



دانشگاه ارومیه

دانشکده کشاورزی

گروه علوم خاک

**پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته علوم خاک
گرایش شیمی و حاصلخیزی خاک**

عنوان:

**ارزیابی عصاره گیرها و روابط کمیت-شدت برای تخمین پتاسیم قابل استفاده در خاک های آهکی استان
کردستان**

استاد راهنما:

پروفسور عباس صمدی

استاد مشاور:

دکتر مسعود داوری

تنظیم و نگارش:

سامان فتحی

بهمن ۹۲

چکیده

برآورد دقیق از پتاسیم قابل دسترس موجود در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت خاصی برخوردار است. پتاسیم قابل استخراج توسط استات آمونیوم در خاک‌های حاوی کانی‌های میکایی برآورد مناسبی از پتاسیم قابل استفاده گیاهان ارائه نمی‌دهد. روش‌های عصاره‌گیری مختلفی برای پیش بینی قابلیت استفاده پتاسیم و روابط کمیت-شدت در ۱۹ نمونه از خاک‌های آهکی استان کردستان مطالعه شد. به منظور برقراری ارتباط بین پتاسیم قابل استخراج، عصاره‌گیرهای مختلف و جذب پتاسیم توسط گیاه، مطالعه گلخانه‌ای با استفاده از ذرت به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو سطح پتاسیم (صفر و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با استفاده از سولفات پتاسیم) در سه تکرار انجام شد. میانگین پتاسیم قابل استخراج با عصاره‌گیرها از کمتر به بیشتر به ترتیب عبارت بود از: کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار (۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ مولار (۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم)، اسید نیتریک ۰/۱ مولار (۱۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم)، استات سدیم یک مولار (۱۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کلرید سدیم یک مولار (۲۱۳ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کلرید باریم ۰/۱ مولار (۲۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و استات آمونیوم یک مولار (۲۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پتاسیم جذب شده توسط گیاه با پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم یک مولار ($P \leq 0/01, R = 0/84$)، باریم کلرید ۰/۱ مولار ($P \leq 0/01, R = 0/74$)، استات سدیم یک مولار ($P \leq 0/01, R = 0/69$)، کلرید سدیم یک مولار ($P \leq 0/01, R = 0/67$)، اسید نیتریک ۰/۱ مولار ($P \leq 0/01, R = 0/64$) و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار ($P \leq 0/05, R = 0/55$) وجود داشت. دامنه مقادیر PBC^K بین $102-28^{0.5} \text{ mol/L} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cm}$ و به طور متوسط $40/7$ $\text{Cmol.kg}^{-1} \text{ (mol/L)}^{0.5}$ و دامنه مقادیر ΔK^0 در خاک‌های مورد مطالعه بین $0/44-0/47$ سانتی مول بر کیلوگرم به طور متوسط $0/22$ سانتی مول بر کیلوگرم متغیر بود. براساس مطالعات همبستگی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استات آمونیوم یک مولار می‌تواند به عنوان عصاره‌گیر مناسب برای پیش بینی پتاسیم قابل استفاده گیاه در خاک‌های آهکی استان کردستان معرفی گردد.

کلمات کلیدی: پتاسیم، عصاره‌گیر، قابل تبادل، روابط کمیت به شدت، خاک‌های آهکی

۲	۱-۱- مقدمه.....
۷	۱-۲- پتاسیم در خاک.....
۷	۱-۸-۲- پتاسیم محلول.....
۸	۲-۸-۲- پتاسیم تبادلی.....
۱۰	۳-۸-۲- پتاسیم غیر تبادلی.....
۱۰	۴-۸-۲- پتاسیم ساختمانی.....
۱۱	۲-۲- نقش پتاسیم در گیاه.....
۱۴	۵-۲- جذب پتاسیم به وسیله گیاه.....
۱۴	۶-۲- عوامل موثر در قابلیت جذب پتاسیم برای گیاه.....
۱۵	۳-۲- سیستم خاک-گیاه.....
۱۶	۴-۲- پتاسیم خاک و عرضه پتاسیم.....
۱۷	۹-۲- روش‌های ارزیابی قابلیت استفاده پتاسیم.....
۱۷	۱-۹-۲- ارزیابی پتاسیم بر اساس فاکتور کمیت.....
۱۸	۱-۱-۹-۲- برآورد پتاسیم قابل دسترس بر اساس پتاسیم تبادلی.....
۲۳	۲-۱-۹-۲- برآورد پتاسیم قابل دسترس بر اساس پتاسیم غیر قابل تبادل.....
۲۴	۳-۱-۹-۲- روش دستگاهی الکترواولترافیلتریشن (EUF).....
۲۵	۱۰-۲- ارزیابی پتاسیم بر اساس فاکتور رشدت.....
۲۵	۱۱-۲- ارزیابی پتاسیم بر اساس روابط کمیت به شدت (Q/I).....
۲۶	۱-۱۱-۲- تئوری نمودار رابطه (Q/I).....
۲۷	۲-۱۱-۲- توصیف و کاربرد پارامترهای Q/I.....
۲۹	۳-۱۰-۲- شاخص درصد اشباع پتاسیم.....
۳۲	۱-۳- موقعیت منطقه.....
۳۲	۲-۳- خاک‌های منطقه.....
۳۲	۳-۳- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها.....

۳۴	..... ۳-۳-۳-کربن آلی
۳۴	..... ۳-۳-۴-کربنات کلسیم معادل (CCE)
۳۴	..... ۳-۳-۵-ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)
۳۵	..... ۳-۳-۶-هدایت الکتریکی (EC)
۳۵	..... ۳-۳-۷-فسفر قابل جذب (Olsen-P)
۳۵	..... ۳-۳-۴-عصاره گیرها
۳۶	..... ۳-۳-۵-روابط کمیت به شدت پتاسیم (Q/I)
۳۷	..... ۳-۳-۶-مطالعات گلخانه‌ای
۳۸	..... ۳-۳-۷-تعیین خصوصیات گیاهی
۳۸	..... ۳-۳-۷-۱-تعیین غلظت پتاسیم گیاهی
۳۹	..... ۳-۳-۷-۲-برای تعیین پارامترهای گیاهی از روابط زیر استفاده شد:
۴۱	..... ۴-۱-خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها
۴۱	..... ۴-۲-۱-پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم یک مولار
۴۴	..... ۴-۲-۲-پتاسیم قابل استخراج با استات سدیم یک مولار
۴۵	..... ۴-۲-۳-پتاسیم قابل استخراج با کلرید سدیم یک مولار
۴۵	..... ۴-۲-۴-پتاسیم قابل استخراج با کلرید باریم ۰/۱ مولار
۴۶	..... ۴-۲-۵-پتاسیم قابل استخراج با اسید نیتریک ۰/۱ مولار
۴۶	..... ۴-۲-۶-پتاسیم قابل استخراج با اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ مولار
۴۶	..... ۴-۲-۷-پتاسیم قابل استخراج با کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار
۴۷	..... ۴-۳-۳-اثر کاربرد کود پتاسیم بر عملکرد ماده خشک، غلظت و جذب پتاسیم در ذرت
۴۷	..... ۴-۳-۱-عملکرد ماده خشک
۴۷	..... ۴-۳-۲-غلظت پتاسیم
۴۸	..... ۴-۳-۳-جذب پتاسیم
۴۹	..... ۴-۴-همبستگی پتاسیم قابل استخراج با عصاره گیرها و شاخص‌های گیاهی و انتخاب عصاره گیر مناسب

۵۳	.....۵-۴- همبستگی پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره گیرها با همدیگر
۵۵	.....۶-۴- روابط کمیت به شدت (Q/I)
۵۸	.....۱-۶-۴- ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم PBC^K
۶۰	.....۲-۶-۴- پتاسیم آسان قابل تبادل ΔK^0
۶۱	.....۳-۶-۴- همبستگی پارامترهای کمیت-شدت و شاخص های گیاهی
۶۳	.....نتیجه گیری کلی و پیشنهادات
۶۴	.....منابع

صفحه	عنوان
۸	شکل ۱-۲ چرخه پتاسیم در خاک
۹	شکل ۲-۲ مکان‌های تبدلی در رس‌های ۲:۱ مثل ایلیت، ورمیکولیت و کلریت
۱۱	شکل ۳-۲ روند هوادیدگی میکا و آزادسازی و تثبیت پتاسیم
۱۴	جدول ۱-۲ فرایندها و سرعت انتقال پتاسیم در خاک‌های مختلف
۱۵	شکل ۴-۲ سیستم پویایی پتاسیم، نیاز گیاه به پتاسیم و عرضه پتاسیم به سطح ریشه توسط خاک
۱۷	شکل ۵-۲ عرضه پتاسیم به گیاه
۲۶	شکل ۶-۲ نمودار عمومی رابطه Q/I
۳۳	جدول ۱-۳ سری‌های مورد نمونه‌برداری در منطقه
۳۶	جدول ۲-۳ مشخصات روش‌های مختلف عصاره‌گیری مورد استفاده
۴۱	جدول ۱-۴ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه
۴۲	جدول ۲-۴ پتاسیم استخراج شده با روش‌های مختلف عصاره‌گیری
۴۶	جدول ۳-۴ تجزیه واریانس (عملکرد ماده خشک)
۴۷	جدول ۴-۴ تجزیه واریانس (غلظت پتاسیم)
۴۷	جدول ۵-۴ تجزیه واریانس (جذب پتاسیم)
۴۹	جدول ۶-۴ اثر کاربرد کود پتاسیمی بر پارامترهای گیاهی مورد استفاده
۵۱	جدول ۷-۴ همبستگی پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرها و پارامترهای گیاهی
۵۳	جدول ۸-۴ همبستگی پتاسیم استخراج شده بین عصاره‌گیرهای مختلف
۵۴	شکل ۱-۴ نمودارهای Q/I خاک‌های مورد مطالعه
۵۸	جدول ۹-۴ پارامترهای کمیت-شدت
۵۹	جدول ۱۰-۴ همبستگی پارامترهای کمیت-شدت و شاخص‌های گیاهی

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه است و اهمیت آن در بخش کشاورزی به خوبی شناخته شده است (Huang و Sparks, ۱۹۸۵). پیش بینی دقیق پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل وجود ذخایر کانی‌های میکایی یک مشکل طولانی مدت بوده، لذا برآورد دقیق از پتاسیم فراهم شده توسط خاک‌های آهکی در این مناطق از اهمیت زیادی برخوردار است (ضرابی و جلالی، ۲۰۰۸). معمولاً ذخیره کل پتاسیم خاک زیاد بوده و توزیع شکل‌های مختلف پتاسیم متفاوت است (جلالی و ضرابی، ۲۰۰۸). پتاسیم در خاک به چند شکل مختلف وجود دارد که عبارتند از: پتاسیم محلول، تبادلی، غیر تبادلی و پتاسیم ساختاری. بین شکل‌های مختلف پتاسیم تعادل پویا وجود دارد (Spark, ۱۹۸۷). با کاهش غلظت پتاسیم، در اثر مصرف گیاهی یا آبشویی، پتاسیم تبادلی وارد فاز محلول شده و کاهش غلظت را جبران می‌کند (ضرابی و جلالی، ۲۰۰۸). اما این ذخیره به اندازه‌ای نیست که بتواند نیاز گیاهان را در فصل رشد تامین نماید که باید به وسیله دیگر شکل‌های پتاسیم و کوددهی تامین شود (Simard و همکاران، ۱۹۹۴).

به طور کلی قابلیت دسترسی پتاسیم و پاسخ گیاه در قبال مصرف این عنصر می‌تواند تابع عوامل چندی از قبیل ظرفیت تثبیت پتاسیم خاک، توانایی خاک در حفظ نسبت معینی از فعالیت پتاسیم در محلول خاک، قدرت رهاسازی پتاسیم از منابع غیر تبادلی، ویژگی‌های خاک از قبیل درصد رس، مواد آلی، نوع کانی‌های رس، ظرفیت تبادل کاتیونی و غیره قرار گیرد. لذا آزمون خاک می‌تواند معیار سنجش برای پتاسیمی که در طول فصل زراعی توسط گیاه جذب می‌شود، باشد که علاوه بر استفاده از عصاره‌گیر مناسب جهت استخراج پتاسیم، عوامل موثر در قابلیت دسترسی پتاسیم برای گیاه را نیز مد نظر قرار داده باشد. پتاسیم محلول و تبادلی در مقایسه با شکل‌های مینرالی و تثبیت شده با وجود اینکه بخش ناچیزی از پتاسیم خاک تشکیل می‌دهند ولی قسمت عمده‌ای از پتاسیم قابل استفاده گیاه از این منابع تامین می‌گردد. در برنامه آزمون خاک برای یک عنصر غذایی، انتخاب عصاره‌گیر مناسب و آزمایش‌های تعیین همبستگی بین مقدار عنصر غذایی عصاره‌گیری شده از خاک و مقدار جذب شده توسط گیاه از اولویت ویژه‌ای برخوردار است (کاوسی و کلباسی، ۱۳۷۸ و Corey, ۱۹۸۷). برای تعیین پتاسیم قابل استفاده گیاه از روش‌های عصاره‌گیری مختلف استفاده می‌شود که متداولترین روش استفاده از استات آمونیوم یک مولار است (Herlihy, ۱۹۹۲ و Bates, ۱۹۹۰). این روش برای عصاره‌گیری پتاسیم تبادلی کارایی بالایی داشته ولی برای اندازه‌گیری مقدار واقعی پتاسیمی که به آسانی برای گیاه قابل دسترس است ممکن است دقیق نباشد (Herlihy, ۱۹۹۲ و Knudsen, ۱۹۸۲). در این روش مجموع پتاسیم تبادلی و محلول و مقداری از پتاسیم غیر تبادلی استخراج می‌شود (Watson و Mc lean, ۱۹۸۵). در این روش به علت سهولت در اندازه-

گیری پتاسیم و نیز داشتن همبستگی بالا با پاسخ‌های گیاهی در دامنه وسیعی از خاک‌ها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت می‌توانند پاسخ گیاهان را به کاربرد پتاسیم پیش‌بینی نماید (Armestro و Sotres, ۱۹۹۳).

مقادیر پتاسیم استخراج شده به خصوصیات خاک و توانایی عصاره‌گیر بستگی دارد (Nath و Purkaystha, ۱۹۹۸, Panda و Panda, ۱۹۹۳). عصاره‌گیرها معمولاً با توجه به نوع ترکیبات شیمیایی به کار رفته از یک یا چند شکل پتاسیم عصاره‌گیری می‌نمایند (خودشناس و مفتون, ۱۳۸۶). به طور کلی هدف اولیه هر عصاره‌گیر شیمیایی ارزیابی مقدار پتاسیم قابل استفاده یک عنصر غذایی برای گیاه است (Corey, ۱۹۸۷). اصولاً در ارائه عصاره‌گیر مناسب باید دو معیار مورد توجه قرار گیرد: اول، آنکه عصاره‌گیر باید قادر به استخراج عنصر غذایی از منابع فراهم خاک باشد، دوم، آنکه روش عصاره‌گیری باید سریع، تکرار پذیر و اقتصادی باشد (Brown و همکاران, ۱۹۸۷ و Corey, ۱۹۸۷). عصاره‌گیرهای متداول پتاسیم عبارتند از: مهلیخ یک و دو و سه، بی کربنات آمونیوم-DTPA، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، کلرید سدیم، مورگان-ولف، تترافنیل بران سدیم و اسید نیتریک مولار جوشان. (ملکوتی و همکاران, ۱۳۸۴).

به طور کلی دلیل اینکه یک عصاره‌گیر در یک خاک موفق و در خاک دیگر ناموفق باشد، احتمالاً نقش متفاوت شکل‌های پتاسیم خاک (با توجه به نوع و مقدار کانی‌های موجود در خاک) در تامین نیازهای گیاهی می‌باشد (شریفی و کلباسی, ۱۳۸۰).

سه عامل خاکی به عنوان عوامل اصلی کنترل کننده سرعت فراهمی پتاسیم، برای جذب توسط ریشه گیاه معرفی شده است. این سه عامل به طور موفقیت آمیزی برای ارزیابی وضعیت جذب پتاسیم به وسیله گیاه مورد استفاده قرار گرفته است، عبارتند از: ۱- شدت پتاسیم در محلول خاک، ۲- قدرت بافری پتاسیم و ۳- ضریب انتشار موثر پتاسیم خاک (Black و Rich, ۱۹۶۴).

روش‌های دیگر ارزیابی وضعیت پتاسیم در خاک‌ها، استفاده از روش کمیت به شدت پتاسیم می‌باشد. مفهوم کمیت به شدت پتاسیم رابطه بین مقادیر یون‌های تبادل و غلظت تعادلی آنها در محلول را شرح می‌دهد (Evangelou و همکاران, ۱۹۸۶). این روش بیش از سایر روش‌ها در شناخت وضعیت دینامیکی پتاسیم خاک مورد تایید پژوهشگران قرار گرفته است ولی به علت وقت گیر بودن و هزینه آن در ردیف تجزیه‌های معمولی آزمایشگاهی قرار نگرفته است، لذا پژوهشگران برای رفع این مشکل در صدد پیدا نمودن رابطه بین پارامترهای منحنی کمیت به شدت با بعضی از خصوصیات خاک بوده تا از این طریق بتوانند به سهولت وضعیت دینامیکی پتاسیم خاک را مورد ارزیابی قرار دهند (ضرابی و جلالی, ۲۰۰۸).

پتاسیم از نظر ساز و کار جذب تا حد زیادی نظیر دیگر کاتیون‌ها و از نظر مقدار جذب نیز بیش از دیگر کاتیون‌ها مورد توجه گیاهان است. یون پتاسیم به کمک فرایندهای سه گانه‌ی تماس مستقیم با سطح

ریشه، جریان توده‌ای و حرکت پخشیدگی که پتاسیم را بر اثر وجود اختلاف غلظت به سوی ریشه می‌راند، به وسیله ریشه گیاه جذب می‌گردد. پخشیدگی، تامین کننده‌ی بخش عمده‌ی پتاسیم جذب شده به وسیله‌ی ریشه است. غلظت پتاسیم در سطح ریشه بر اثر رشد گیاه کاهش می‌یابد. اختلاف در غلظت، ایجاد کننده‌ی نیروی محرکه‌ی لازم برای حرکت یون به طرف ریشه است. بنابراین با افزایش غلظت پتاسیم در آب خاک، اختلاف غلظت فزونی یافته و پخشیدگی افزایش می‌یابد. از آن جا که این پخشیدگی منحصرأ در محیط مایع خاک تحقق می‌پذیرد، رطوبت خاک عامل مهم در تعیین سرعت آن به شمار می‌رود. ضریب پخشیدگی با افزایش رطوبت خاک به سرعت افزایش می‌یابد زیرا، سطح مقطع بیشتری برای این عمل حاصل می‌شود در نتیجه غلظت زیاد پتاسیم و آب کافی برای تامین سطح بهینه‌ی پتاسیم مورد نیاز گیاه در خاک ضروری است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

برای تشخیص توان پتاسیم خاک، تعیین سه عامل شدت (I) که در واقع بیانگر فعالیت نسبی یون پتاسیم در محلول خاک است، کمیت (Q) که معرف نسبت پتاسیم در فاز تبادل است و تحرک که معرف سرعت انتقال مقدار معین پتاسیم در واحد زمان به سطح ریشه می‌باشد، ضروری است (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). حداقل یکی از این عوامل در روش‌های مختلف برای تخمین میزان پتاسیم قابل استفاده اندازه‌گیری می‌شود. عامل شدت از طریق اندازه‌گیری غلظت پتاسیم در عصاره اشباع خاک تعیین می‌گردد. معمولاً از آب برای این عصاره‌گیری استفاده می‌شود. بدیهی است هر چه غلظت پتاسیم در محلول خاک زیادتر باشد، شدت عرضه پتاسیم به سطح ریشه‌ها بیشتر است.

عامل کمیت در بسیاری از حالات با تعیین مقدار پتاسیم قابل تبادل و در بعضی از موارد به همراه اندازه‌گیری برخی از انواع غیر قابل تبادل، تعیین می‌شود. عامل کمیت شاخصی از مقدار پتاسیم موجود در بخش جامد خاک است که با محلول خاک در حال تعادل بوده و در تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد مشارکت می‌کند. عامل تحرک معمولاً در اندازه‌گیری پتاسیم قابل استفاده گیاه به حساب آورده نمی‌شود، اگر چه می‌تواند نمایان گر سرعت انتقال پتاسیم در حالت محلول به طرف محل برداشت در سطح ریشه و همچنین معرف سرعت انتقال از فاز جامد به فاز محلول باشد.

نظر به اینکه ترکیب کانی‌های هر خاک، نوع گیاه و شرایط اقلیمی در میزان پتاسیم تاثیرگذار می‌باشد، و مطالعات اندکی در مورد وضعیت پتاسیم در خاک‌های آهکی استان کردستان صورت گرفته است، لذا بررسی و تعیین عصاره‌گیر مناسب در این منطقه و با توجه به نوع گیاه لازم به نظر می‌رسد. اهداف این مطالعه عبارتند از:

-
- ۱) مقایسه روش‌های مختلف عصاره‌گیری به منظور انتخاب عصاره‌گیر مناسب برای ارزیابی وضعیت پتاسیم در خاک‌های آهکی استان کردستان
 - ۲) بررسی روابط کمیت به شدت (Q/I) در خاک‌ها و مقایسه‌ی آن با روش‌های مختلف عصاره‌گیری
 - ۳) تعیین پارامترهای روابط کمیت به شدت در خاک‌های مورد مطالعه.

فصل دوم

کلیات و مروری بر منابع

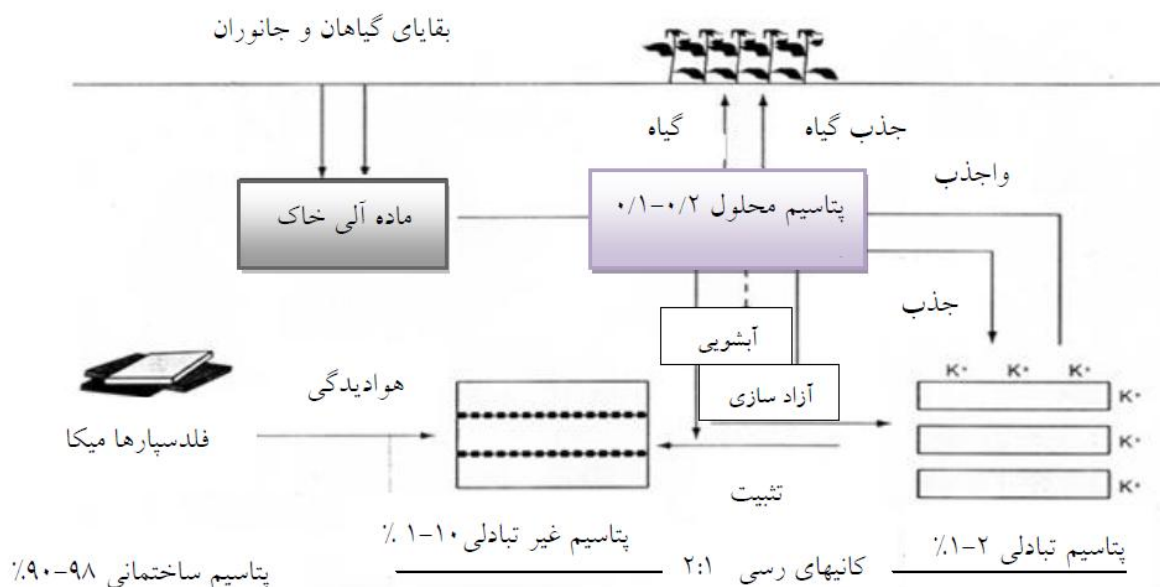
۲-۱-پتاسیم در خاک

وضعیت عنصر غذایی خاک به سادگی با مقدار کل آن مشخص نمی‌شود هر عنصر غذایی در خاک به شکل‌های مختلفی وجود داشته و تغییرات پی در پی آن از شکلی به شکل دیگر در اثر جذب و رهاسازی، یک سیستم غذایی پویا ایجاد می‌نماید. پتاسیم در خاک به چهار صورت، ترکیبات کانی، تثبیت شده، تبادلی و محلول وجود دارد در قابلیت جذب پتاسیم توسط گیاهان عوامل خاکی اثر دارند (شکل ۲-۱) (سالاردینی، ۱۳۵۸). با وجود اینکه پتاسیم کل در خاک به مراتب بیشتر از نیاز گیاه است ولی تنها قسمت کوچکی از آن برای گیاه قابل دسترس است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

قسمت عمده پتاسیم، (بیش از ۹۰٪ پتاسیم خاک) در ساختار کانی‌هاست و از کانی‌های حاوی پتاسیم می‌توان به فلدسپات‌ها و میکاها اشاره کرد. از بین این کانی‌ها ارتوکلاز، میکروکلین، بیوتیت، مسکویت و ایلایت از اهمیت بیشتری برخوردارند در خاک نوع ماده تبادلی از اهمیت فراوانی در قابلیت جذب پتاسیم برخوردار است که هر یک از این کانی‌ها و مواد آلی قابلیت‌های مختلف برای جذب پتاسیم و در اختیار قرار دادن آن برای گیاه دارند و وضعیت هوادیدگی کانی‌ها هم بر قابلیت جذب پتاسیم و در اختیار قرار دادن آن برای گیاه موثر است (سالاردینی، ۱۳۵۸). تعادل موجود بین شکل‌های پتاسیم در خاک باعث تداوم تامین پتاسیم برای گیاهان می‌شود. پتاسیم محلول و تبادلی خیلی سریع با هم به تعادل می‌رسند در حالی که تعادل بین پتاسیم ساختمانی و پتاسیم تثبیت شده با پتاسیم تبادلی و محلول به کندی حاصل می‌گردد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۸-۱-پتاسیم محلول

پتاسیم محلول، پتاسیمی است که در محلول خاک به شکل یونی موجود بوده و تنها شکل عمده قابل جذب پتاسیم برای گیاهان است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). گیاه پتاسیم مورد نیاز خود را به صورت یون (K^+) از محلول خاک دریافت می‌کند (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). کاهش ذخیره پتاسیمی خاک در اثر شستشوی عمقی نیز پس از تبدیل سایر شکل‌های پتاسیم به این شکل صورت می‌گیرد حرکت این نوع پتاسیم به سوی ریشه گیاهان در اثر پخشیدگی یا حرکت توده‌ای است. تمایز پتاسیم موجود در محلول خاک با پتاسیم تبادلی دشوار است غلظت پتاسیم محلول خاک در طول فصل رشد گیاه در نوسان بوده و اندازه-گیری آن نیز مشکل است با این حال در خاک‌های که قدرت بافری خوبی دارند توانایی تامین پتاسیم چندآن تحت تاثیر جذب گیاه قرار نمی‌گیرد به طوری که در این خاک‌ها پتاسیم محلول در خاک در طول دوره رشد گیاه و حتی از سالی به سال دیگر تقریباً ثابت می‌ماند در خاک‌های رسی غلظت پتاسیم محلول با افزایش مقدار پتاسیم تبادلی به کندی افزایش می‌یابد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).



شکل ۱-۲، چرخه پتاسیم در خاک (Tisdale و همکاران ۱۹۸۴)

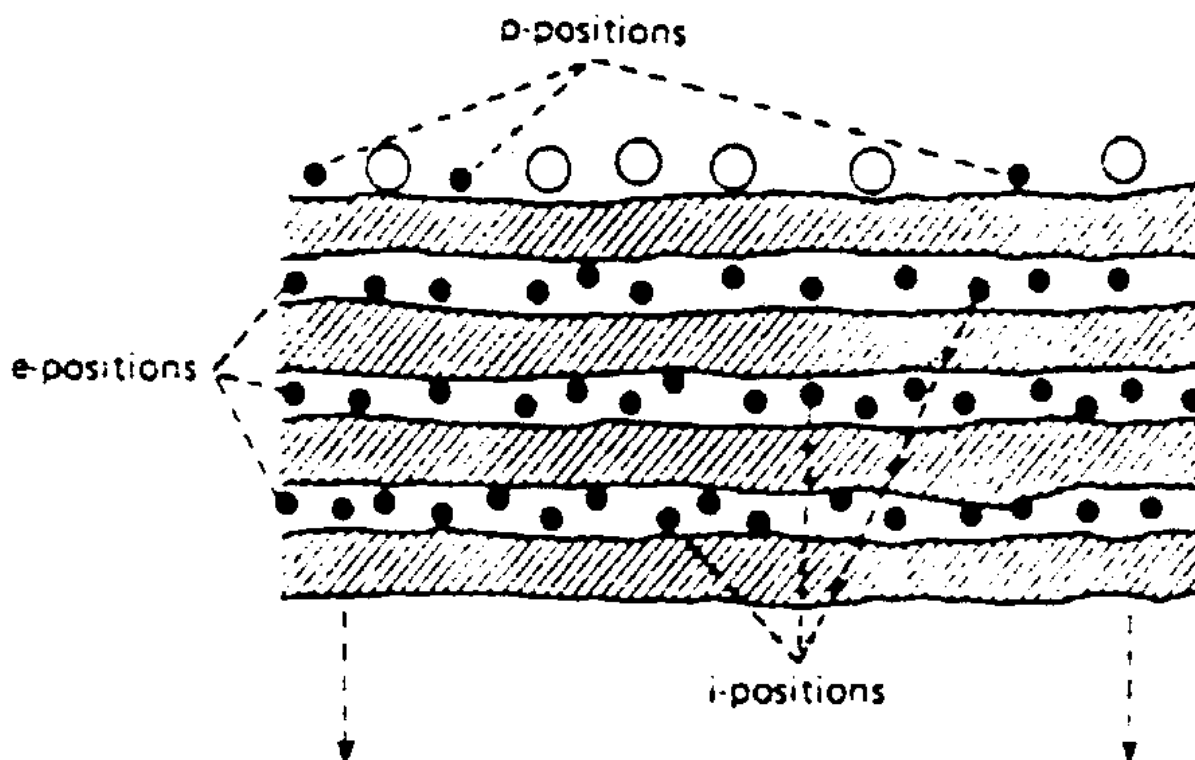
۲-۸-۲- پتاسیم تبادلی

پتاسیم تبادلی یا پتاسیم جذب سطحی شده روی کلوئیدها و قابل جایگزین با سایر کاتیون‌ها همانند سایر کاتیون‌های تبادلی دیگر به وسیله نیروهای الکترواستاتیک بارهای منفی کلوئیدهای آلی و معدنی خاک نگهداری می‌شود و تحت شرایطی به آسانی توسط نمک‌های خنثی قابل استخراج می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). مقدار پتاسیم تبادلی شده از طریق محلول‌های نمکی خنثی به غلظت کاتیون‌های جابجا کننده بستگی دارد مقدار پتاسیم جابجا شده به وسیله محلول یک نرمال استات آمونیوم معمولاً کمتر از یک درصد کل پتاسیم می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). این بخش از پتاسیم به آسانی می‌تواند برای گیاه قابل استفاده باشد و هنوز اندازه‌گیری آن یکی از مهمترین راه‌های برآورد قابلیت جذب پتاسیم به وسیله گیاه است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). پتاسیم تبادلی ممکن است با پیوندهای متفاوتی از نظر انرژی روی مکان‌های تبادلی جذب شده باشد که از این نظر می‌توان آن را به سه شکل زیر تقسیم بندی نمود (شکل ۲-۲).

- مکان (P) پتاسیم جذب شده بر روی سطوح پایه ای کانی‌های رسی که عموماً به صورت غیراختصاصی جذب شده است

- مکان (e) پتاسیم جذب شده در لبه کانی‌های رسی که تشخیص آن از پتاسیم جذب شده بر روی سطوح پایه‌ای رس‌ها به آسانی امکان پذیر نیست و موقعیتی اختصاصی برای پتاسیم به شمار می‌رود.
- مکان (i) پتاسیم جذب شده در فضاهای بین لایه‌ای رس‌ها که معمولاً جذب پتاسیم در آنها اختصاصی‌تر است (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳).

توزیع پتاسیم بین مکان‌های تبدلی و محلول خاک را می‌توان تابعی از نوع و مقدار کاتیون‌های رقیب، غلظت آنیون‌ها، نوع و مقدار رس، واکنش خاک، تراکم بار و درجه تداخل لایه‌ای کانی‌های رسی خاک و ویژگی‌های کمپلکس‌های تبدلی دانست (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). پتاسیم تبدلی خاک هرگز در طول یک و یا حتی چند فصل زراعی به طور کامل توسط گیاه از خاک خارج نمی‌گردد. هرچند که در خاک‌های مختلف ممکن است این میزان تخلیه متفاوت باشد. به طور کلی دو علت عمده برای عدم امکان تخلیه کامل خاک از پتاسیم تبدلی توسط برداشت گیاهی می‌توان ذکر کرد.



شکل ۲-۲، مکان‌های تبدلی در رس‌های ۲:۱ مثل ایلیت، ورمیکولیت و کلریت (Mengel و Haeder، ۱۹۷۳).

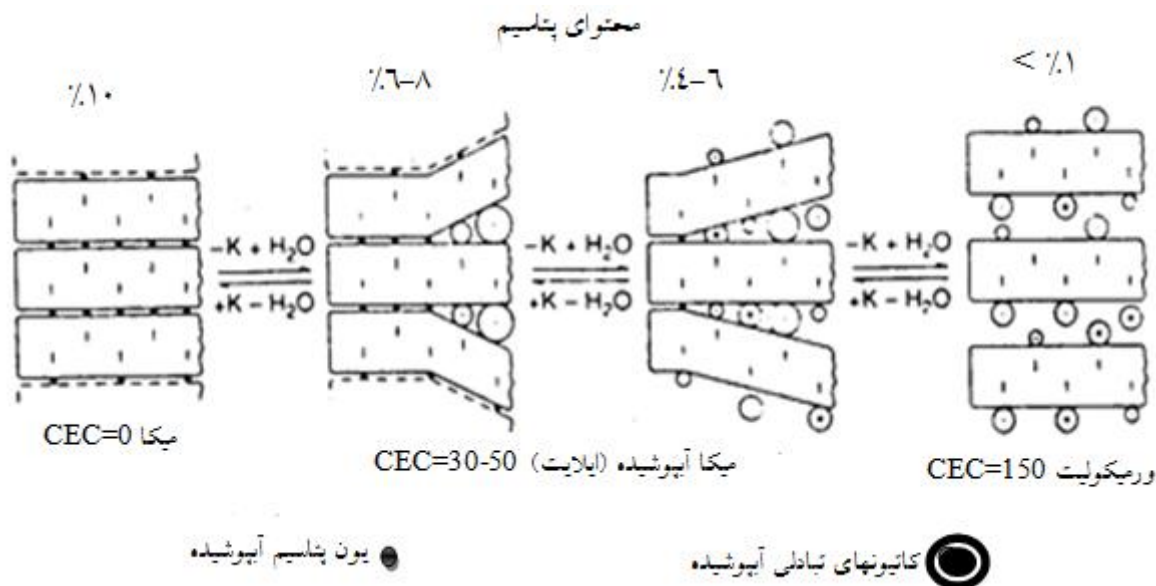
- ۱- جایگزینی پتاسیم تبادلی به وسیله آزاد شدن پتاسیم بین لایه‌ای.
- ۲- پتاسیم تبادلی از تمام نقاط خاک به طور یکسان به وسیله ریشه جذب نمی‌شود و تحرک پتاسیم به وسیله پخشیدگی و جریان توده‌ای به اندازه‌ای نیست که با کمبود و حتی تخلیه شدید پتاسیم تبادلی اطراف ریشه فعال گیاهان این کمبود به تمام نقاط خاک تسری یابد (سالاردینی ۱۳۵۸، ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۸-۳- پتاسیم غیر تبادلی

پتاسیم غیر تبادلی یا تثبیت شده پتاسیمی است که به آسانی قابل تبادل نبوده و در زمان‌های کوتاه نیز توسط محلول‌های نمکی آزاد نمی‌شود ولی بخشی از آن با اسید نیتریک یک مولار جوشان قابل استخراج است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴، ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). رها شدن پتاسیم از بخش غیر قابل تبادل بستگی به نوع و مقدار کانی‌های محتوی پتاسیم، اندازه ذرات، سابقه برداشت محصول و نوع آن دارد. برآورد مقدار پتاسیمی که از کانی‌های خاک آزاد می‌شود با محاسبه فعالیت حرارتی و به کمک معادله آرنیوس میسر است. هرچه فعالیت حرارتی بیشتر باشد، کمترین مقدار پتاسیم در واحد زمان آزاد می‌شود (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). پتاسیم غیر تبادلی در مناطق گوه‌ای شکل و نیز در حفره‌های شش گوش واقع در بین ورقه‌های تترا هیدرال لایه‌های مجاور میکا، ورمیکولایت و سایر کانی‌های حدواسط نگه‌داری می‌شود. پتاسیم غیر تبادلی هم چنین در حفره‌های نامنظم کانی‌های که دارای اندازه رسی و بی‌شکل هستند نیز موجود است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۸-۴- پتاسیم ساختمانی

پتاسیم ساختمانی به شکلی از پتاسیم اطلاق می‌شود که جزئی از شبکه کریستالی کانی‌ها می‌باشد تعداد زیادی از کانی‌ها و اغلب سیلیکات‌ها ممکن است حاوی چنین شکلی از پتاسیم باشند پتاسیم ساختمانی فلدسپارها معمولاً با تخریب شبکه سیلیکاتی فرایندهای هواپدیده‌گی آزاد می‌شود. پتاسیم بین لایه‌ای میکا نیز ممکن است به وسیله تخریب شیمیایی کانی‌ها آزاد شود اما حداقل بخشی از پتاسیم ساختمانی این کانی‌ها می‌تواند به وسیله انتشار از فضای بین لایه‌ای به طرف بیرون حرکت کرده و بدون آنکه تخریبی در ساختمان کریستال ایجاد شود آزاد گردد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). پتاسیم موجود در بخش سیلت ریز عمدتاً از فلدسپارهای پتاسیم تشکیل شده و منبع مهم پتاسیم خاک است. معمولاً پتاسیم ساختمانی برای گیاهان به کندی قابل استفاده بوده و قابلیت استفاده آن به عوامل چندی از قبیل مقدار پتاسیم در سایر شکل‌ها و نیز درجه هواپدیده‌گی میکاها و فلدسپارها بستگی دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴، ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳) شکل (۲-۳).



شکل (۲-۳) روند هوادیدگی میکا و آزادسازی و تثبیت پتاسیم (McLean, ۱۹۷۹).

۲-۲- نقش پتاسیم در گیاه

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به شمار می‌رود پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف گیاه می‌باشد. بیش از هشتاد آنزیم گیاهی برای فعالیت خود به پتاسیم نیاز دارند با تعیین میزان پتاسیم قابل استفاده گیاه می‌توان در باره وضعیت پتاسیم خاک، مصرف و یا عدم مصرف کود در مزارع تصمیم‌گیری نمود (ضرابی و جلالی، ۱۳۸۶). پویایی پتاسیم در سلول‌ها، بافت‌ها و آوندهای چوبی و آبکش گیاه زیاد است پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون سیتوپلاسم بوده، آنیون‌های همراه با آن سهم زیادی در تنظیم پتانسیل اسمزی یاخته‌ها و بافت گیاهان دارند. پتاسیم به دلایل مختلف در تنظیم روابط آب در گیاه اهمیت دارد این عنصر در ساختارهای متابولیکی قرار ندارد و کمپلکس‌های ضعیف با ترکیبات آلی تشکیل می‌دهد. از طرف دیگر، به دلیل غلظت بالا در سیتوپلاسم، پتاسیم سبب خشی شدن بار آنیون‌های درشت غیرمحلول و محلول شده و pH سلول را در محدوده مطلوب واکنش‌های آنزیمی ثابت نگه می‌دارد فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها یا بطور کامل به پتاسیم بستگی دارد یا توسط پتاسیم تشدید می‌شود. پتاسیم و سایر کاتیون‌های تک ظرفیتی با ایجاد تغییراتی در پروتئین، آنزیم‌ها را فعال می‌کنند در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، کربوهیدرات‌های محلول و ترکیبات محلول نیتروژن انباشته شده ولی مقدار نشاسته کم می‌شود علت احتمالی کاهش کربوهیدرات‌ها در شرایط کمبود پتاسیم، ضرورت این عنصر برای برخی از آنزیم‌های تنظیم کننده ساخت کربوهیدرات‌ها به ویژه پیرووات‌کیناز و فسفوفروکتیناز می‌باشد. در واقع کاتیون‌های یک ظرفیتی به ویژه پتاسیم برای فعال ساختن آنزیم‌های مرتبط با ساخت نشاسته مورد نیاز است این آنزیم‌ها انتقال گلوکز به ملکول‌های نشاسته را تسریع می‌کنند نقش دیگر پتاسیم، فعال کردن پمپ پروتونی متصل به غشا

است به همین دلیل، پتاسیم مهم‌ترین عنصر معدنی در گسترش سلولی و تنظیم فشار اسمزی می‌باشد. با افزایش فعالیت پمپ پروتونی، جذب پتاسیم توسط ریشه نیز افزایش می‌یابد در بافت گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، فعالیت برخی هیدرولازها یا اکسیدازها نظیر پلی فنل اکسیداز افزایش چشم‌گیری می‌یابد فعالیت آنزیم‌های تولید کننده پوترسین با افزایش پتاسیم کاهش می‌یابد مقدار پتاسیم مورد نیاز برای فعال سازی آنزیم‌ها بسیار کمتر از ساخت پروتئین‌ها است به نظر می‌رسد، پتاسیم در مراحل مختلف انتقال، نظیر برقراری پیوند RNA با ریبوزول‌ها نقش را دارد.

به سبب نقش پتاسیم در ساخت پروتئین، در گیاهان مبتلا به کمبود این عنصر، مقدار زیادی اسیدهای آمینه، آمیدها و نیترات انباشته می‌شود. پتاسیم در ساخت و فعال کردن آنزیم‌های نیترات رداکتاز نقش دارد پتاسیم تاثیر زیادی بر فتوسنتز دارد نقش پتاسیم در تثبیت CO₂ نیز مشخص شده است. برای بالا نگه‌داشتن pH استروما در کلرو پلاست جذب پتاسیم از سیتوپلاسم توسط جریان مخالف پروتون پتاسیم افزایش می‌یابد تنش خشکی باعث افزایش جذب پتاسیم می‌شود به همین دلیل کاربرد پتاسیم از کاهش فتوسنتز در تنش خشکی کم می‌کند علت نیاز بیشتر برگ گیاهان زیر تنش شوری و خشکی به پتاسیم، ضرورت بالا نگه‌داشتن غلظت پتاسیم استروما می‌باشد کمبود پتاسیم، صرف نظر از تنش خشکی یا شوری سبب کاهش شدت فتوسنتز نیز می‌شود. کاربرد پتاسیم در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم سبب افزایش شدت تنفس و فعالیت آنزیم ریبولوزیسی فسفات و نیز افزایش تنفس نوری می‌شود. با افزایش مقدار پتاسیم تنفس نوری دوباره کاهش می‌یابد شدت تنفس در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم بیشتر از گیاهان بدون کمبود است پتاسیم از طریق تاثیر بر فعالیت روزنه‌ها بر شدت فتوسنتز برگ‌ها نیز تاثیر دارد پتاسیم در گیاه تنظیم فشار اسمزی را نیز بر عهده دارد پتانسیل بالای اسمزی در استوانه مرکزی سلول‌های ریشه برای ایجاد تورم و درپی آن انتقال املاح در آوندچوبی و نیز توازن آب در گیاه لازم است همین فرایندها باعث گسترش سلول‌ها و حرکت مواد در گیاه می‌شود پتاسیم در این فرایندها نقش اصلی دارد. اغلب اوقات گسترش سلولی ناشی از انباشته شدن پتاسیم در سلول‌ها است پتاسیم برای پایدار نگه‌داشتن pH سیتوپلاسم و افزایش پتانسیل اسمزی داخل واکوئل‌ها ضروری است در کلتوپتیل برخی گیاهان، پتاسیم در توازن جریان خروجی پروتون که به واسطه اکسین تشدید می‌شود، اهمیت دارد. کمبود پتاسیم موجب کاهش طویل شدن ناشی از اکسین کلتوپتیل می‌شود گسترش برگ‌ها ارتباط نزدیکی با مقدار پتاسیم آنها دارد (خوشگفتار منش، ۱۳۸۶). کمبود این عنصر، سبب کاهش تورم، اندازه سلولی و سطح برگ می‌شود در بافت‌های ذخیره‌ای نظیر هویج نیز بین وضعیت تغذیه‌ای پتاسیم و اندازه سلول رابطه معکوس وجود دارد (خوشگفتار منش، ۱۳۸۶ و سالار دینی، ۱۳۸۷).

تاثیر اسید جیبرلیک بر طویل شدن ساقه به غلظت پتاسیم بستگی دارد در واقع پتاسیم و اسید جیبرلیک اثر هم‌افزایی دارند. پتاسیم به همراه قندهای کاهشی، تورم مورد نیاز برای طویل شدن و گسترش سلول‌ها را فراهم می‌کند.

کاربرد پتاسیم توام با کلر، سبب ایجاد فشار اسمزی و غلظت بیشتر قندها و در نتیجه رشد بیشتر گیاه می‌شود. بعد از اینکه سلول‌ها به حداکثر اندازه خود رسیدند برای حفظ تورم سلولی باید پتاسیم و اکوئل‌ها توسط سایر یون‌ها نظیر سدیم یا قندهای کاهشی جایگزین شود. به طور کلی بین غلظت پتاسیم با مقدار قندها به ویژه قندهای کاهشی در طی رشد بافت‌های ذخیره‌ای رابطه معکوس وجود دارد تا پیش از شروع ذخیره قندها پتاسیم و اسیدهای آلی مسئول اصلی تنظیم فشار اسمزی شیره‌ی سلولی هستند (خوشگفتار منش، ۱۳۸۶). اما ضمن ذخیره قندها غلظت پتاسیم و اسیدهای آلی کاهش یافته و در مقابل مقدار قندهای کاهشی افزایش می‌یابد.

در بیشتر گیاهان پتاسیم همراه با یک آنیون تورم سلول‌های محافظ و باز و بسته شدن روزنه‌ها را کنترل می‌کند. با افزایش غلظت پتاسیم در سلول‌های محافظ پتانسیل اسمزی آنها افزایش یافته جذب آب از سلول‌های اطراف صورت می‌گیرد. با تورم سلول‌های محافظ روزنه‌ها باز می‌شود بسته شدن روزنه‌ها در تاریکی با جریان خروجی پتاسیم و کاهش فشار اسمزی سلول‌های محافظ هم بستگی دارد. فعال شدن پمپ پروتونی غشاء پلاسمایی در مجاورت نور سبب انباشته شدن پتاسیم در سلول‌های محافظ می‌شود همین فرایند در جذب پتاسیم توسط ریشه نقش دارد به همین دلیل باز شدن روزنه‌ها با کاهش pH آپوپلاسم سلول‌های محافظ ربط دارد. پتاسیم همراه با آنیون‌های کلر یا مالات در واکوئل‌ها انباشته می‌شود انتقال کلر به داخل سلول‌های محافظ به واسطه انتقال هم جهت کلر و پروتون در غشاء پلاسمایی انجام می‌گیرد جذب یون‌ها از طریق کانال‌های غشای پلاسمایی با سرعت و شدت بیشتر انجام می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها در تاریکی و یا در حضور آبسیزیک اسید همراه با جریان خروجی پتاسیم و آنیون‌های همراه از سلول‌های محافظ می‌باشد. آبسیزیک اسید کانال‌های کلسیم غشا پلاسمایی سلول‌های محافظ را فعال می‌کند افزایش غلظت کلسیم سیتوپلاسم نیز سبب غیر قطبی شدن غشاء پلاسمایی و به دنبال آن فعال شدن کانال‌های آنیونی می‌شود همین فرایند باعث می‌شود تا نفوذپذیری غشاء به پتاسیم کاهش و به آنیون‌ها افزایش یافته و در نتیجه پتانسیل غشاء کم شود در این شرایط جریان خروجی پتاسیم افزایش می‌یابد باز و بسته شدن روزنه‌ها در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم کامل انجام نمی‌شود.

پتاسیم در جریان توده‌ای مواد در لوله‌های غربالی و بار گذاری ساکارز وظایف مهمی دارد نقش پتاسیم در برقراری توازن کاتیون-آنیون در سوخت و ساز نیترات به خوبی اثبات شده است. در این فرایند پتاسیم اصلی‌ترین کاتیون همراه نیترات در انتقال طولانی مسیر در آوندچوبی و نیز در واکوئل‌ها می‌باشد. به