





پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی خاکشناسی گرایش شیمی و
حاصلخیزی خاک

ارزیابی عصاره‌گیرهای مختلف برای تعیین پتاسیم قابل استفاده لوبیا
چیتی در برخی از خاک‌های استان چهارمحال و بختیاری

استاد راهنما:

دکتر علیرضا حسین پور

استاد مشاور:

دکتر محمود رضا تدین

دکتر شهرام کیانی

پژوهشگر:

میلاد زارع نیا

تیر ماه ۱۳۹۰

این پایان نامه تقدیم می‌گردد به

انسان‌هایی که به دغدغه‌هایی بزرگتر و فراتر از خودمی‌اندیشند

مشکر و قدردانی

حمد و سپاس خداوندی بمانند که ما را به نور علم زینت بخشید و در اندوختن آن استوار ساخت. خدایا ما را از ساگران در کاهت و حقیقت جویان راهت قرارم ده و مریاری کن که در آموختن نلغزم و آنچه را که آموخته‌ام، به شایستگی عرضه نمایم.

اینک که در تو الطاف بیکران خداوند نشان بخارش این پیمان نامه به اتمام رسید، بر خود واجب می‌دانم از کلیه عزیزانی که من را در انجام این تحقیق یاری نموده‌اند، کمال مشکر و سپاسگزاری را بنمایم.

ضمن قدردانی از زحمات فراوان پدر، مادر بزرگوارم و برادرانم که از پیچ کوششی در راه تحصیل من دریغ نکردند، از زحمات استاد راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر علیرضا حسین پور که بار، نمودهای حکیمانده خویش در کلیه مراحل این تحقیق اینجانب را یاری نمودند، کمال مشکر را دارم. همچنین از مشاورین محترم این تحقیق، جناب آقایان دکتر محمود رضاتدین و دکتر شهرام کیانی به خاطر همکاری‌های صمیمانه و ارزشمندشان سپاسگزارم. از جناب آقایان دکتر فایز رئیسی و دکتر امین ایرانی پور که زحمات با زحمت‌های خود و داورانی این پیمان نامه را پذیرفتند و همچنین از جناب آقایان مهندس مهدی کاریزان و حامد قاسمی و خانم مهندس تقی خود فروغی که در مراحل انجام این تحقیق با اینجانب همکاری نموده‌اند، کمال مشکر و قدردانی را دارم.

از دوستان عزیزم آقایان حسین مرادی، خنجر و میلان، جلال میلان، وحید رنجشی، صابر سوادکوهی، میثم نژادانی، رسول رضایی، مادی علی‌نژاد، افشین صبوری، نیما اکبری، محمدبازار، امید مبارکی، ابوالفضل جعفری، وحید مالکی، مران رنجبر، حمید یقینی، سید احسان سنگی، مصطفی خدزی، مصعود قومی، حامد محمودی، رضا کریمی، جلال حیدری، رضا پور واعظی، داود شاهرادی، میثم ضربی زاده، محسن ایران پور، ایرج قاسمی، میلاد جعفری، جعفر جعفری، جعفری و خانم مالتقی پور، احسان پور، بصیری، تریان، حشمتی، قحی، انارکی، کارشناسان آزمایشگاه خاکشناسی و کلیه کسانی که در دوران تحصیلی تکمیلی مریاری نمودند کمال مشکر را دارم.

میلاد زارع‌نیا - تیرماه ۱۳۹۰

چکیده

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به شمار می‌رود. پتاسیم یکی از عناصر پرنیاز گیاه می‌باشد و نقش‌های مهمی در گیاه دارد. در استان چهارمحال و بختیاری مطالعات اندکی در مورد وضعیت پتاسیم صورت گرفته و تاکنون عصاره‌گیر مناسب برای استخراج پتاسیم قابل استفاده گیاه لوبیا چیتی (*Phaseolus Vulgaris variety*) معرفی نگردیده است. این پژوهش با هدف تعیین عصاره‌گیر یا عصاره‌گیرهای مناسب برای برآورد پتاسیم قابل استفاده و نیز تعیین حد بحرانی پتاسیم برای لوبیا چیتی در ۱۵ نمونه از خاک‌های استان چهارمحال و بختیاری در یک آزمایش گلدانی انجام شد. پتاسیم خاکها با استفاده از ۱۶ روش مختلف عصاره‌گیری برآورد شد. آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۱۵ نمونه خاک با دو سطح پتاسیم (تیمار صفر و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از سولفات پتاسیم) در سه تکرار انجام گردید. نتایج نشان داد که کاربرد پتاسیم در تعدادی از خاک‌ها سبب افزایش معنی‌دار عملکرد، غلظت و جذب پتاسیم شد. براساس مکانیزم استفاده شده در عصاره‌گیری پتاسیم تبدیلی، عصاره‌گیرها در سه گروه قرار گرفتند. در هر گروه پتاسیم عصاره‌گیری شده به وسیله عصاره‌گیرها همبستگی معنی‌داری داشتند. بررسی روابط همبستگی بین پتاسیم استخراجی بوسیله عصاره‌گیرها با شاخص‌های اندام هوایی نشان داد که عصاره‌گیرهای کلرید استرانسیم ۰/۰۰۲ مولار، کلرید استرانسیم + اسید سیتریک، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، آب مقطر، مهلیخ ۱، نیترات منیزیم ۰/۵ مولار، کلرید سدیم مولار و اسید نیتریک ۰/۱ مولار می‌توانند در ارزیابی پتاسیم قابل استفاده لوبیا چیتی استفاده شوند. حد بحرانی پتاسیم عصاره‌گیرهای مناسب با روش آماری و تصویری کیت-نلسون تعیین شد. حد بحرانی پتاسیم با روش تصویری کیت-نلسون برای عصاره‌گیرهای کلرید استرانسیم ۰/۰۰۲ مولار، کلرید استرانسیم ۰/۰۲ مولار + اسیدسیتریک ۰/۰۵ مولار، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، آب مقطر، مهلیخ ۱، نیترات منیزیم ۰/۵ مولار، کلرید سدیم ۱ مولار و اسید نیتریک ۰/۱ مولار برای ۹۰٪ عملکرد نسبی به ترتیب ۳۸، ۸۰، ۵۰، ۲۱، ۲۷، ۱۴۵، ۱۳۶ و ۱۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. حد بحرانی پتاسیم با روش تجزیه واریانس کیت-نلسون برای عصاره‌گیرهای کلرید استرانسیم ۰/۰۰۲ مولار، کلرید استرانسیم ۰/۰۲ مولار + اسیدسیتریک ۰/۰۵ مولار، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، آب مقطر، مهلیخ ۱، نیترات منیزیم ۰/۵ مولار، کلرید سدیم ۱ مولار و اسید نیتریک ۰/۱ مولار به ترتیب ۲۸/۵، ۷۵/۷، ۵۲/۲، ۱۱/۵، ۲۷/۳، ۱۴۳، ۱۳۴ و ۱۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

واژگان کلیدی: پتاسیم، قابلیت استفاده، لوبیا چیتی، حد بحرانی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

	فصل اول	۷
۱-۱ مقدمه		۷
۲-۱ اهداف		۸
	فصل دوم- بررسی منابع	۹
۱-۲ پتاسیم و گیاه		۹
۱-۱-۲ جذب پتاسیم بوسیله گیاه		۹
۲-۱-۲ پتاسیم در گیاه		۱۰
۲-۲ پتاسیم در خاک		۱۱
۱-۲-۲ منشاء پتاسیم در خاک		۱۱
۲-۲-۲ شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک		۱۲
۱-۲-۲-۲ پتاسیم محلول		۱۳
۲-۲-۲-۲ پتاسیم تبادلی		۱۴
۳-۲-۲-۲ پتاسیم غیر تبادلی		۱۶
۴-۲-۲-۲ پتاسیم ساختمانی		۱۷
۳-۲-۲ عوامل موثر بر قابلیت جذب پتاسیم در خاک‌ها		۱۸
۴-۲-۲ دینامیک شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک		۱۸
۵-۲-۲ پتاسیم قابل دسترس		۱۹
۳-۲ روش‌های ارزیابی قابلیت استفاده پتاسیم		۱۹
۱-۳-۲ ارزیابی پتاسیم بر اساس فاکتور کمیت (Quantity)		۲۰
۱-۱-۳-۲ برآورد پتاسیم قابل دسترس بر اساس پتاسیم تبادلی		۲۰
۲-۱-۳-۲ برآورد پتاسیم قابل دسترس بر اساس پتاسیم غیر تبادلی		۲۰
۳-۱-۳-۲ برآورد پتاسیم قابل دسترس با استفاده از روش‌های دیگر		۲۱
۲-۳-۲ ارزیابی پتاسیم بر اساس فاکتور شدت (Intensity)		۲۲
۳-۳-۲ ارزیابی پتاسیم بر اساس روابط کمیت- شدت (Quantity/Intensity)		۲۳
۴-۲ آزمون خاک پتاسیم		۲۴
۱-۴-۲ تقسیم بندی عصاره‌گیرهای پتاسیم بر اساس سازوکار استخراج پتاسیم قابل دسترس از خاک		۲۵
۱-۱-۴-۲ استخراج پتاسیم بر اساس سازوکار تبادل کاتیونی		۲۵
۱-۱-۱-۴-۲ تبادل پتاسیم با کاتیون‌های مشابه		۲۵
۱-۱-۱-۴-۲ تبادل با یون آمونیوم (NH_4^+)		۲۵
۲-۱-۱-۴-۲ تبادل با یون هیدروژن (H_2O^+)		۲۶

۲-۴-۱-۱-۲	تبادل پتاسیم با کاتیون‌های غیر مشابه	۲۶
۲-۴-۱-۲	استخراج پتاسیم بر مبنای انرژی پیوند	۲۶
۲-۴-۱-۳	استخراج پتاسیم بر مبنای شبیه‌سازی گیاهی	۲۷
۲-۵-۲	بررسی عصاره‌گیرهای مورد استفاده در استخراج پتاسیم قابل دسترس از خاک	۲۷
۲-۵-۲-۱	استات آمونیوم نرمال و خنثی	۲۷
۲-۵-۲-۲	روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	۲۸
۲-۵-۲-۳	بی کرینات آمونیوم-دی تی پی ای (AB-DTPA)	۲۹
۲-۵-۲-۴	روش مهلیخ ۱	۲۹
۲-۵-۲-۵	روش مهلیخ ۳	۳۰
۲-۵-۲-۶	اسید نیتریک مولار و جوشان	۳۰
۲-۵-۲-۷	تترا فنیل بران سدیم	۳۱
۲-۵-۲-۸	روش الکترو اولترافیلتراسیون (EUF)	۳۱
۲-۵-۲-۹	رزین‌های تبادل کاتیونی	۳۳
۲-۵-۲-۱۰	سایر عصاره‌گیرها	۳۳
۲-۵-۲-۱۱	آزمایشات همبستگی	۳۳
۲-۵-۲-۱۲	تعیین حد بحرانی پتاسیم	۳۴
۲-۵-۲-۱۳	تعیین حد بحرانی به روش تصویری کیت-نلسون	۳۴
۲-۵-۲-۱۴	تعیین حد بحرانی به روش تجزیه واریانس کیت-نلسون	۳۵
۲-۵-۲-۱۵	مراحل عملی استفاده از روش تجزیه واریانس کیت-نلسون	۳۶
۲-۵-۲-۱۶	مرتب سازی یا گروه بندی مقدماتی داده‌ها	۳۶
۲-۵-۲-۱۷	تعیین محل تفکیک کلاس‌های آزمون خاک	۳۷
۲-۵-۲-۱۸	استفاده از مجموع مربعات بین گروه‌ها	۳۸
۲-۵-۲-۱۹	استفاده از ضریب تبیین R^2	۴۰
۲-۵-۲-۲۰	استفاده از آزمون F	۴۰
۲-۵-۲-۲۱	استفاده از ضریب تغییرات	۴۱
۲-۵-۲-۲۲	فصل سوم-مواد و روش‌ها	۴۲
۳-۱-۱	خاک‌ها	۴۲
۳-۱-۲	انتخاب نمونه‌های خاک	۴۲
۳-۱-۳	تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها	۴۶
۳-۱-۴	تعیین بافت خاک	۴۶
۳-۱-۵	پ.هاش و قابلیت هدایت الکتریکی	۴۶

۳-۲-۱-۳ اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل	۴۶
۳-۲-۱-۴ اندازه‌گیری کربن آلی	۴۶
۳-۲-۱-۵ اندازه‌گیری CEC	۴۶
۳-۱-۳ استخراج پتاسیم قابل دسترس گیاه	۴۶
۳-۱-۳-۱ روش استات آمونیوم نرمال و خنثی	۴۶
۳-۱-۳-۲ روش استات آمونیوم ۰/۵ نرمال و خنثی	۴۷
۳-۱-۳-۳ روش استات آمونیوم ۰/۲۵ نرمال و خنثی	۴۷
۳-۱-۳-۴ روش استات آمونیوم ۰/۱ نرمال و خنثی	۴۷
۳-۱-۳-۵ روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	۴۷
۳-۱-۳-۶ روش کلرید باریم ۰/۱ مولار	۴۸
۳-۱-۳-۷ روش کلرید استرانسیم ۰/۰۰۲ مولار	۴۸
۳-۱-۳-۸ روش مهلیخ ۱	۴۸
۳-۱-۳-۹ روش بی کربنات آمونیوم-دی تی پی ای	۴۸
۳-۱-۳-۱۰ کلرید استرانسیم ۰/۰۲ مولار و اسید سیتریک ۰/۰۵ مولار	۴۹
۳-۱-۳-۱۱ اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال	۴۹
۳-۱-۳-۱۲ اسید نیتریک مولار جوشان	۴۹
۳-۱-۳-۱۳ آب مقطر	۴۹
۳-۱-۳-۱۴ نیترات منیزیم	۴۹
۳-۱-۳-۱۵ روش اسید نیتریک ۰/۱ مولار	۵۰
۳-۱-۳-۱۶ روش کلرید سدیم ۱ مولار	۵۰
۳-۲ گیاهان	۵۲
۳-۲-۱-۲ مطالعات گلدانی	۵۲
۳-۲-۲ تعیین شاخص‌های گیاهی	۵۳
۳-۳ تجزیه و تحلیل‌های آماری	۵۴
۳-۳-۱ مطالعات همبستگی و ارزیابی عصاره‌گیرها	۵۴
۳-۳-۱-۱ همبستگی بین مقادیر پتاسیم استخراجی بوسیله عصاره‌گیرها	۵۴
۳-۳-۱-۲ همبستگی مقادیر پتاسیم استخراجی بوسیله عصاره‌گیرها با شاخص‌های گیاهی و انتخاب عصاره‌گیرهای مناسب	۵۴
۳-۳-۱-۳ تعیین حد بحرانی پتاسیم با استفاده از روش تصویری کیت - نلسون	۵۴
۳-۳-۱-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم با استفاده از روش تجزیه واریانس کیت-نلسون	۵۴

فصل چهارم-نتایج و بحث	۵۵
۱-۴-مطالعات خاکی	۵۵
۱-۴-انتخاب نمونه های خاک و تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها.....	۵۵
۲-۱-۴ عصاره گیری پتاسیم نمونه های خاک با روش های عصاره گیری انتخاب شده	۶۰
۲-۴ مطالعات همبستگی و ارزیابی عصاره گیرها	۶۶
۱-۲-۴ همبستگی بین مقادیر پتاسیم استخراجی بوسیله عصاره گیرها.....	۶۶
۳-۴ مطالعات گیاهی	۷۱
۱-۳-۴ اثر تیمار پتاسیم بر غلظت پتاسیم، وزن خشک، عملکرد نسبی و جذب پتاسیم در اندام هوایی و ریشه لوبیا.....	۷۲
۲-۳-۴ همبستگی پتاسیم استخراجی بوسیله عصاره گیرها با شاخص های اندام هوایی و انتخاب عصاره گیر مناسب.....	۷۶
۴-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم با استفاده از روش تصویری کیت-نلسون.....	۸۱
۵-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم با استفاده از روش تجزیه واریانس کیت-نلسون.....	۸۶
۵-۴ نتیجه گیری	۹۵
۶-۴ پیشنهادات	۹۷
۷-۴ منابع	۹۸

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ تعداد مشاهدات برای کلاس‌های ۱ و ۲ در تجزیه‌های متوالی مدل دو کلاسه	۳۹
جدول ۱-۳ مختصات نقاط نمونه برداری شده	۴۴
جدول ۲-۳ اسامی عصاره‌گیرهای استفاده شده در پژوهش	۵۱
جدول ۱-۴ نتایج بافت و تجزیه‌های شیمیایی نمونه‌های خاک اولیه	۵۷
جدول ۲-۴ گروه بندی نمونه‌های خاک اولیه براساس مقدار پتاسیم تبدلی (استات آمونیوم نرمال و خنثی) و بافت خاک	۵۸
جدول ۳-۴ بافت و خصوصیات شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه	۵۹
جدول ۴-۴ دامنه تغییرات خصوصیات شیمیایی خاک‌ها	۵۹
جدول ۵-۴ مقدار پتاسیم استخراج شده بوسیله عصاره‌گیرهای استفاده شده (میلی گرم بر کیلوگرم)	۶۱
جدول ۶-۴ دامنه تغییرات مقادیر پتاسیم عصاره‌گیری شده بوسیله عصاره‌گیرهای مورد استفاده (میلی گرم بر کیلوگرم)	۶۵
جدول ۷-۴ ضرایب همبستگی (r) بین پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف (n=۳۰)	۷۰
جدول ۸-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر غلظت و جذب پتاسیم و وزن خشک اندام هوایی لوبیا در خاک‌های مطالعه شده	۷۱
جدول ۹-۴ مقایسه اختلافات بین تیمارهای پتاسیم در خاک‌های مطالعه شده	۷۲
جدول ۱۰-۴ تاثیر کاربرد پتاسیم بر غلظت و جذب پتاسیم و وزن خشک اندام هوایی لوبیا در خاک‌های مورد مطالعه شده	۷۴
جدول ۱۱-۴ تاثیر کاربرد پتاسیم بر غلظت و جذب پتاسیم و وزن خشک ریشه لوبیا در خاک‌های مورد مطالعه شده	۷۵
جدول ۱۲-۴ ضرایب همبستگی (r) بین پتاسیم استخراجی بوسیله عصاره‌گیرهای مختلف و وزن خشک، غلظت، جذب، پاسخ و عملکرد نسبی اندام هوایی (n=۳۰)	۸۰
جدول ۱۳-۴ ضرایب همبستگی (r) بین پتاسیم استخراجی بوسیله عصاره‌گیرهای مختلف و وزن خشک، غلظت، جذب، پاسخ و عملکرد نسبی ریشه (n=۳۰)	۸۱
جدول ۱۴-۴ کلاس بندی مقادیر آزمون خاک پتاسیم در عصاره‌گیر کلرید استرانسیم ۰/۰۲ مولار در مدل دو کلاسه	۸۷
جدول ۱۵-۴ کلاس بندی مقادیر آزمون خاک پتاسیم در عصاره‌گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار در مدل دو کلاسه	۸۸
جدول ۱۶-۴ کلاس بندی مقادیر آزمون خاک پتاسیم در عصاره‌گیر کلرید استرانسیم+اسید سیتريك در مدل دو کلاسه	۸۹
جدول ۱۷-۴ کلاس بندی مقادیر آزمون خاک پتاسیم در عصاره‌گیر آب مقطر در مدل دو کلاسه	۹۰
جدول ۱۸-۴ کلاس بندی مقادیر آزمون خاک پتاسیم در عصاره‌گیر مهلیخ ۱ در مدل دو کلاسه	۹۱
جدول ۱۹-۴ کلاس بندی مقادیر آزمون خاک پتاسیم در عصاره‌گیر نیترات منیزیم ۰/۵ نرمال در مدل دو کلاسه	۹۲
جدول ۲۰-۴ کلاس بندی مقادیر آزمون خاک پتاسیم در عصاره‌گیر اسید نیتريك ۰/۱ نرمال در مدل دو کلاسه	۹۳
جدول ۲۱-۴ کلاس بندی مقادیر آزمون خاک پتاسیم در عصاره‌گیر سدیم نرمال در مدل دو کلاسه	۹۴

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۲ محل‌های پتاسیم تبادلی (e, p) و پتاسیم غیرتبادلی در رس‌های ۱:۲..... ۱۵
- شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه..... ۴۵
- شکل ۲-۳ نمائی از گیاهان لوبیای کشت شده در گلخانه موقت در هوای آزاد..... ۵۳
- شکل ۱-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم به روش تصویری کیت-نلسون در روش کلرید استرانسیم ۰/۰۰۲ مولار..... ۸۲
- شکل ۲-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم به روش تصویری کیت-نلسون در روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار..... ۸۲
- شکل ۳-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم به روش تصویری کیت-نلسون در روش کلرید استرانسیم + اسید سیتریک
(۰/۰۲ مولار + ۰/۰۲۵ مولار)..... ۸۳
- شکل ۴-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم به روش تصویری کیت-نلسون در روش مهلیخ ۱..... ۸۳
- شکل ۵-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم به روش تصویری کیت-نلسون در روش آب مقطر..... ۸۴
- شکل ۶-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم به روش تصویری کیت-نلسون در روش نیترات منیزیم ۰/۵ نرمال..... ۸۴
- شکل ۷-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم به روش تصویری کیت-نلسون در روش اسید نیتریک ۰/۱ مولار..... ۸۵
- شکل ۸-۴ تعیین حد بحرانی پتاسیم به روش تصویری کیت-نلسون در روش کلرید سدیم ۱ نرمال..... ۸۵

فصل اول

۱-۱- مقدمه

در جهان امروز یکی از مشکلات اساسی بشر تأمین نیازهای غذایی است، به گونه‌ای که امنیت غذایی به عنوان یکی از اهداف مهم سر لوحه برنامه‌های دولت‌ها قرار گرفته است. بدون شک به منظور نیل به امنیت غذایی علاوه بر اتخاذ سیاست‌های مطلوب و برخورداری از منابع کافی باید تولید کشاورزی به گونه‌ای باشد که تمامی نیازهای جامعه را برآورده کند. حبوبات امروزه به عنوان یکی از اصلی‌ترین مواد غذایی بشر و ارزان‌ترین و مناسب‌ترین جایگزین برای پروتئین‌های جانوری می‌باشند. حبوبات به عنوان دومین منبع غذایی بشر پس از غلات عمده‌ترین منبع پروتئین گیاهی محسوب می‌شوند. در بین حبوبات از لحاظ سطح زیر کشت و ارزش اقتصادی مقام اول متعلق به لوبیا است. لوبیا یکی از مهم‌ترین گونه‌های خانواده لگومینوز است و متعلق به دو جنس فازئولوس و ویگنا می‌باشد که به ترتیب بومی آمریکا و آسیا هستند. لوبیا در پنج قاره دنیا کشت می‌گردد. سطح زیر کشت جهانی آن حدود ۲۷ میلیون هکتار، تولید آن ۱۵/۵ میلیون تن و متوسط عملکرد آن حدود ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (صالحی و همکاران، ۱۳۸۴). بر اساس آمار سال ۱۳۸۷ سطح زیر کشت لوبیا در ایران ۹۹۴۲۷ هکتار، تولید آن ۱۸۳۰۷۳ تن و میانگین عملکرد آن ۱۸۴۱ کیلوگرم در هکتار بوده است (اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی، ۱۳۸۸). در استان چهارمحال و بختیاری خاک مرغوب با بافت رسی و رسی شنی، با عمق زیاد، درصد هوموس متوسط که بیشتر زمین‌های زیر کشت لوبیا را در بر گرفته است، یکی دیگر از دلایل افزایش سطح زیر کشت و عملکرد بالای لوبیا می‌باشد (صالحی و همکاران، ۱۳۸۴). مناطق انتشار این خاک در نواحی لردگان (دشت خانمیرزا)، بروجن (گندمان و بلداجی) و شهرکرد (دزک، ایرانچه و دستگرد امامزاده) بوده و سطحی معادل ۱۲۰۰۰ هکتار را شامل می‌شود. در سال ۱۳۸۷ سطح زیر کشت لوبیا در استان ۵۳۴۱ هکتار و تولید آن ۱۵۵۰۹ تن بوده است. میانگین عملکرد در استان ۲۹۰۳/۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی، ۱۳۸۸). آب و هوای مطلوب

(تابستان‌های گرم تا معتدل) و آب کافی در مناطق زیر کشت لوبیا نیز اهمیت لوبیا را دو چندان کرده است (صالحی و همکاران، ۱۳۸۴). تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به شمار می‌رود. پتاسیم به عنوان یک عنصر ضروری برای رشد گیاهان و توصیه کودی به طور گسترده در کشاورزی در تمام دنیا استفاده می‌شود. پتاسیم یکی از عناصر پرنیاز گیاه می‌باشد و نقش‌های مهمی در گیاه دارد. با وجود این که مقدار پتاسیم کل اکثر خاک‌ها نسبتاً زیاد است ولی بخشی کوچکی از آن برای گیاه قابل جذب می‌باشد. پتاسیم در خاک به شکل‌های محلول، تبادل، غیرتبادلی (ثبیت شده) و ساختمانی وجود دارد (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۴). در حدود ۹۸٪ پتاسیم در خاک در ترکیب با کانی‌ها قرار دارد و حدود ۲٪ در فاز محلول و تبادل می‌باشد (اسپارکس، ۱۹۸۷). جزء کمی از پتاسیم نیز در بقایای گیاهی و جانوری خاک وجود دارد که با تجزیه این مواد به تدریج آزاد می‌شود. اصولاً بین شکل‌های مختلف پتاسیم یک رابطه تعادلی وجود دارد (اسپارکس و هوانگ، ۱۹۸۵). بنابر تعریف پتاسیم قابل استفاده گیاه، عبارت است از پتاسیم محلول به علاوه پتاسیم جذب شده در مکان‌های تبادل خاک و نیز مقداری پتاسیم غیر تبادلی که در طول فصل رشد به صورت محلول و یا تبادل درآمده و قابل استفاده می‌گردد (مک لین و واتسن، ۱۹۸۵). به منظور تعیین پتاسیم قابل استفاده گیاه و ارائه توصیه کودی مناسب برای این عنصر، آزمون خاک مستمر ضروری است. آزمون خاک آزمایش‌های شیمیایی سریع جهت ارزیابی قابلیت استفاده عناصر غذایی موجود در خاک برای گیاه و تعیین مقدار کود لازم به منظور دستیابی به عملکرد بهینه می‌باشد. این برنامه شامل مراحل نمونه‌برداری، انتخاب عصاره‌گیر، همبستگی، واسنجی، تفسیر و توصیه کودی می‌باشد. توصیه کودی بر مبنای آزمون خاک مقدار بهینه عناصر غذایی را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و از مصرف بیش از اندازه عناصر غذایی در خاک جلوگیری می‌کند. روش معمول در ارزیابی پتاسیم قابل استفاده گیاه و تعیین نیاز کودی آن عصاره‌گیری به روش استات آمونیوم نرمال است. در بعضی از خاک‌ها به ویژه خاک‌های غنی از میکا به علت وجود مواضع اختصاصی جذب پتاسیم و نگهداری مقدار زیادی پتاسیم با انرژی بالا و استخراج بخشی از این پتاسیم‌ها با عصاره‌گیر استات آمونیوم، همبستگی ضعیفی بین پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم و پاسخ گیاهی به کوددهی پتاسیمی گزارش شده است (قنواتی و همکاران، ۱۳۸۸). از آنجایی که ترکیب کانی‌های هر خاک، نوع گیاه و شرایط اقلیمی در میزان پتاسیم قابل استفاده گیاه تاثیرگذار می‌باشد، به همین علت بررسی و تعیین عصاره‌گیر مناسب در هر منطقه و با توجه به نوع گیاه لازم به نظر می‌رسد. طیف وسیعی از عصاره‌گیرها برای تعیین پتاسیم قابل استفاده خاک‌های مختلف به کار رفته است. عصاره‌گیرهای مورد استفاده در نقاط مختلف جهان تا زمانی که قابلیت و کارایی آن‌ها در خاک‌های مورد نظر مورد بررسی قرار نگیرد، قابل استفاده نیستند (توفیقی، ۱۳۷۸). در استان چهارمحال و بختیاری مطالعات اندکی در مورد وضعیت پتاسیم صورت گرفته و تاکنون عصاره‌گیر مناسبی برای استخراج پتاسیم قابل استفاده گیاه لوبیا چیتی در این اراضی معرفی نگردیده است.

۱-۲- اهداف

این پژوهش با اهداف زیر انجام شد:

- ۱- تعیین عصاره‌گیر یا عصاره‌گیرهای مناسب برای برآورد پتاسیم قابل استفاده در شماری از خاک‌های استان چهارمحال و بختیاری و
- ۲- تعیین حد بحرانی پتاسیم برای لوبیا چیتی در شماری از این خاک‌ها

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- پتاسیم و گیاه

۲-۱-۱- جذب پتاسیم به وسیله گیاه

پتاسیم بیش از دیگر کاتیون‌ها به وسیله ریشه گیاه جذب می‌شود که در این زمینه سه فرایند پیشنهاد شده است: ریشه در حال رویش با پتاسیم قابل استفاده خاک تماس حاصل می‌کند، حرکت توده‌ای که پتاسیم را همراه با آب به مجاورت ریشه گیاه منتقل می‌سازد و پخشیدگی که پتاسیم را بر اثر وجود اختلاف غلظت در مایع خاک به سوی ریشه می‌راند. اصلی‌ترین عامل محدودکننده برای عملکرد محصولات در مناطق خشک و نیمه خشک مقدار رطوبت قابل استفاده خاک برای گیاه در طی دوره رشد می‌باشد. رطوبت خاک بر میزان جذب پتاسیم با تاثیر گذاشتن بر درجه رشد ریشه گیاه و مقدار انتشار پتاسیم در خاک به سمت ریشه موثر است (مکی و باربر، ۱۹۸۵). در صورت افزایش مقدار رطوبت بیش‌تر از حد مناسب به دلیل کاهش اکسیژن محیط کاهش رشد ریشه و در نتیجه کاهش جذب پتاسیم بوسیله گیاه اتفاق می‌افتد (کاف کافی، ۱۹۹۱). اثر توام دمای کم و رطوبت پایین می‌تواند باعث افزایش کاهش غلظت پتاسیم در محلول خاک شود (کاف کافی، ۱۹۹۰). در خاک‌های شور و سدیمی میزان بالای سدیم می‌تواند جایگزین کلسیم از غشای ریشه شود و در نتیجه باعث تغییر عملکرد غشا برای جذب انتخابی پتاسیم شود (کارمر و همکاران، ۱۹۸۵). که این امر باعث کاهش جذب پتاسیم و میزان انتقال آن از ریشه به اندام هوایی و در نتیجه تجمع پتاسیم در ریشه گیاه می‌شود (انگلز و مارشور، ۱۹۹۲). پتاسیم در محلول خاک بوسیله انتشار ساده و جریان توده‌ای به سمت فضای دیواره سلولی پوست ریشه حرکت می‌کند. به محض اینکه پتاسیم در فضای دیواره سلولی قرار می‌گیرد

به وسیله لایه خارجی یا اپیدرمی سلول‌های پوست ریشه جذب می‌شود. سرعت جذب توسط این لایه‌های سلولی خارجی به اندازه کافی زیاد است تا بتواند غلظت یون پتاسیم (و سایر عناصر) را در فضای دیواره سلولی لایه‌های خارجی سلول‌های پوست، به آرامی در مقایسه با محلول خاک خارج ریشه کاهش داده و در نتیجه باعث به وجود آمدن شیب غلظت پتاسیم گردد (باربر، ۱۹۸۵). به علاوه حرکت پتاسیم در فضای دیواره سلولی از پوست ریشه تا عناصر چوبی بافت آوندی توسط حلقه کاسپارین در آندودرم محدود می‌شود، به همین دلیل پتاسیم به طور طبیعی از طریق غشاء سلولی سلول‌های کورتکس ریشه وارد می‌شود (لئونارد، ۱۹۸۵). زمانی که یون پتاسیم در سلول‌های پوست تجمع می‌یابد، می‌تواند در واکوئل‌های بزرگ این سلول‌ها ذخیره شود. سرانجام یون پتاسیم درون سلول‌های پوست ریشه به کمک سیتوپلاسم پیوسته‌ای که توسط ارتباطات پلاوسدوماتا بین سلول‌ها ایجاد شده به سمت بافت آوندی حرکت کرده و به سایر قسمت‌های گیاه انتقال می‌یابد.

۲-۱-۲- پتاسیم در گیاه

پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون در گیاه بوده و نقش قابل توجه‌ای در فعال‌سازی آنزیم‌ها، سنتز پروتئین و پلی‌ساکاریدها، فتوسنتز، تنظیم اسمزی، حرکت روزنه‌ها در گیاهان بر عهده دارد (مارشور، ۱۹۹۵). پتاسیم یک عنصر ضروری برای همه موجودات زنده است. در فیزیولوژی گیاهی پتاسیم از نظر وظایف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نیز مهم‌ترین کاتیون محسوب می‌شود. پتاسیم به صورت یون جذب گیاه شده و در خاک و گیاه پویاست. درجه تحرک آن در خاک حد واسط بین نیتروژن و فسفر می‌باشد (ملکوئی و نفیسی، ۱۳۷۱). پتاسیم در درون گیاه بسیار متحرک است و جهت عمده انتقال آن به طرف بافت‌های مریستمی است و اغلب از اندام‌های پیرتر گیاه، مجدداً بین بافت‌های جوانتر توزیع می‌شود. پتاسیم مانند نیتروژن، فسفر و گوگرد جزء ضروری اندام‌های گیاهی نبوده و در داخل گیاه وارد ترکیبات آلی نمی‌شود. بلکه نقش عمده آن کاتالیزوری است (نوربخش و کریمیان اقبال، ۱۳۷۶). طیف غلظت پتاسیم در سلول‌های شیره گیاهی معمولاً بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌مولار می‌باشد (ملکوئی و همایی، ۱۳۷۳). بر این اساس پتاسیم مهم‌ترین جزء اسمزی معدنی است. پایین بودن اتلاف آب در گیاهانی که به مقدار کافی پتاسیم در اختیار دارند به علت کاهش در میزان تعرق است (بری، ۱۹۷۲) که نه تنها به پتانسیل اسمزی سلول‌های مزوفیلی بستگی دارد بلکه تا حدود زیادی نیز بوسیله باز و بسته شدن روزنه‌ها تنظیم می‌شود. غلظت زیاد پتاسیم در سلول‌های مزوفیل به شیوه‌ای مشابه، پتانسیل اسمزی شیره این سلول‌ها را کاهش می‌دهد. در نتیجه اثر سودمند مجددی روی مصرف آب دارد، زیرا پتانسیل اسمزی کمتر، نگهداری آب را بهبود می‌بخشد. ظاهراً این امر دلیل تحمل بیشتر گیاهانی با پتاسیم کافی در مقابل تنش‌های خشکی است (لینس و کاکس، ۱۹۸۹). البته میزان پتاسیم در گیاه بر قابلیت استفاده از رطوبت خاک موثر می‌باشد. گیاهانی که حاوی میزان مناسبی پتاسیم هستند در مقایسه با گیاهانی که دارای کمبود پتاسیم هستند عملکرد موثرتری در استفاده از رطوبت خاک می‌باشند (الهادی و همکاران، ۱۹۹۷). کاربرد پتاسیم کودی تحت شرایط تنش آبی منجر به افزایش فتوسنتز، رشد گیاه، عملکرد و مقاومت به خشکی در محصولات مختلف می‌شود (تیواری و همکاران، ۱۹۹۸؛ یادو و همکاران، ۱۹۹۹ و ایگلیا و همکاران، ۲۰۰۱). غلظت پتاسیم سلول‌های محافظ در وضعیت باز خیلی بیشتر از وضعیت بسته است. بنابراین پتاسیم در سلول‌های محافظ با غلظت زیاد جمع شده و فشار اتساع حاصل، سبب باز شدن روزنه می‌شود. به محض این‌که انرژی که در اختیار سلول‌های محافظ است قطع شود، نظیر شرایط

دوره تاریکی، یون پتاسیم از آنها خارج می‌شود و بدین ترتیب فشار اتساع سلول‌های محافظ کاهش می‌یابد که این امر منجر به بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (تری و الریچ، ۱۹۷۳). در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، کربوهیدرات‌های غیراشباع، ترکیبات نیتروژنه محلول و اسیدآمینه انباشته گردیده و از مقدار نشاسته و پروتئین برگ‌ها کاسته می‌شود. پتاسیم باعث افزایش تثبیت نیتروژن در گیاهان لگومینوز می‌شود که اثر آن بیشتر غیر مستقیم است یعنی بر روی خود گیاه است و نه روی گره‌ها. بدین ترتیب که پتاسیم باعث افزایش فتوسنتز، افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به گره‌های لگوم، افزایش رشد ریشه و یا ترکیبی از عوامل بالا می‌گردد (داک و کولینز، ۱۹۸۵). پتاسیم سرعت انتقال مواد ساخته شده را افزایش می‌دهد. شدت جذب و ساخت زیاد دی‌اکسیدکربن زمانی امکان پذیر است که مواد ساخته شده بتواند از برگ‌ها به طرف قسمت‌های دیگر گیاهی به ویژه بافت‌های ذخیره‌ای انتقال یابد. انتقال فراورده‌های فتوسنتز با افزایش غلظت پتاسیم در گیاه، تسریع می‌شود. از پیامدهای این انتقال سریع، پرشدن بهتر اندام‌های ذخیره‌ای در گیاه می‌باشد.

۲-۲- پتاسیم در خاک

۲-۲-۱- منشاء پتاسیم در خاک

اولین بار لیبیگ (ملاولتا، ۱۹۸۵) پتاسیم را به عنوان یکی از عناصر لازم برای رشد گیاه معرفی کرد. پتاسیم با شعاع یونی $1/33$ آنگستروم و وزن اتمی $39/1$ ، از جمله مهم‌ترین فلزات قلیایی به شمار می‌رود. این عنصر به علت تمایل به واکنش و میل ترکیبی بالا با سایر عناصر، هرگز به شکل عنصری یافت نمی‌شود (اسچلدریک، ۱۹۸۵). پتاسیم بیشترین شعاع اتمی غیرهیدراته ($r = 0/133 \text{ nm}$) را در بین عناصر مورد نیاز گیاه داراست (اسپارکز و هوانگ، ۱۹۸۵). قابلیت قطبی‌شدن پتاسیم نسبت به کاتیون‌های Li^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} و Na^+ بیشتر و نسبت به کاتیون‌های Ba^{2+} ، Cs^+ ، NH_4^+ و Rb^+ کمتر است. یون‌های با قابلیت قطبی شدن بیشتر در واکنش‌های تبدلی به طور ترجیحی جذب می‌شوند (برسچ و توماس، ۱۹۸۵). تراکم کم بار مثبت در واحد سطح در لایه آخر باعث شده که تمایل پتاسیم در مقایسه با سایر کاتیون‌ها به جذب آب کمتر شده و در صورت جذب سریع آن را از دست بدهد. همین امر موجب شده که انرژی آب‌پوشی (Hydration energy) آن ($142/5$ کیلو ژول بر گرم در یون) کمتر از بقیه عناصر هم‌گروه شود. چنین فرآیندی، یعنی از دست دادن آب و تبدیل شدن به پتاسیم غیرهیدراته باعث جذب اختصاصی پتاسیم توسط برخی کانی‌های رسی می‌شود. میانگین پتاسیم موجود در پوسته زمین $2/6$ درصد است که در خاک‌های معدنی از $0/04$ تا 3 درصد یا بیشتر تغییر می‌کند (اسپارکز، ۲۰۰۰). در خاک‌های آلی مقدار پتاسیم حدود $0/04$ درصد است. در بین عناصر شیمیایی موجود در پوسته زمین، پتاسیم از لحاظ فراوانی در مرتبه هفتم و در بین عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاهان در مرتبه چهارم قرار دارد. پتاسیم به طور معمول فراوان‌ترین عنصر غذایی پرنیاز در 15 سانتی‌متر قشر سطحی خاک است (برسچ و توماس، ۱۹۸۵ و اسپارکز و هوانگ، ۱۹۸۵). بطور کلی، 90 تا 98 درصد کل پتاسیم خاک به شکل غیرقابل دسترس، 1 تا 10 درصد به کندی قابل دسترس و $0/1$ تا 2 درصد به سرعت قابل دسترس می‌باشد. مهم‌ترین منبع پتاسیم در خاک‌های معدنی، آلومینوسیلیکات‌های اولیه مثل فلدسپارهای پتاسیم، میکاها شامل بیوتیت، مسکویت و

آلومینوسیلیکات‌هایی چون ایلیت و فرآورده‌های حاصل از هوادیدگی کانی‌های موجود در مواد مادری خاک است (اسچلدریک، ۱۹۸۵). اغلب خاک‌ها دارای مقادیر نسبتاً زیادی پتاسیم کل هستند ولی با این حال مقدار پتاسیم قابل دسترس آن‌ها کم است (مکلین و واتسن، ۱۹۸۵).

کانی‌های مهم حاوی پتاسیم در خاک عبارتند از:

الف- میکاهای دو جایی: موسکویت، گلوکونیت و ایلیت (میکای آبدار)

ب- میکاهای سه جایی: بیوتیت و فلوگوپیت

ج- فلدسپارهای پتاسیم: ارتوکلاز و میکروکلاین

مهمترین انواع کانی‌های پتاسیم‌دار خاک فلدسپارها (۲۰ تا ۳۰ گرم بر کیلوگرم)، انواع میکاهای شامل مسکویت (حاوی ۶۰ تا ۹۰ گرم بر کیلوگرم)، بیوتیت (حاوی ۳۶ تا ۸۰ گرم بر کیلوگرم پتاسیم) و ایلیت (حاوی ۳۲ تا ۵۶ گرم بر کیلوگرم پتاسیم) بوده که منبع طبیعی اصلی پتاسیم برای گیاهان هستند و پتاسیم آن‌ها به وسیله هوادیدگی آزاد می‌شود (جاردین و اسپارکس، ۱۹۸۴). در بیشتر خاک‌ها، میکاهای عمده‌تر از مواد مادری خاک منشا گرفته و به مرور زمان به کانی‌های دیگر تبدیل می‌شوند. میکاهای در اثر هوادیدگی به ایلیت و کانی‌های ثانویه رسی تبدیل می‌شوند. کانی‌های میکایی و محصولات هوادیدگی آن‌ها مهم‌ترین منابع پتاسیم در خاک است. بنابراین کانی‌های ذکر شده در خاک‌های جوانتر و کمی هوادیده، فراوان‌تر از خاک‌های هوادیده می‌باشند. در خاکهایی با هوادیدگی بیشتر، میکاهای سه‌جایی کمتر بوده و میکاهای موجود در رس‌های اکثر این خاکها غالباً دو جایی هستند (اسپارکز و هانگ، ۱۹۸۵). میکای سه‌جایی مانند بیوتیت خیلی سریعتر از کانی‌های دو جایی مثل مسکویت هوادیده می‌شوند (جاردین و اسپارکس، ۱۹۸۴). فرق بین مسکویت و بیوتیت در این است که در مسکویت دو موقعیت از سه موقعیت هشت وجهی آن بوسیله یک عنصر سه ظرفیتی مانند آلومینیوم و آهن و در بیوتیت هر سه موقعیت لایه هشت وجهی بوسیله منیزیم یا آهن اشغال می‌شود (بای‌وردی، ۱۳۸۶). فلدسپارهای پتاسیم تقریباً ۱۵ درصد از کل لیتوسفر را تشکیل می‌دهند و به عنوان باقی‌مانده‌های هوادیدگی سنگ‌های دگرگونی و آذرین در محیط‌های رسوبی انباشته می‌شوند. مقدار این کانی‌ها با شدت واکنش‌های هوادیدگی در رابطه است. فلدسپارها ممکن است ۵ تا ۲۵ درصد از جزء سیلت و شن خاک‌ها و بیش از ۴۰ درصد از جزء رس تعداد کمی از خاک‌های جوان با منشاء یخچالی را تشکیل دهند ولی عموماً ۵ درصد یا کمتر از جزء رس بیشتر خاک‌ها را تشکیل می‌دهند. پتاسیم موجود در بخش سیلت ریز خاک عمدتاً از فلدسپارهای پتاسیم تشکیل شده و منبع عمده پتاسیم خاک است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). میکروکلاین معمول‌ترین فلدسپار پتاسیم در خاک است. در اکثر خاک‌های کشاورزی میزان پتاسیم ۱۰ تا ۲۰ گرم بر کیلوگرم می‌باشد (زای و هاسگووا، ۱۹۸۵).

۲-۲-۲- شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک

چهار شکل مختلف پتاسیم در خاک به ترتیب سهل الوصول بودن برای گیاه عبارتند از:

۱- پتاسیم محلول

۲- پتاسیم تبادلی: بر روی مکان‌های با بار منفی موجود در کمپلکس‌های کلوئیدی جذب شده‌است.

۳- پتاسیم غیر تبادلی: که مکان‌های درونی ورقه‌های رسی و حفرات شش‌وجهی بعضی از کانی‌ها را اشغال

می‌کند.

۴-پتاسیم ساختمانی: پتاسیم موجود در ساختمان کریستالی کانی‌های اولیه و ثانویه با وجود این که پتاسیم خاک به مراتب بیشتر از نیاز گیاه است ولی قسمت کوچکی از آن برای گیاه قابل دسترس است.

۲-۲-۱-پتاسیم محلول

مقدار پتاسیم موجود در محلول خاک را به طور متوسط ۱ تا ۲ درصد پتاسیم کل خاک برآورد نموده‌اند. تحقیقات نشان داده است که پتاسیم موجود در فاز محلول فقط قادر است، پنج درصد از نیاز گیاه به پتاسیم را تامین کند. غلظت پتاسیم محلول خاک دائم در حال نوسان بوده و اندازه‌گیری آن مشکل است. ولی با وجود این در خاک‌هایی که دارای پتانسیل بافری بالایی از نظر پتاسیم هستند، غلظت پتاسیم محلول در آن‌ها در طی دوره رشد تقریباً ثابت می‌ماند. پتاسیم موجود در محلول خاک با پتاسیم تبدالی در حال تعادل است و تمایز آن از بخش تبدالی دشوار است. این تعادل ممکن است بسیار سریع باشد و هر تغییر کوچکی در رطوبت خاک و یا غلظت و یا ترکیب املاح خاک (کاربرد کود، آهک‌دهی، تغییر در فعالیت زیستی خاک، شستشو و ..) باعث تغییر سریع پتاسیم محلول خاک می‌شود (اسپارکس، ۱۹۸۷). وجود تعادل بین شکل‌های مختلف پتاسیم باعث می‌شود که کاهش غلظت پتاسیم محلول، در اثر جذب گیاه، بوسیله شکل‌های دیگر پتاسیم جبران شود. جبران پتاسیم محلول از منبع تبدالی خیلی سریعتر از منابع غیرتبدالی انجام می‌گیرد (آرچر، ۱۹۸۵). قسمت اعظم پتاسیم موجود در محلول خاک نسبت به سطح تماس ریشه فاصله دارد و برای جذب بوسیله گیاه باید این فاصله را طی نمایند. انتقال پتاسیم می‌تواند بوسیله پخشیدگی و یا جریان توده‌ای صورت گیرد که البته نقش پخشیدگی در این راستا مهم‌تر است. فرآیند پخشیدگی بستگی به چند عامل دارد که از جمله می‌توان به مقدار آب خاک، مقدار پیچ و خم مسیر انتشار، دما، شیب غلظت پتاسیم (بویژه اگر منطقه تخلیه در اطراف ریشه‌ها وجود داشته باشند) اشاره کرد. گیاهان مقادیر نسبتاً زیادی یون پتاسیم را جذب می‌کنند و لذا غلظت پتاسیم در منطقه اطراف ریشه به سرعت کاهش می‌یابد. تجدید غلظت پتاسیم در این منطقه و نهایتاً محلول خاک به وسیله شدت پخشیدگی پتاسیم، کنترل می‌شود. رطوبت خاک شاید مهمترین عامل موثر در شدت پخشیدگی پتاسیم در خاک است و مستقیماً با جذب پتاسیم توسط گیاه ارتباط دارد. غلظت پتاسیم محلول خاک با تغییر نسبت آب به خاک تغییر می‌یابد. غرقاب نمودن خاک که معمولاً در اراضی شالیزاری به وقوع می‌پیوندد، غلظت نسبی یون پتاسیم را در محلول خاک افزایش می‌دهد. از عوامل دیگر که بر قابلیت جذب پتاسیم محلول اثر می‌گذارد اثر متقابل بین کلسیم، منیزیم و پتاسیم می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). نسبت فعالیت پتاسیم در خاک با استفاده از رابطه ۱-۲ بدست می‌آید.

(۱-۲)

$$AR^K = \frac{(aK)}{(aCa + aMg)^{1/2}}$$

که از این رابطه AR^K نسبت فعالیت پتاسیم و a فعالیت یونی می‌باشد. پتاسیم محلول در خاک با ظرفیت بافری پتاسیم کل در ارتباط مستقیم است (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). غلظت پتاسیم در محلول خاک در

درجه اول به سطح پتاسیم تبادلی مربوط نیست، بلکه با مقدار و نوع کانی‌های رسی در ارتباط است. در خاک‌های رسی، غلظت پتاسیم محلول با افزایش پتاسیم تبادلی به کندی افزایش می‌یابد، در حالی که در خاک‌های شنی افزایش مذکور با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد (کورب و همکاران، ۲۰۰۲).

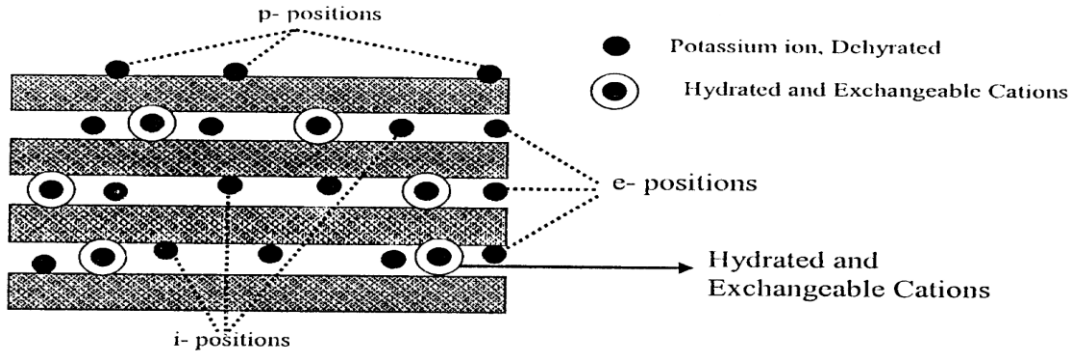
۲-۲-۲-۲- پتاسیم تبادلی

پتاسیم تبادلی پتاسیمی است که توسط بارهای منفی کلونیدهای آلی و معدنی خاک نگه‌داری می‌شود (باربر، ۱۹۹۵). بخش نسبتاً کوچکی از پتاسیم کل خاک به صورت تبادلی بوده و مجموعاً پتاسیم تبادلی و محلول خاک شاید ۱ تا ۲ درصد از کل پتاسیم خاک را شامل می‌شود. مقدار پتاسیم تبادلی معمولاً از کمتر از یک درصد پتاسیم خاک را شامل می‌شود. قسمت عمده پتاسیم قابل دسترس گیاه، از پتاسیم تبادلی است، ولی گیاه تا حد معینی قادر به جذب پتاسیم تبادلی می‌باشد، چون اولاً با کاهش مقدار پتاسیم تبادلی، باقیمانده آن با قدرت بیشتری توسط کلونیدها نگه‌داری می‌شوند، ثانياً کاهش غلظت پتاسیم تبادلی باعث فعال شدن مکانیزم آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی می‌شود (ویر و وایت، ۱۹۵۱). پتاسیم تبادلی خیلی سریع با پتاسیم محلول به تعادل می‌رسد (بردی، ۱۹۹۰) ولی تعادل بین پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی به کندی صورت می‌گیرد (اسپارکز، ۲۰۰۰). پتاسیم تبادلی ممکن است با پیوندهای متفاوتی از نظر انرژی روی مکان‌های تبادلی جذب شده باشند که از این نظر می‌توان آنرا به سه شکل زیر تقسیم نمود:

۱- پتاسیم جذب شده بر روی سطوح پایه‌ای کانی‌های رسی که عموماً به صورت غیراختصاصی جذب شده است.

۲- پتاسیم جذب شده در لبه کانی‌های رسی که تشخیص آن از پتاسیم جذب شده بر روی سطوح پایه‌ای رس‌ها به آسانی امکان پذیر نیست.

۳ پتاسیم جذب شده در فضای بین لایه‌ای رس‌ها که معمولاً جذب پتاسیم در آن‌ها اختصاصی تر است. براساس نظر منگل (۱۹۸۵) پتاسیم در کلونیدهای خاک، در سه نوع جایگاه یا نقاط اتصال نگه‌داری می‌شود (شکل ۱-۲). این جایگاه‌ها عبارتند از مکان‌های سطحی کانی‌ها (Planar surface:p-Position)، مکان‌های لبه‌ای کانی‌ها (Edge of the interlayer:e-Position) و مکان‌های بین لایه‌ای کانی‌ها (Interlayer:i-Position). مکان‌های سطحی (p) در سطوح خارجی کانی‌های رسی وجود دارند و نسبت به جذب پتاسیم تمایل ویژه‌ای نداشته، پتاسیم در این مکان‌ها به صورت هیدراته جذب شده، قدرت پیوند نسبتاً ضعیف و غلظت پتاسیم در محلول در تعادل با این نوع پتاسیم بالا است. مکان‌های بین لایه‌ای (i) بیشترین تمایل را برای جذب پتاسیم نشان داده، پتاسیم به صورت غیرهیدراته و اختصاصی در داخل حفرات شش ضلعی لایه چهاروجهی جذب می‌شود. مکان‌های لبه‌ای کانی (e) حدواسط مکان‌های سطحی و بین لایه‌ای از نظر قدرت جذب بوده و پتاسیم را شدیدتر از مکان‌های سطحی و با نیروی کمتر از مکان‌های بین لایه‌ای جذب می‌کنند (منگل، ۱۹۸۵).



شکل ۲-۱ محل‌های پتاسیم تبادلی (e, p) و پتاسیم غیر تبادلی در رس‌های ۱:۲ (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴)

اکثر پتاسیم تبادلی در سطوح خارجی کانی‌های رسی موجود است. گیاه معمولاً قادر نیست پتاسیم تبادلی خاک را به زیر سطحی که از ویژگی‌های آن خاک است برساند زیرا اولاً با کاهش سطح پتاسیم تبادلی میزان باقی‌مانده با قدرت بیشتری نگهداری می‌شود و ثانیاً وقتی این سطح حداقل فرا رسد، آزاد شدن پتاسیم غیر تبادلی، به دلیل غلظت پایین پتاسیم محلول، تبادلی و یا هر دو، سرعت بیشتری می‌یابد (منگل، ۱۹۸۵).

کاتیون‌هایی که پتاسیم را از مکان‌های تبادلی جا به جا می‌کنند عمدتاً کلسیم، هیدروژن، آمونیوم و آلومینیوم می‌باشند. کلسیم به خوبی پتاسیم جذب شده بر روی سطوح خارجی رس‌ها را آزاد می‌سازد اما قادر به جایگزینی پتاسیم در لبه کانی‌های رسی نیست ولی یون آمونیوم به خوبی می‌تواند پتاسیم موجود در لبه و حتی بخشی از پتاسیم جذب شده در بین لایه‌های کانی‌های رسی را نیز جایگزین نماید. یون هیدروژن نیز می‌تواند پتاسیم جذب شده در موقعیت‌های سطحی و مقداری از پتاسیم نگهداری شده در موقعیت‌های گوه‌ای را آزاد کند (ریچارد و بت، ۱۹۸۹). مقدار و نوع رس، مواد آلی، مقدار آب خاک، دما و سایر عوامل سبب ایجاد یک وضعیت پیچیده در رابطه با قابلیت جذب پتاسیم خاک برای گیاه می‌شوند. مواد آلی پیچیدگی سیستم پتاسیم قابل جذب را افزایش می‌دهد (شریفی، ۱۳۷۷). گروه‌های عامل اسیدی (کربوکسیل، فنول و اینول) منابع بار منفی در مواد آلی هستند. تمایل مکان‌های تبادلی مواد آلی خاک برای جذب پتاسیم نسبتاً کم بوده (آلیسون، ۱۹۷۳) و خصوصاً کمتر از رس‌های میکایی و ایلیتی می‌باشند (منگل و کیرکبی، ۱۹۸۰). پلی‌مرهای آلی ممکن است همچنین در آزادسازی پتاسیم تثبیت شده به دلیل کمپلکس‌کنندگی خود سهم داشته باشند (تن، ۱۹۷۸).

پتاسیم تبادلی خاک هرگز در طول یک و حتی چند فصل زراعی به طور کامل توسط گیاه از خاک خارج نمی‌گردد که دو علت عمده برای آن می‌توان ذکر کرد:

۱- بافر شدن پتاسیم تبادلی به وسیله آزاد شدن پتاسیم بین لایه‌ای

۲- پتاسیم تبادلی از تمام نقاط خاک به طور یکسان به وسیله ریشه جذب نمی‌شود و تحرک پتاسیم (به وسیله پخشیدگی و جریان توده‌ای) به اندازه‌ای نیست که کمبود پتاسیم تبادلی اطراف ریشه فعال گیاهان را جبران نماید و در نتیجه باعث یکنواختی پتاسیم تبادلی در تمام نقاط خاک می‌گردد.