کلسیم و اولسن همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت که در این میان نیتریک اسید زیادترین همبستگی را نشان داد اما ازآنجاکه اسید نیتریک با هیچ‌یک از پاسخ‌های گیاهی همبستگی معنی‌داری نداشت برای ارزیابی پاسخ‌های گیاهی مناسب نیست.

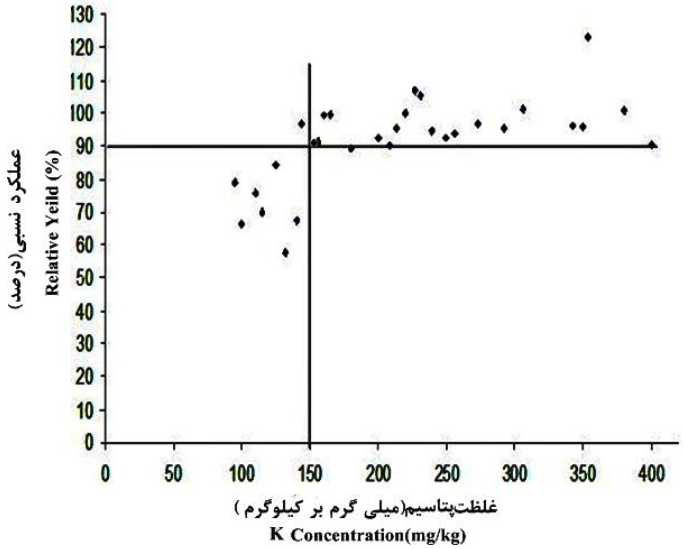
مفتون و همکاران (2009) در مطالعه بر روی خاک‌های آهکی استان فارس با ده عصاره‌گیر نشان دادند که اسید نیتریک کمترین همبستگی را با پاسخ‌های گیاهی دارد آن‌ها همچنین عنوان کردند که از بین ویژگی‌های خاک، مقادیر پتاسیم استخراج‌شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف با ظرفیت تبادل کاتیونی، لای و آهک ارتباط معنی‌داری نشان می‌دهد. غیر از استات‌آمونیم، سایر عصاره‌گیرها همبستگی مثبت و معنی دار با آب مقطر دارند. به دلیل این‌که پتاسیم محلول، همبستگی ضعیفی با پتاسیم گیاه دارد (جدول 6)، استات‌آمونیوم که پتاسیم محلول و تبادلی را عصاره‌گیری می نماید در این راستا از کارایی زیادتری برخوردار است.

حسین پور و سماواتی (2007) بین عصاره-گیرهای پتاسیم و همچنین بین عصاره‌گیرها و عملکرد نسبی و جذب کل پتاسیم گیاه ذرت همبستگی زیادی مشاهده نمودند. پاندا و پاترا (2018) در مطالعه‌ای بر روی هفت عصاره‌گیر پتاسیم در خاک‌های ساحلی هند به این نتیجه رسیدند که زیادترین همبستگی پتاسیم عصاره‌گیری شده با جذب کل گیاه از عصاره‌گیر اسید نیتریک 0/1 نرمال و کمترین همبستگی از کلرید کلسیم به دست آمد.

با استفاده از روش تصویری کیت – نلسون (شکل یک) میزان حد بحرانی پتاسیم در خاک‌های موردمطالعه 150 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به دست آمد. در خاک‌هایی که مقادیر پتاسیم قابل‌استفاده بالاتر از حد بحرانی دارند، عملکرد نسبی بیش از 90 درصد می‌باشد و احتمال پاسخ گیاه به مصرف کود در این خاک‌ها ناچیز است. مقدار حد بحرانی به‌دست‌آمده از نتایج این طرح با نتیجه مارکس و همکاران (1999) مشابه بود. حسین پور و سماواتی (2007) حد بحرانی پتاسیم قابل‌استفاده را با عصاره گیر استات‌آمونیوم در خاک‌های زیر کشت ذرت در همدان 145 میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش نمودند.

همچنین در دامنه ارائه‌شده توسط هبی و همکاران (1990) که حد بحرانی را بین 110 تا 200 میلی گرم در کیلوگرم خاک ذکر نمودند قرار می گیرد اما نتایج این پژوهش در مقایسه با مقادیر به‌دست‌آمده توسط رهم و همکاران (1997)، فرانزن و مورگان (1995)، شیلد و همکاران (1996) و مقدار گزارش شده توسط استیونز و همکاران (2012) زیادتر می باشد. ویژگی‌های خاک‌های یک منطقه مانند پ هاش، ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار رس کانی‌شناسی خاک و نوع محصول و به‌خصوص روش عصاره‌گیری مورداستفاده ازجمله مهم‌ترین دلایل متفاوت بودن مقدار حد بحرانی توسط هبی و همکاران (1990) عنوان‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که 30/7

درصد خاک‌های مورداستفاده دارای مقدار پتاسیم کمتر از 150 میلی‌گرم و 69/3 درصد زیادتر از حد بحرانی به‌دست‌آمده است.



شکل 1- حد بحرانی پتاسیم در خاک‌های موردمطالعه

ارتباط پاسخ‌های گیاهی و ویژگی‌های خاک

نتایج ضریب همبستگی بین پاسخ‌های گیاهی و ویژگی‌های خاک در جدول 7 نشان می‌دهد که ماده خشک با مقدار پتاسیم قابل‌استفاده ($r = 0/658^{**}$)، ظرفیت تبادل کاتیونی ($r = 0/413^{*}$)، درصد رس ($r = 0/422^{*}$) و درصد شن ($r = -0/566^{**}$) همبستگی معنی‌داری دارد. نتایج برازش ماده خشک و ویژگی‌های خاک از طریق معادله رگرسیون چند متغیره (معادله 1) نشان داد که با واردکردن پتاسیم قابل‌استفاده و کربنات کلسیم معادل، 53/1 درصد از تغییرات ماده خشک در خاک‌های موردمطالعه قابل پیش‌بینی است.

خودشناس و مفتون (1384) در خاک‌های آهکی فارس نشان دادند که با وارد نمودن کربنات کلسیم معادل، لای، ظرفیت تبادل کاتیونی و هدایت الکتریکی در معادله رگرسیون، 64 درصد از تغییرات وزن ماده خشک گیاه برنج قابل پیش‌بینی است. شریفی (1377) نشان دادند که هدایت الکتریکی عصاره‌اشباع، ضریب گاپون، درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی از عوامل خاکی مهم بر روی عملکرد ذرت هستند که حدود 87 درصد از تغییرات ماده خشک توسط این چهار عامل قابل توجیه است.

معادله 1

$$DM = 1.568 + 0.006K_{ava} + 0.024CCE \qquad R^2 = 0.531^{**}$$

غلظت پتاسیم گیاه با دو ویژگی پتاسیم قابل‌استفاده در خاک ($r = 0/708^{**}$) و کربن آلی ($r = 0/403^{**}$) همبستگی معنی‌داری دارد. همچنین واردکردن پتاسیم قابل‌استفاده در معادله رگرسیون 2، 50/1 درصد تغییرات در غلظت پتاسیم گیاه را برآورد می‌نماید.

معادله 2

$$K_{Conc.} = 1.469 + 0.002K_{ava} \qquad R^2 = 0.501^{**}$$

جذب کل پتاسیم گیاه با پتاسیم قابل‌استفاده خاک ($r = 0/784^{**}$)، کربن آلی ($r = 0/409^{*}$) و درصد شن ($r = 0/536^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان می‌دهد. همچنین در معادله رگرسیون 3، پارامتر پتاسیم قابل‌استفاده می‌تواند 61/5 درصد از تغییرات جذب کل پتاسیم گیاه را پیش‌بینی کند.

معادله 3

$$K_{Up.} = 30.870 + 1.167K_{ava} \qquad R^2 = 0.615^{**}$$

پاندا و پاترا (2018) بامطالعه در خاک‌های ساحلی هند دریافتند که در برازش بین جذب کل پتاسیم گیاه به‌عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های خاک به‌عنوان متغیر مستقل، پتاسیم قابل‌استخراج، اسیدیته، شن، لای و قابلیت هدایت الکتریکی نقش داشتند.

جدول 7 - ضریب همبستگی پاسخ‌های گیاهی و ویژگی‌های خاک

پاسخ‌های گیاه	ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی خاک‌های موردمطالعه								
	پتاسیم قابل‌استفاده (میلی‌گرم در کیلوگرم)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم)	کربنات کلسیم معادل (درصد)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	پ-هاش	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کربن آلی (درصد)
ماده خشک (گرم در گلدان)	0/658**	0/413 *	0/233 ns	0/005 ns	-0/022 ns	ns 0/422	ns 0/269	-0/566**	ns 0/310
غلظت پتاسیم در ماده خشک گیاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	0/708**	0/211 ns	-0/322 ns	0/104 ns	-0/062 ns	ns 0/255	ns -0/341	-0/341ns	0/403*
جذب کل پتاسیم (میلی‌گرم بر گلدان)	0/784**	0/352 ns	0/042 ns	0/061 ns	-0/023 ns	ns 0/388	ns 0/269	-0/536**	0/409*

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح 5 درصد، 1 درصد و عدم معنی‌داری است.

نتیجه‌گیری

از میان شش عصاره‌گیر مورداستفاده در خاک‌های موردمطالعه، استات‌آمونیم ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری با غلظت و جذب کل پتاسیم گیاه لوبیا نشان داد. درحالی‌که سایر عصاره‌گیرها همبستگی معنی‌داری با هیچ‌کدام از پاسخ‌های گیاهی نشان ندادند. حد بحرانی پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های لوبیاکاری استان مرکزی 150 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک با روش عصاره‌گیری استات‌آمونیوم یک مولارتعیین گردید. نتایج این بررسی در صورت تأئید در آزمایش‌های مزرعه‌ای می‌تواند در خاک‌های تحت کشت لوبیا، معیار دقیقی برای تفسیر نتایج اندازه‌گیری و مصرف کود پتاسیم باشد. جذب‌کل پتاسیم توسط اندام‌های هوایی در مرحله رشد رویشی گیاه با مقدار پتاسیم قابل‌استفاده بومی و مقدار کربن آلی خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار و با شن خاک همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. افزایش مقدار ماده آلی خاک سبب افزایش جذب کل پتاسیم شده و منجر به افزایش رشد و تولید می‌شود.

فهرست منابع:

1. خودشناس، م. ع.، ج. قدبیک لو، و م. دادیور. 1396. حد بحرانی آهن برای لوبیا در استان مرکزی. مجله آب و خاک:31(4): 1158-1148.
2. خودشناس، م. ع. و م. دادیور . 1384. بررسی پراکنش وضعیت عناصر غذایی در خاک‌های زیر کشت لوبیا استان مرکزی. مقالات اولین همایش ملی حبوبات. دانشگاه فردوسی مشهد.
3. شریفی، مهدی . 1377. انتخاب عصاره گیر مناسب جهت استخراج پتاسیم قابل‌جذب برای گیاه ذرت در خاک‌های منطقه مرکزی استان اصفهان ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان ، اصفهان، ایران.
4. قنبری، ع.، م. مفتون، و ن. ع. کریمیان. 1378. تأثیر فسفر بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت در تعدادی از خاک‌های آهکی استان فارس. ششمین کنگره علوم خاک ایران . دانشگاه فردوسی مشهد.
5. ملکوتی، م. ج. و م. ن. غیبی. 1379. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه. نشر آموزش کشاورزی. 92 صفحه.
6. موسسه تحقیقات خاک و آب. 1379. راهنمای کالیبراسیون آزمون خاک جهت توصیه کودی. نشریه فنی شماره 1104.

7. میرزا وند، ج. و م. مفتون . 1378 . ارزیابی گلخانه ایی برهمکنش فسفر و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج در سه خاک آهکی و ماندابی در فارس. ششمین کنگره علوم خاک ایران . دانشگاه فردوسی مشهد.
8. Aini, N., and C. Tang. 1998. Diagnosis of potassium deficiency in faba bean and chickpea by plant analysis . Aust. J. Exper. Agric. 38: 503-509.
9. Allison, L.E., and C.D. Moodie. 1965. Carbonate. p. 1379-1396. In C.A. Black (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2. Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wis, USA.
10. Bargaz, A., M. Faghire, N. Abdi, M. Farissi, B. Sifi, J. Drevon, M. Ikbal and C. Ghoulam. 2012. Low soil phosphorus availability increase acid phosphatases activities and affects P partitioning in nodules , seeds and rhizosphere of pgaseolus vulgaris. Agri. 2: 139-153. Doi:10.3390/agriculture2020139.
11. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 464-465.
12. Brennan, R.F., M.D.A. Bolland, and K.H.M. Siddique. 2001. Response of cool-season grain legumes and wheat to soil applied zinc. j. Plant nutr. 24: 727-741.
13. Campbell, C. R. and C. O. Plank. 1998. Preparation of plant tissue for laboratory analysis. In Handbook of reference methods for plant analysis, Edited by: Kalra, Y. p. 37–49. Boca Raton, Fl: CRC Press.
14. Cate, R.B.Jr, and L.A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 658-660.
15. Franzen, D.W., and J. Morghan. 1995. Fertilizing pinto Navy and other dry edible bean. [online] Available: http:// www. ext. nodak. edu/extpubs/plantsci/soilfert/sf720.htm.
16. Haby, V. A., M.P. Russelle, and E.O. Skogley. 1990. Testing soils for potassium, calcium , and magnesium. p. 181-227. In R.L. Westerman (ed.) Siol testing and plant analysis. 3rd Ed. Siol Sci. Soc. of America, Madison, WI.
17. Hosseinpur, A.R., and M. Zarenia. 2012. Evaluating chemical extractants to estimate available potassium for pinto beans (*Phaseolus vulgaris L.*) in some calcareous soils. Plant Soil Environ. 58: 42–48.
18. Hosseinpur, A.R., and M. Samavati. 2007. Evaluation of Chemical Extractants for the Determination of Available Potassium. [on line] Available: https://doi.org/10.1080/00103620802006693.
19. Ibrahim, H.A., U.A. El-Behairy, M. EL-Desuki, M.O. Bakry, and A.F. Abou–Hadid. 2010. Research J. Agri. Bio. Sci. 6: 834-839.
20. Kaiser, D.E., and C.J., Rosen. 2018. Potassium for crop production. University of Minnesota extension. [on line] Available: https://extension.umn.edu/phosphorus-and-potassium/potassium-crop-production.
21. MacLean, A. J. 1961. Potassium-supplying power of some Canadian soils. Can. J. Soil Sci. 41: 196–206.
22. Maftoun, M., M.A.Khodshenas., and A.S.Gholami. 2009. Assessment of chemical extractants to predict available potassium for rice in calcareous soils. Agrochimica. 53: 284-295.
23. Marx, E.S., j. Hart, and R.G. Stevens. 1999. Soil test interpretation guide. Oregan State University Service. Ec 1478.
24. Mckenzie, R.H., A.B. Middleton, K.W. Seward, R.Gaudiel, C. Wildschut, and E. Breme. 2001. Fertilizer responses of dry bean in southern alberta. Can. j. Plant Sci. 81: 343- 350.
25. Nath, A.K., and S. Purkaystha. 1988. A study on soil test and crop response in respect to potassium in acid alluvial soils of assam. J. Indian Soc. Soil Sci. 36: 120-124.
26. Olsen, S. R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular 939, p. 19. Washington, DC US Department of Agriculture.

27. Panda, R., and S., K. Patra. 2018. Assessment of Suitable Extractants for Predicting Plant-available Potassium in Indian Coastal Soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 49: 1157-1167.
28. Peech, M. 1965. Hydrogen ion activity. p. 914-925. In C.A. Black (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2. Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wis, USA.
29. Rehm, G., M. Schmitt, and R. Eliason. 1997. Fertilizer recommendation for edible beans in Minnesota. University of Minnesota Extension Service. Fo-6572-Goo.
30. Reitemeier, R. F., Holmes, R. S., Brown, I. C., Klipp, L. W., Parks,. R. Q. 1947. Release of nonexchangeable potassium by greenhouse, Neubauer, and laboratory method. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 12: 158-165.
31. Rhoades, J. D. 1996. Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. P. 417-436. In J. M. Bigham(ed.). Methods of Soil Analysis. Madison, Wisconsin, USA.
32. Schild, J., D. Nuland, G. Hergert, B. Wilson. 1996. Fertilizer management for dry edible beans. Nebguide. G92-1102- A.
33. Sims, T.J. 2000. Soil fertility evaluation. P.D113-D153. In M.E. Sumner (ed.) Handbook of soil science. CRC press llc.
34. Stevens, JB., P.S. van Heerden., P. Reid., A. Liebenberg., E. Hagedoorn., and G. de Kock. 2012. Training material for extension advisors in irrigation water management. WRC REPORT NO. TT 540/8/12. University of Pretoria.
35. Sutton, P. and Seay, W. A. 1958. Relationship between the potassium removed by millet and red clover and the potassium extracted by four chemical methods from six Kentucky soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 22: 110–115.
36. Tisdal, S.L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. 4 th.ed., Mc Millan Publishing co., New York, NY.
37. Tiwari, A., K.N. Tiwar, and S.G. Misra. 1995. Soil test methods and critical limits of potassium in soil and plants for wheat grown in Typic Ustochrepts. J. Indian. Soc. Soil Sci. 43: 408-413.
38. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. Soil Sci. 37: 29-37.
39. Wondimu W., and T. Tana. 2017. Yield Response of Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Varieties to Combined Application of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers at Mechara, Eastern Ethiopia. J Plant Biol Soil Health.;4(2): 7.

Evaluation of chemical extractants and determination of the potassium critical level in soils under the bean cultivation

M. A. Khodshenas[1], J. Ghadbeiklou, and M. Dadivar
Academic Member, Markazi Agricultural and Resources Research and Training Center; Email: khodshenasm@gmail.com
Academic Member, Markazi Agricultural and Resources Research and Training Center, AREEO, Arak, Iran; Email: ghadbykloo@gmail.com
Academic Member, Soil and Water Department, Khorasan Razavi Agricultural and Resources Research and Training Center,AREEO, Mashhd, Iran; Email: dadivarm@yahoo.com
Received: September,2020 and Accepted: March,2021

Abstract

Soil tests play a very important role in management of nutrients in the field. The efficiency of a soil test result depends on extractant suitability for determination of available nutrient. Also, for calibration of each nutrient in the soils of a specific region and plant, a critical limit should be determined so that the soil test for each element can be the basis of fertilizer recommendation. Bean (Phaseolus vulgaris *L.*) is important agricultural product due to high protein. Due to the lack of relevant information in this field, this study was conducted on bean soils in Markazi province. 30 samples of surface soil (0-30cm) with a wide range in terms of available potassium, as well as physical and chemical properties were selected from the bean cultivation soils of the Markazi province and after preparing soil samples in the greenhouse, beans were planted in them.In order to evaluate the response of bean to potassium fertilizer application, two levels of 0 and 100 $mgKkg^{-1}$ were used as potassium sulfate in this experiment. The greenhouse experiment was performed in a completely randomized design with three replications. At the end of the growing season, harvested plants and plant responses including dry matter weight, potassium concentration and uptake, and relative growth were determined. Six extractants including distilled water, hydrochloric acid 0.13M, nitric acid 0.5M, calcium chloride 0.025M, Olsen and ammonium acetate 1M were evaluated to extraction of available potassium. The results of analysis of variance showed that the main effects of soil and potassium fertilizer were significant ($p<0.01$) on dry matter weight, potassium concentration and uptake. But the effect of soil and fertilizer interaction was significant only on plant potassium concentration.Comparison of the mean showed that the effect of potassium fertilizer application were significant on plant responses.The results of correlation coefficient of different extractants with plant responses showed that ammonium acetate (1M) had a positive and significant correlation with plant potassium concentration (0.67**) and uptake (0.63**) while other extractants did not show a significant correlation.Using the Cate and Nelson visual method, the potassium critical level was obtained 150 $mgkg^{-1}$ soil by extracting with ammonium acetate. Dry matter weight had a positive and significant correlation with available potassium concentration, cation exchange capacity, clay and sand. Plant potassium concentration and uptake had a positive and significant correlation with available potassium concentration (r=0.555**) and soil organic carbon (r = 0.620*).

Key words: Soil test, Calibration

[1]- Corresponding author: Markazi Agricultural and Resources Research and Training Center, AREEO, Arak, Iran.