

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

پتاسیم و مدیریت مصرف آن در درختان مرکبات

علی اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی امیری

نشریه فنی: ۶۳۲

۱۴۰۲





وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

پتاسیم و مدیریت مصرف آن در درختان مرکبات

نگارندگان

علی اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی امیری

اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

دستنامه فنی: 632

1402

مشخصات اثر

عنوان: پتاسیم و مدیریت مصرف آن در درختان مرکبات
نگارندگان: علی اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی امیری
ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب کشور
کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور
ویراستار ادبی: زهرا محمدی
طراح جلد: راضیه محمدی
سال انتشار: 1402

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.
این اثر با شماره 64579 در تاریخ 1402/9/25 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت
رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

صندوق پستی: 311-31785

کد پستی: 3177993545

تلفن: 026-36201900

نمابر: 02636210121

پست الکترونیکی: info@swri.ir

وبسایت: http://www.swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	1
فصل دوم: پتاسیم در خاک	5
تحرك پتاسیم در خاک و انتقال آن به سطح ریشه	11
فصل سوم: پتاسیم در درختان مرکبات	13
مهمترین نشانه‌های ظاهری کمبود پتاسیم	13
مهمترین نشانه‌های ظاهری زیادی پتاسیم	14
فصل چهارم: مهمترین وظایف پتاسیم در درختان میوه	19
فعال سازی آنزیم‌ها	19
بزرگ شدن سلول‌ها	19
باز و بسته شدن روزنه‌ها	19
انتقال مواد فتوسنتزی در آوندهای آبکشی	20
موازنه کاتیون - آنیون	20
ساخت پروتئین	20
فتوسنتز و تثبیت دی اکسید کربن	20
تحمل به تنش‌های محیطی	20
رد کردن یا طرد کلر از ریشه	21
مهمترین راهکارهای رفع کمبود و افزایش غلظت پتاسیم	21
فصل پنجم: پتاسیم میوه و مدیریت مصرف آن مطابق فنولوژی رشد	23
تاثیر مصرف پتاسیم بر کیفیت میوه	23
آزمایش میدانی	24
فصل ششم: مهمترین عوامل موثر در جذب پتاسیم	33
سن درختان	33
وضعیت پتاسیم درختان	33
درجه حرارت	33
نور	33
رطوبت خاک	33
تهویه خاک	33
درجه حرارت خاک	34
اسیدیته خاک	34

فصل هفتم: مدیریت کوددهی پتاسیم برای درختان جوان و غیربارده مرکبات 35

- 36..... نیاز پتاسیمی درختان جوان و غیر بارده
- 36..... تعیین نیاز پتاسیمی با توجه به نتایج تجزیه خاک
- 37..... تعیین نیاز پتاسیمی بر اساس سن درختان برای باغ‌های بدون تجزیه خاک
- 38..... مدیریت زمانی مصرف پتاسیم برای درختان جوان غیربارده
- 38..... مدیریت مصرف پتاسیم برای درختان جوان غیربارده در مناطق شمال کشور
- 39..... مدیریت مصرف پتاسیم برای درختان جوان غیربارده در مناطق جنوبی کشور

فصل هشتم: مدیریت مصرف پتاسیم برای درختان بارده مرکبات 41

- 42..... مقدار پتاسیم توصیه شده برای باغ بارده
- 42..... تجزیه خاک و برگ ندارد
- 42..... تجزیه خاک و برگ دارد
- 42..... فقط تجزیه برگ دارد
- 42..... فقط تجزیه خاک دارد
- 45..... مدیریت زمانی کوددهی پتاسیم (کودآبیاری)
- 45..... مناطق شمالی
- 45..... مناطق جنوبی (استان فارس و کرمان)
- 46..... مناطق جنوبی (هرمزگان)

فصل نهم: منابع کودی پتاسیم (مصرف خاکی، کودآبیاری و محلول‌پاشی و

امکان اختلاط آنها در تانک کود) 47

فصل دهم: پتاسیم و اندازه میوه 51

- 51..... مدیریت مصرف پتاسیم

فصل یازدهم: پتاسیم، تنش‌ها و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی 55

- 55..... پتاسیم و شکاف خوردن میوه
- 57..... پتاسیم و تنش سرما و یخبندان
- 59..... پتاسیم و تنش شوری
- 61..... پتاسیم و تنش خشکی
- 62..... پتاسیم و انبارمانی

فصل دوازدهم: توصیه ترویجی 65

- 69..... منابع

فصل اول

مقدمه

به طور کلی مدیریت مصرف پتاسیم در درختان میوه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و مصرف بهینه آن برای افزایش عملکرد، بهبود اندازه و کیفیت میوه ضروری است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1392). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که عوامل بسیاری در اندازه و کیفیت میوه مرکبات موثر هستند از این عوامل می‌توان به اقلیم، خاک، میزان محصول، مدیریت کوددهی، مدیریت آبیاری، هرس و ترکیب پایه و پیوندک اشاره کرد. یکی از مهمترین این عوامل، مدیریت کوددهی به ویژه کوددهی پتاسیم است. افزایش کوددهی پتاسیم موجب افزایش اندازه میوه، افزایش ضخامت پوست و اسیدیته عصاره می‌شود (بومن، 1998 و 1999؛ بومن و همکاران، 2008؛ ارنر و همکاران، 1993).

پتاسیم به مقدار زیاد در برگ و بافت میوه مرکبات وجود دارد. یکی از وظایف اصلی پتاسیم، فعال‌سازی برخی آنزیم‌ها است. بیشتر پتاسیم به شکل یونی، به عنوان یون محلول، برای حفظ تورژسانس سلول در سلول‌های جوان و سلول‌های نگهبان عمل می‌کند و مقدار کمی از آن در مولکول‌های کمپلکس وجود دارد (اوبرضا و مورگان، 2011).

پتاسیم در درختان مرکبات بسیار متحرک است و به آسانی از سلول به سلول دیگر یا از یک اندام به اندام دیگر حرکت می‌کند. اما پتاسیم از برگ‌های پیر به آسانی و با راندمان بالا به تنه و پوست درختان برگشت داده نمی‌شود. به طور کلی حدود 30 درصد از پتاسیم برگ‌ها در هنگام پیری و ریزش، به تنه و پوست درختان برگشت داده می‌شود. از این رو پتاسیم چندان در فصل زمستان در اندام‌های درختان ذخیره نمی‌شود و درختان در اوایل فصل از ذخیره کافی پتاسیم برای تقسیم سلولی میوه‌چه‌های جوان

و دیگر اندام‌های مریستمی برخوردار نیستند. از سوی دیگر، شدت جذب پتاسیم از ریشه و انتقال آن به اندام هوایی درختان مرکبات، متناسب با شدت رشد رویشی درختان است و معمولاً در اوایل فصل رشد، کمترین و در اوایل فصل تابستان به بیشترین می‌رسد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393، جلد دوم).

کودآبیاری مناسب‌ترین روش برای مصرف پتاسیم در باغ‌های مرکبات است (بومن، 1998). محلول‌پاشی پتاسیم نمی‌تواند جایگزین مصرف خاکی آن شود بلکه بیشتر به عنوان یک روش تکمیلی استفاده می‌شود و محلول‌پاشی پتاسیم در خاک‌های آهکی در رفع کمبود و تأمین پتاسیم درختان مرکبات بسیار موثر است (بومن، 1998؛ ساروی؛ 2012). کمبود پتاسیم موجب کاهش میزان فتوسنتز برگ، افزایش حساسیت درختان به تنش‌های زنده و غیرزنده، کاهش تولید کربوهیدرات‌ها، کاهش تشکیل میوه، تشدید ریزش میوه، افزایش چین‌خوردگی آلبدو (Creasing) و افزایش پارگی پوست میوه (Plugging) مرکبات می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1382 و 1390). همچنین کمبود پتاسیم موجب کاهش عملکرد و کیفیت میوه مرکبات می‌شود. کاهش غلظت پتاسیم به کمتر از اندازه مطلوب در درختان مرکبات، نخست موجب کاهش رشد رویشی و زایشی (بدون بروز نشانه‌های کمبود ظاهری) می‌شود. مصرف نامناسب پتاسیم در درختان مرکبات با عملکرد زیاد می‌تواند موجب بروز نشانه‌های کمبود در اواخر تابستان و اوایل پاییز شود. با کمبود پتاسیم در برگ، نخست نشانه‌های برگ‌گی به شکل زرد شدن نوک و حاشیه برگ‌های مسن آشکار و سپس توسعه می‌یابد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393 جلد اول). کمبود پتاسیم در گریب‌فروت موجب کاهش رشد، تنک سرشاخه‌ها، افزایش ریزش پیش از برداشت، کاهش اندازه میوه، کاهش مواد جامد محلول و ویتامین ث شد. به طور کلی غلظت پتاسیم برگ از $1/2$ تا $1/7$ درصد برای تولید مرکبات مناسب است و معمولاً عملکرد و اندازه میوه مرکبات در غلظت‌های پتاسیم حدود $0/5$ تا $0/8$ درصد کاهش می‌یابد (تاگر و همکاران، 1995؛ مصطفی و صالح، 2006).

پتاسیم به صورت K_2O روی کیسه کودهای تجاری نشان داده می‌شود و مصرف آن برای افزایش عملکرد، اندازه میوه و کیفیت عصاره اهمیت زیادی دارد. اگر باغ‌داران

کوددهی پتاسیم را به‌طور منظم انجام دهند معمولاً کمبود پتاسیم رخ نمی‌دهد، اما ممکن است کمبود آن در خاک‌های با pH بالا و همچنین در باغ‌های با مصرف زیاد کودهای نیتروژنی (مصرف زیاد کود نیتروژن برای افزایش تولید میوه) ظاهر شود. کمبود پتاسیم در اواخر فصل رشد، موجب افزایش حساسیت درختان مرکبات به سرمای زمستانه می‌شود. در مقابل، مصرف زیاد کود پتاسیم نیز مقاومت به سرمای درختان مرکبات را افزایش نمی‌دهد. از این‌رو در این نشریه تلاش شده است که پتاسیم در خاک، جذب و انتقال، تحرک در برگ و میوه، مدیریت بهینه کف باغ (به‌ویژه مهمترین عواملی که در جذب و انتقال پتاسیم نقش دارند)، مدیریت مصرف پتاسیم به ویژه محلول‌پاشی کودهای پتاسیمی متناسب با فنولوژی رشد میوه و همچنین درباره ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از کمبود پتاسیم و راهکارهای رفع آن‌ها بحث و در پایان توصیه‌های لازم به باغداران ارائه شود.

فصل دوم

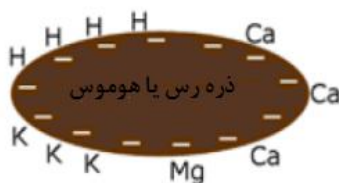
پتاسیم در خاک

عناصر غذایی معمولا به شکل آلی و معدنی در خاک وجود دارند. شکل‌های آلی شامل: بقایای بافت‌های تازه گیاهی، مواد آلی خاک (هوموس)، ریزجانداران (مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها)، اصلاح‌کننده‌های خاک (مانند کمپوست یا کودهای بیولوژیکی جامد)، مواد آلی سنتز شده (مانند برخی کودهای نیتروژنی) هستند. مواد آلی بخش کلیدی چرخه عناصر غذایی در خاک و منبع پایداری برای فراهمی عناصر غذایی درختان میوه هستند زیرا آن‌ها پایداری بیشتری در خاک دارند. عناصر غذایی موجود در مواد آلی به سرعت برای درختان میوه قابل استفاده نیستند و همچنان که این مواد به آرامی توسط میکروب‌های خاک تجزیه می‌شوند عناصر غذایی آزاد خواهند شد. سرعت تجزیه مواد آلی به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد آلی و همچنین وضعیت آب و هوایی منطقه بستگی دارد. شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب برای تجزیه مواد آلی مناسب است. از این رو در چنین شرایطی، مواد آلی به سرعت تجزیه شده و معمولا در خاک تجمع نمی‌یابند. از این رو با پیشرفت تجزیه مواد آلی، عناصر غذایی آن به طور پیوسته به شکل معدنی آزاد می‌شوند و هر بار که این عناصر توسط گیاهان در حال رشد جذب می‌شوند فرایند چرخش کامل می‌شود.

از این رو بسیاری از عناصر غذایی موجود در باقی‌مانده‌های درختان مرکبات (برگ‌های ریزش کرده، سرشاخه‌ها، میوه‌ها و ریشه‌های مرده) به این ترتیب دوباره به درختان برگشت می‌کنند. عناصر غذایی معدنی در خاک، به شکل جامد (کانی یا رسوب)، به شکل جذب شده (باند شده به مواد فاز جامد)، در سطح کمپلکس‌های تبادل کاتیونی یا در محلول خاک وجود دارند. شکل‌های یونی عناصر غذایی که توسط درختان استفاده می‌شوند، پیش از این که بتوانند توسط درختان جذب شوند به طور

معمول نخست باید محلول، واجذب شده یا با یون‌های محلول خاک تبادل و وارد محلول خاک شوند. اگر عناصر غذایی موجود در محلول خاک به سرعت و به اندازه کافی متناسب با نیاز گیاهان، تجدید نشوند، تغذیه درختان کمتر از حد کفایت خواهد بود. در یک سیستم تولید محصول متمرکز، کودهای افزوده شده به خاک، تکمیل کننده فراهمی طبیعی عناصر غذایی خاک هستند و از بروز کمبود عناصر غذایی جلوگیری می‌کنند. بیشتر کودهایی که در باغ‌های مرکبات مصرف می‌شوند کانی‌های معدنی یا نمک‌های محلول هستند که به سرعت حل می‌شوند و به شکل قابل استفاده (یونی) در می‌آیند. خاک می‌تواند با برخی از این شکل‌های یونی واکنش دهد و آن‌ها را به شکل غیرقابل استفاده برای درختان تبدیل کند. در صورت نبودن این واکنش‌ها، عناصر غذایی ممکن است با آب آبیاری به زیر منطقه ریشه حرکت کنند و از دسترس ریشه‌ها خارج شوند. از این‌رو مدیریت مصرف کودهای شیمیایی متناسب با فنولوژی و فیزیولوژی درختان میوه می‌تواند تأثیر زیادی در راندمان مصرف این کودها و همچنین افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه‌ها داشته باشد.

فرم یونی پتاسیم می‌تواند توسط کمپلکس‌های تبادل کاتیونی خاک نگهداری شود (شکل 1) که شستشو را به تأخیر می‌اندازد. اما خاک‌های با بافت سبک به‌طور طبیعی، ظرفیت تبادل کاتیونی پایینی در منطقه ریشه دارند از این‌رو پتاسیم در این خاک‌ها تقریباً به آسانی شسته می‌شود. اما در خاک‌های با بافت سنگین می‌تواند به آسانی تثبیت شود. البته مصرف زیاد و نواری آن در خاک‌های با بافت سنگین نیز می‌تواند پتانسیل شستشو و خارج شدن آن را از منطقه ریشه افزایش دهد به ویژه در مناطقی با بارندگی زیاد و تنش مانداب مانند اوایل فاز اول رشد میوه (اواخر زمستان و اوایل بهار) در مازندران، پتاسیم می‌تواند از منطقه ریشه خارج شود. از این‌رو توصیه می‌شود کودهای پتاسیمی، هر سال به شکل تقسیطی در طول فصل رشد متناسب با فنولوژی و فیزیولوژی رشد میوه برای باغ‌های بارده مرکبات مصرف شوند.



شکل 1. نگهداری یون‌های کلسیم، منیزیم و پتاسیم توسط کمپلکس‌های تبادل کاتیونی (ذرات رس یا هوموس)

میانگین غلظت پتاسیم در پوسته زمین $1/9$ درصد و میانگین غلظت آن در خاک $1/2$ درصد است اما میانگین غلظت پتاسیم در خاک‌های آلی، کم و حدود $0/03$ درصد است. پتاسیم، بزرگترین کاتیون معدنی (از نظر اندازه) موردنیاز گیاهان است و شعاع دهیدراته آن حدود $0/133$ نانومتر است. تعداد اکسیژن‌های اطراف پتاسیم 8 تا 14 عدد است از این‌رو پیوندهای پتاسیم-اکسیژن بسیار ضعیف بوده و انرژی دهیدراته آن‌ها، کمتر از انرژی دهیدراته سدیم، منیزیم و کلسیم است و نسبت غلظت محلول به غلظت تبدالی آن در خاک، بیشتر از کاتیون‌های منیزیم و کلسیم می‌باشد. پتاسیم به مقدار زیادی در خاک وجود دارد اما بیشتر از 90 درصد آن به طور نسبی برای درختان میوه غیرقابل استفاده است زیرا به طور عمده، توسط ذرات رس (میکا و دیگر کانی‌ها) تثبیت شده است. بیشتر پتاسیم قابل استفاده خاک در سطح ذرات رس یا هوموس جذب شده است و بخش کوچکی از پتاسیم به شکل محلول در خاک وجود دارد و به طور کلی، این شکل‌ها با هم در حال تعادل هستند. هم‌زمان که پتاسیم محلول خاک به وسیله درختان جذب می‌شود به سرعت توسط یون‌های جذب سطحی شده جبران می‌شود و آن‌ها نیز، به تدریج به وسیله شکل‌های غیر قابل استفاده‌تر به آرامی جایگزین می‌شوند. از این‌رو درختان میوه بدون مصرف پیوسته پتاسیم می‌توانند محصول خوبی تولید کنند. پتاسیم، بیشتر در لایه سطحی خاک تجمع می‌یابد از این‌رو کمبود پتاسیم بیشتر در خاک‌هایی ایجاد می‌شود که لایه سطحی آن‌ها در اثر فرسایش سطحی یا هنگام تسطیح اراضی از بین رفته باشد.

به طور کلی پتاسیم در خاک معمولاً به 5 شکل وجود دارد:

- پتاسیم محلول
- پتاسیم قابل تبادل
- پتاسیم به سختی قابل تبادل
- پتاسیم غیر قابل تبادل
- کانی‌های پتاسیم

پتاسیم محلول خاک، منبع اولیه پتاسیم برای درختان میوه است و مقدار آن به مدیریت کوددهی، مقدار خروج پتاسیم از خاک در سال گذشته (با برداشت میوه) و سرعت هوادهی خاک بستگی دارد. پتاسیم در محلول خاک، به طور عمده به شکل یونی (K^+) است و مقداری نیز به شکل کمپلکس‌های جفت یونی یا کمپلکس‌های آلی محلول وجود دارد که مقدار آن‌ها نسبت به شکل یونی بسیار کم است. دامنه پتاسیم قابل تبادل در خاک (استخراج شده با محلول استات آمونیوم نرمال)، از 50 تا 500 میلی‌گرم در کیلوگرم است. به طور کلی دامنه 200 تا 300 میلی‌گرم پتاسیم قابل تبادل در کیلوگرم خاک برای رفع نیاز درختان بارده مرکبات در خاک‌های آهکی کفایت می‌کند اما این دامنه کفایت در خاک‌های بدون آهک و اسیدی حدود 100 تا 200 میلی‌گرم در کیلوگرم است (جدول‌های 1 و 2). تعادل بین پتاسیم محلول و قابل تبادل سریع است و معمولاً در چند دقیقه، کامل می‌شود. اما تعادل بین پتاسیم به سختی قابل تبادل و پتاسیم قابل تبادل یا محلول، بسیار کندتر بوده و امکان دارد به روزها یا حتی ماه‌ها زمان نیاز داشته باشد. راهنمای تنظیم برنامه کوددهی مرکبات بر اساس تجزیه خاک در جدول 3 آورده شده است.

بیشتر پتاسیم غیرقابل تبادل، بین صفحات رس در موقعیت‌های قابل دسترس برای تبادل با کاتیون‌های محلول قرار دارد و با جذب پتاسیم محلول و قابل تبادل توسط درختان، پتاسیم غیر قابل تبادل به شکل‌های قابل تبادل و محلول تبدیل می‌شود. در مقابل، با مصرف کودهای پتاسیمی به خاک، پتاسیم از شکل محلول و قابل تبادل به شکل‌های غیر قابل تبادل، تبدیل خواهد شد. البته تبدیل از شکل غیر قابل تبادل به قابل تبادل، همیشگی نیست و در برخی خاک‌ها بسیار کند و ناچیز است. کانی‌های عمده دارای پتاسیم در خاک شامل بیوتیت، مسکویت، اورتوکلاز و میکروکلازین است.

بیوتیت، بیشترین سرعت نسبی رهاسازی پتاسیم (از ذرات هم اندازه این کانی‌ها) دارد و مسکویت، اورتوکلاز و میکروکلازین، به ترتیب پس از بیوتیت قرار دارند. به علت سرعت بالای هوادهی و رهاسازی زیاد پتاسیم، پایداری بیوتیت در خاک بسیار کم است از این رو به ندرت در خاک وجود دارد. پتاسیم در میکاها، بین صفحه‌های سیلیکاتی قرار دارد و برای خارج شدن باید صفحه‌های رس از هم باز شوند به طوری که پتاسیم بتواند با دیگر کاتیون‌ها تبادل شود. تبادل و رهاسازی پتاسیم در طول لبه‌ی کانی‌ها می‌تواند بدون این که رس‌ها تجزیه یا شکسته شوند، رخ دهد. رهاسازی پتاسیم همچنین با اکسید شدن آهن در ساختار کانی‌ها (تبدیل شدن آهن دو ظرفیتی به سه ظرفیتی) انجام می‌شود به طوری که بار مثبت اضافی ناشی از اکسید شدن آهن در ساختمان کانی می‌تواند بار کانی (که پیش از این با پتاسیم متعادل می‌شد) را موازنه کند. با ادامه روند هوادهی و خارج شدن یون‌های پتاسیم (یون اتصال‌دهنده صفحه‌های میکا)، کانی میکا به ورمیکولایت یا مونتموریلونیت تبدیل می‌شود.

در مقابل، با کوددهی پتاسیم بخشی از پتاسیم به محل‌های قابل تبادل و بخشی دیگر به محل‌های غیر قابل تبادل می‌رود و ممکن است پتاسیم وارد شده به محل‌های غیرقابل تبادل، به آسانی نتواند با جذب پتاسیم توسط ریشه و کاهش پتاسیم محلول خاک به محلول خاک وارد شود. به طور کلی به وارد شدن پتاسیم به محل‌های غیرقابل تبادل، اصطلاحاً تثبیت پتاسیم گفته می‌شود. تثبیت پتاسیم بیشتر در خاک‌های دارای میکاهای هواده و ورمیکولایت رخ می‌دهد و مقدار تثبیت در رس‌های با دانسیته بار زیاد (بار زیاد در واحد سطح) بسیار بیشتر است. تثبیت پتاسیم به علت چفت شدن یون پتاسیم دهیدراته در سوراخ‌های شش وجهی در سطح صفحه‌های سیلیکاتی کانی‌های رس با دانسیته بار زیاد (بار بیشتر از 150 سانتی مول (+) در کیلوگرم خاک) رخ می‌دهد. دانسیته بار زیاد، موجب تثبیت بیشتر پتاسیم و پایداری بیشتر ساختمان خاک می‌شود. تثبیت پتاسیم بیشتر در رس‌های ورمیکولایت دی‌اکتاهیدرال معمول است. در مقابل، تثبیت پتاسیم در خاک‌های اسیدی به علت رسوب اکسیدهای آهن و آلومینیم در صفحه‌های بین لایه‌های رس، بسیار کم صورت می‌گیرد. این رسوبات اکسید، از نزدیک شدن صفحه‌های رس و تثبیت پتاسیم جلوگیری می‌کنند.

با خشک شدن برخی خاک‌ها به صورت هوا خشک یا در آون (105 درجه سانتی‌گراد)، مقداری از پتاسیم غیرقابل تبادل به قابل تبادل تبدیل می‌شود. به طور معمول، این فرآیند به ندرت در طبیعت رخ می‌دهد و بیشتر هنگامی که نمونه‌های خاک پیش از آزمون، خشک می‌شوند رخ می‌دهد. در نمونه‌های خاکی که از لایه‌های پایینی پروفیل خاک تهیه می‌شوند، هنگام خشک‌شدن، مقدار بیشتری از پتاسیم غیرقابل تبادل به قابل تبادل تبدیل می‌شود به طوری که مقدار پتاسیم قابل تبادل در نمونه‌های هوا خشک، سه تا چهار برابر نمونه‌های مرطوب است. اما در خاک‌های سطحی که سال‌های پیاپی در معرض کوددهی هستند معمولاً پتاسیم قابل تبادل، تغییرات کمتری در اثر خشک شدن نشان می‌دهد. رهاسازی پتاسیم در اثر خشک شدن ممکن است بیشتر ناشی از تاب برداشتن صفحه‌های رس هم‌زمان با روند خشک شدن خاک باشد.

جدول 1. راهنمای تفسیر نتایج تجزیه پتاسیم خاک برای درختان مرکبات در خاکهای آهکی

عنصر	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
	میلی گرم در کیلوگرم				
پتاسیم (استات آمونیم)	<100	100-200	200-300	300-500	>500

جدول 2. راهنمای تفسیر نتایج تجزیه پتاسیم خاک برای درختان مرکبات در خاکهای بدون آهک و اسیدی

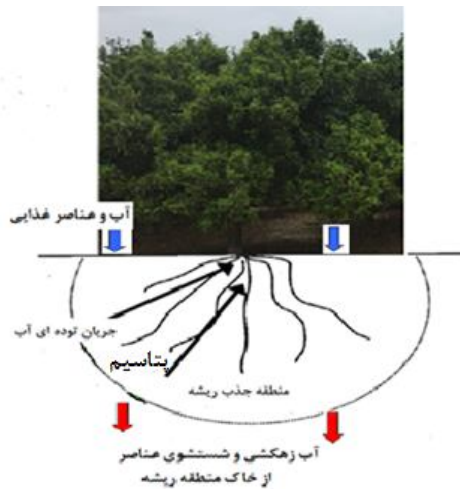
عنصر	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
	میلی گرم در کیلوگرم				
پتاسیم (استات آمونیم)	<50	50-100	100-200	200-250	>250

جدول 3. تنظیم برنامه کوددهی پتاسیم درختان مرکبات بر اساس تجزیه خاک

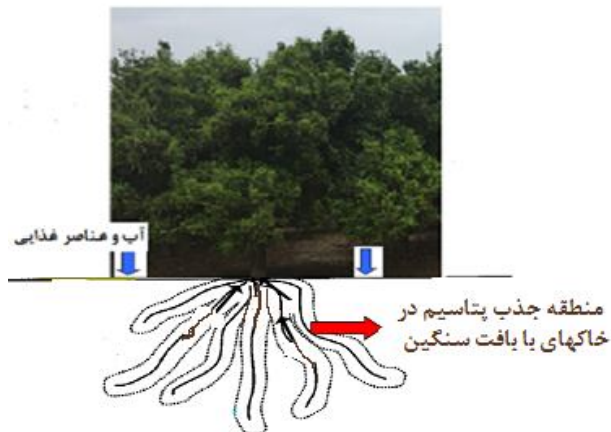
عنصر	اگر کمتر از مقدار کفایت در خاک باشد.	اگر بیشتر از مقدار کفایت در خاک باشد.
پتاسیم	- غلظت پتاسیم در برگ کنترل شود. - اگر غلظت پتاسیم برگ کمتر از حد کفایت است کودهای پتاسیمی مصرف شوند.	مصرف کودهای پتاسیمی کاهش یابد.

تحرک پتاسیم در خاک و انتقال آن به سطح ریشه

پتاسیم موجود در خاک و هر کود پتاسیمی (سولفات پتاسیم، کلرید پتاسیم، نیترات پتاسیم و ...) که به خاک منطقه ریشه درختان داده شود برای جذب، نخست باید حل شده و وارد محلول خاک شوند و سپس همراه با جریان آب به سطح ریشه منتقل شوند. حرکت آب به سطح ریشه تحت تأثیر اختلاف پتانسیل آبی خاک اطراف ریشه و پتانسیل آبی سطح ریشه است. برای ایجاد و تشدید این اختلاف پتانسیل آبی، وجود ریشه‌ها و برگ‌های فعال و موثر ضروری است. تبخیر - تعرق از برگ‌ها موجب ایجاد کشش و حرکت جریان آب در آوندهای چوبی می‌شود که در نهایت به سلول‌های سطح ریشه می‌رسد و موجب کاهش پتانسیل آب در سطح ریشه شده و آب از خاک اطراف ریشه (با پتانسیل آبی بیشتر) به سطح ریشه (با پتانسیل آبی کمتر) منتقل می‌شود. همراه با حرکت و انتقال آب به سطح ریشه، عناصر غذایی محلول در آن (به ویژه عناصر نیتروژن، منیزیم، کلسیم، سولفور، پتاسیم و بور) نیز به سطح ریشه منتقل می‌شوند (شکل 2). به طور کلی از نشانه‌های شروع فعالیت دوباره درختان مرکبات، رشد سرشاخه‌های سال جاری است که در منطقه شمال کشور رشد دوباره سرشاخه‌ها عمدتاً از اواسط فرودین ماه شروع شده و در اواسط تا اواخر اردیبهشت ماه کامل می‌شود. از این رو در مرکبات شمال شروع جذب عناصر غذایی از اواسط فروردین ماه با حداقل راندمان شروع و سپس به ترتیب افزایش می‌یابد و در اوایل تا اواسط تابستان (با توجه به نوع رقم) به حداکثر می‌رسد. در بیشتر مناطق جنوب کشور، رشد دوباره سرشاخه‌ها از اوایل تا اواخر اسفند ماه شروع و در اواخر فروردین ماه کامل می‌شوند. از این رو جذب و انتقال عناصر به سطح ریشه با راندمان حداقلی از اسفندماه شروع و در فروردین و اردیبهشت به حداکثر می‌رسند (اسدی کنگرگاهی، 1398؛ اسدی کنگرگاهی و اخلاقی امیری، 1393).



شکل 2. منطقه جذب، انتقال پتاسیم با جریان توده‌ای پتاسیم به سطح ریشه درختان در خاک‌های با بافت سبک و متوسط



شکل 3. منطقه جذب، انتقال پتاسیم با جریان انتشار به سطح ریشه درختان در خاک‌های با بافت سنگین

فصل سوم

پتاسیم در درختان مرکبات

پتاسیم، به مقدار زیاد در برگ و بافت میوه وجود دارد. اگرچه یکی از وظایف پتاسیم، فعال سازی آنزیم‌ها است اما مقدار کمی از پتاسیم، در مولکول‌های کمپلکس وجود دارد و بیشتر آن به شکل یونی، به عنوان یون محلول برای حفظ تورژسانس سلول عمل می‌کند که شامل سلول‌های جوان در حال رشد و همچنین سلول‌های نگهبان است که باز و بسته شدن روزنه‌ها را کنترل می‌کنند. پتاسیم در درختان مرکبات بسیار متحرک بوده و به آسانی به سلول وارد یا از آن خارج می‌شود یا از یک اندام به اندام دیگر حرکت می‌کند. شدت جذب پتاسیم در درختان میوه، متناسب با شدت رشد رویشی درختان است و در اوایل فصل تابستان به حداکثر می‌رسد. پتاسیم در بافت میوه درختان تجمع می‌یابد و نقش اساسی در رشد میوه دارد. کمبود پتاسیم، اندازه میوه را به میزان زیادی کاهش می‌دهد.

مهمترین نشانه‌های ظاهری کمبود پتاسیم

1. نشانه‌ها نخست با زرد شدن نوک و حاشیه برگ‌ها شروع و سپس در نوک و حاشیه‌ها توسعه می‌یابد. بخش‌های نکروتیک یا لکه‌ها نخست در برگ‌های مسن‌تر آشکار می‌شود. به طور کلی جابجایی و انتقال پتاسیم از برگ‌های بالغ و ورود آن به برگ‌های جوان و دیگر اندام‌های مریستمی در حال رشد، موجب زرد شدن برگ‌ها می‌شود و در کمبود شدید، قهوه‌ای شدن (بافت مردگی) برگ‌ها رخ خواهد داد.

2. نشانه‌های اولیه اغلب شامل توقف رشد سرشاخه‌ها، سرشاخه‌ها تنک و تا اندازه‌ای برنزه شده و با توسعه کمبود برگ‌ها ظاهری مات (درخشش یا شفافیت طبیعی کم) خواهند داشت.

3. برگ‌ها اغلب چروکیده و پیچ می‌خورند، رشد شوت‌های انتهایی جدید ضعیف شده و به علت نبودن قدرت مکانیکی به حالت خمیده (S شکل) ظاهر می‌شوند.

کمبود پتاسیم موجب کاهش فرآیند چوبی شدن دستگاه آوندی خواهد شد و در کمبود شدید، خم شدن سرشاخه‌ها و آسیب دستگاه آوندی افزایش می‌یابد.

4. کاهش رشد و اندازه برگ
5. زیادی ریزش برگ در بهار پس از گلدهی
6. فرم پیچ خوردگی و تاب برداشتن به سوی سطح پایین برگ است (به ویژه در لیموها).
7. کاهش اندازه میوه، نازک و صاف شدن پوست میوه.
8. افزایش ترک خوردن یا شکاف خوردن میوه.
9. افزایش چین خوردگی پوست میوه‌ها (کریزینگ) به ویژه در نارنگی‌ها
10. ریزش میوه‌ها پیش از بلوغ و کاهش اسیدیته عصاره میوه.

مهمترین نشانه‌های ظاهری زیادی پتاسیم

1. افزایش اندازه میوه
 2. ضخیم و خشن شدن پوست میوه
 3. سنگ‌پایی شدن میوه به ویژه در نارنگی‌های انشو، کلمانتین‌ها، پیچ‌ها و ...
 4. کاهش عصاره میوه
 5. کاهش کیفیت و رنگ عصاره میوه
 6. کاهش کیفیت رنگ پوست میوه به ویژه در پرتقال‌های ناول (لیمویی شده رنگ میوه).
 7. تولید میوه‌های با پوست خشن و میزان عصاره کم
- نشانه‌های اولیه کمبود پتاسیم در اوایل بهار، کاهش رشد رویشی همراه با ریزش شدید برگ‌ها در زمان شکوفایی گل است. سرشاخه‌های جدید، ضعیف می‌شوند و اتصال آن‌ها به شاخه‌ها سست شده و تمایل به ریزش پیدا می‌کنند. نشانه‌های اولیه کمبود در برگ‌های بالغ، با زرد شدن نوک و حاشیه برگ‌ها، شروع و به تدریج در سطح برگ گسترده‌تر می‌شود و سپس لکه‌ها و نواحی کلروتیک در سطح برگ‌های مسن‌تر ظاهر می‌شوند. به طور کلی با کمبود پتاسیم، میزان فتوسنتز برگ کاهش می‌یابد. غلظت نیتروژن زیاد و پتاسیم کم در برگ می‌تواند موجب افزایش حساسیت درختان به تنش‌های زنده و غیرزنده و همچنین

کاهش تولید کربوهیدرات‌ها شود. همچنین کمبود پتاسیم می‌تواند موجب کاهش عملکرد و کیفیت میوه شود. غلظت نسبتاً کم پتاسیم در درختان مرکبات، معمولاً موجب کاهش رشد (بدون بروز نشانه‌های کمبود ظاهری) می‌شود. از این رو آشکاری نشانه‌های ظاهری کمبود پتاسیم نشان می‌دهد که تولید میوه تقریباً به طور جدی کاهش خواهد یافت مصرف نامناسب پتاسیم می‌تواند موجب بروز نشانه‌های کمبود در اواخر تابستان و اوایل پاییز شود. با کمبود پتاسیم در برگ، نشانه‌های برگ‌گی به شکل زرد شدن نوک و حاشیه برگ‌ها است که سپس توسعه می‌یابد. نشانه‌های کمبود، نخست در برگ‌های مسن‌تر ظاهر می‌شود. کمبود پتاسیم سبب کاهش رشد رویشی، برگ‌های کوچک، شاخه‌های نازک، متراکم شدن ظاهر درخت، افزایش حساسیت به خشکی و سرما، کاهش اندازه میوه، پوست خیلی نازک با بافت صاف، ریزش میوه پیش از بلوغ (یا رسیدن) و اسیدیته پایین میوه می‌شود.

با کمبود پتاسیم، افزایش چین خوردگی، چروکیده شدن و بدشکل شدن برگ رخ می‌دهد که همراه لکه‌های متمایل به زرد در سطح برگ، معمول است. در لیموها، نواحی بین رگبرگ‌ها در برگ‌های تحت تاثیر کمبود، نخست متمایل به زرد شده و این لکه‌ها، به تدریج ممکن است زیاد شوند. وقتی که صمغ یا مواد رزینی، این لکه‌های زرد را احاطه کند این برگ‌ها ممکن است ریزش کنند. اما در پرتقال‌های دارای کمبود پتاسیم، معمولاً برگ‌ها دارای لکه‌های زردی می‌شوند و این لکه‌ها به طرف حاشیه برگ توسعه می‌یابند و در مرکز برگ، چندین لکه زرد بزرگ دیده می‌شود. همچنین با کمبود پتاسیم، اندازه میوه به شدت کاهش می‌یابد (شکل‌های 4 و 5 و 6).

در برخی موارد، در درختان با کمبود پتاسیم، لکه‌های قهوه‌ای و آفتاب سوختگی در سطح برگ‌ها به ویژه در محل‌های آفتابی و همچنین ترشح صمغ در شاخه‌های فرعی و تنه درخت ظاهر می‌شود. از دیگر نشانه‌های کمبود پتاسیم، شکاف خوردن میوه‌ها، چروکیده شدن میوه‌ها و افزایش تعداد نسبی میوه‌های کوچک است. همچنین شاخه‌های جدید، ضعیف می‌شوند و به علت فقدان قدرت مکانیکی، به تدریج به صورت S شکل در می‌آیند و نوک برگ‌ها نیز ممکن است به صورت قهوه‌ای سوخته درآید. همچنین نشانه‌های کلروتیک زرد تا برنزه زرد در سطح برگ‌های قدیمی‌تر همراه با کرک، به میزان زیاد در درخت‌های دارای کمبود پتاسیم دیده می‌شود. در شرایط زیادی پتاسیم، به طور

معمول هیچ نشانه برگ‌گی تولید نمی‌شود، اما رشد درخت کاهش می‌یابد و ریزش برگ‌ها تشدید و همچنین پوست میوه‌ها، ضخیم و بافت میوه خشن می‌شود.

به طور کلی برای تعیین غلظت پتاسیم در برگ، نمونه‌های برگ باید از برگ‌های کاملاً توسعه یافته میان شاخه‌های انتهایی فصل جاری (با یا بدون میوه) در پیرامون هر درخت تهیه شوند، از این‌رو نمونه‌های برگ باید در زمان مناسبی از سال تهیه شوند زیرا غلظت عناصر پتاسیم در برگ‌ها نسبتاً ثابت باشد (شکل 7). برای تفسیر نتایج تجزیه پتاسیم در برگ، باغداران باید نتایج غلظت پتاسیم در برگ باغ‌های مورد نظر را با نتایج غلظت پتاسیم در برگ مرجع مقایسه کنند، این غلظت‌های مرجع بر اساس مشاهدات میدانی بلند مدت برای ارقام مختلف مرکبات در شرایط مدیریتی مختلف تهیه شده و برای ارزیابی وضعیت تغذیه پتاسیم درختان مرکبات استفاده می‌شوند (جدول‌های 4 تا 7).



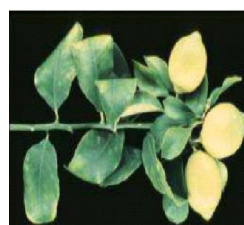
کمبود پتاسیم (لیمو)



کمبود پتاسیم (گریپ‌فروت)



کمبود پتاسیم (لیمو)



کمبود پتاسیم (ناول‌ها)



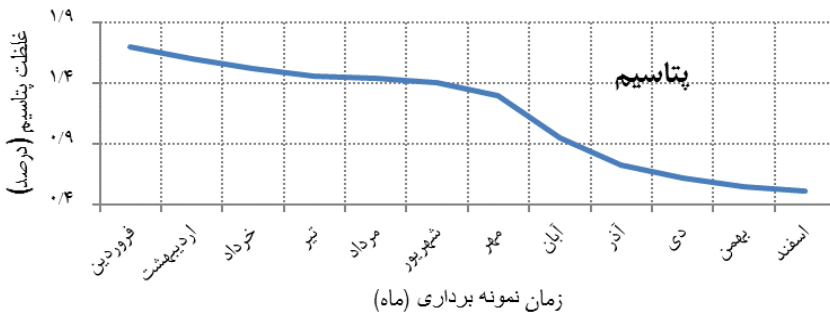
شکل 4. نشانه‌های کمبود پتاسیم در برگ درختان مرکبات



شکل 5. نشانه‌های کمبود پتاسیم (ریز شدن میوه‌ها همراه با افزایش رشد عرضی میوه‌ها)



شکل 6. نشانه‌های کمبود پتاسیم در درختان مرکبات



شکل 7. تغییرات غلظت پتاسیم برگ (با افزایش سن برگ) در درختان مرکبات

جدول 4. راهنمای تفسیر نتایج تجزیه برگ برای درختان مرکبات (شاخه‌های انتهایی میوه‌دار)

رقم	غلظت پتاسیم (درصد)				
	کمبود	کم	مناسب	زیاد	خیلی زیاد
پرتقال‌های ناول	$<0/3$	0/4-0/7	0/8-1/5	1/6-2	>2
نارنگی‌های انشو	$<0/4$	0/5-0/8	0/98-1/3	1/4-2	>2

جدول 5. راهنمای تفسیر نتایج تجزیه برگ برای درختان مرکبات (شاخه‌های انتهایی بدون میوه)

رقم	غلظت پتاسیم (درصد)				
	کمبود	کم	مناسب	زیاد	خیلی زیاد
پرتقال‌های ناول	$<0/70$	0/80-1/1	1/2-1/7	1/8-2/3	$>2/4$
نارنگی‌های انشو	$<0/80$	0/90-1/3	1/4-1/8	1/9-2/4	$>2/5$

جدول 6. راهنمای تفسیر نتایج تجزیه برگ برای ارقام مختلف مرکبات

عنصر غذایی	ناول‌ها	سانگین‌ها	کلمانتین‌ها	والنسیا	گریپ‌فروت	لیموها
پتاسیم	0/70-1/5	0/80-1/7	0/90-1/3	0/95-1/5	0/90-1/6	0/80-1/9

جدول 7. تنظیم برنامه کودی مرکبات بر اساس آزمون برگ

عنصر	اگر غلظت عنصر غذایی در برگ کمتر از مقدار مطلوب باشد.	اگر غلظت عنصر غذایی در برگ بیشتر از مقدار مطلوب باشد.
پتاسیم	1. مصرف کود پتاسیمی افزایش یابد. 2. محلول‌پاشی برگ انجام شود.	1. مصرف کودهای پتاسیمی کاهش یابد.

فصل چهارم

مهمترین وظایف پتاسیم در درختان میوه

- **فعال سازی آنزیم‌ها:** پتاسیم در فعال سازی بیش از 50 آنزیم موثر است و با تغییر در ساختمان پروتئینی آنزیم‌ها، موجب فعال شدن آن‌ها می‌شود. برخی تغییرات شیمیایی در درختان دارای کمبود پتاسیم شامل تجمع قندهای محلول، تجمع ترکیبات نیتروژنی محلول با وزن مولکولی کم و کاهش مقدار نشاسته در بافت‌ها است (مارشتر، 1995).
- **بزرگ شدن سلول‌ها:** پتاسیم برای رشد و بزرگ شدن سلول، افزایش کشش پذیری دیواره سلول و تجمع مواد محلول در سلول برای ایجاد پتانسیل اسمزی ضروری است. در بیشتر موارد، تجمع یون پتاسیم در سلول، پتانسیل اسمزی لازم را برای رشد و بزرگ شدن سلول فراهم می‌کند (مارشتر، 1995).
- **باز و بسته شدن روزنه‌ها:** افزایش غلظت پتاسیم در سلول‌های روزنه، موجب افزایش جذب آب از سلول‌های مجاور و افزایش فشار تورژسانس سلول‌های روزنه می‌شود که باز شدن روزنه‌ها را امکان‌پذیر می‌کند. تجمع پتاسیم در سلول‌های روزنه، توسط نور برانگیخته و به کمک پمپ پروتون انجام می‌شود. انرژی مورد نیاز برای پمپ (ATP_{ase}) از فسفوریلاسیون نوری در کلروپلاست سلول‌های روزنه فراهم می‌شود. تجمع پتاسیم در سلول‌های روزنه با آنیون‌ها (به طور عمده مالات) موازنه می‌شود. کربن (ماده سه کربنی) لازم برای ساختن مالات، از تجزیه نشاسته موجود در کلروپلاست سلول‌های روزنه فراهم می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها در تاریکی با خروج پتاسیم از این سلول‌ها و کاهش فشار اسمزی سلول‌های روزنه همبستگی دارد. از این‌رو به طور کلی پتاسیم در تنظیم فعالیت روزنه‌ها و خنثی شدن الکتریکی در سلول‌های گیاهی نقش دارد و برای بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تشکیل قندها، نشاسته، سنتز پروتئین، تقسیم سلولی و رشد نرمال گیاه ضروری است (سریواستاوا و سینگ، 2003).

▪ **انتقال مواد فتوسنتزی در آوندهای آبکشی:** پتاسیم در افزایش فشار اسمزی در لوله‌های غربالی و در نتیجه جریان مواد فتوسنتزی از منبع (برگ‌ها) به مخزن (اندام‌های مصرف کننده مانند میوه‌ها، ریشه‌ها و اندام‌های جوان و مریستمی) نقش زیادی دارد. از این رو پتاسیم در ورود ساکارز از برگ‌ها به آوندهای آبکشی و همچنین سرعت حرکت این مواد در آوندها موثر است. در درختانی که کمبود پتاسیم دارند مقدار کمتری از مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به اندام‌های ذخیره‌ای منتقل می‌شود که به طور عمده ناشی از نیاز بیشتر برگ‌ها به قند برای تنظیم اسمزی، کاهش تولید ساکارز، کاهش بارگیری آوندهای آبکشی برای ساکارز، کاهش جریان ساکارز در لوله‌های غربالی و همچنین کاهش نفوذپذیری غشا واکوئل سلول‌های ذخیره به ساکارز در بافت اندام‌های ذخیره‌ای است (چکماک و اینگل، 1999).

▪ **موازنه کاتیون - آنیون:** پتاسیم برای خنثی کردن بارالکتریکی آنیون‌های غیرمتحرک در سیتوپلاسم سلول‌ها، همچنین در خنثی نمودن آنیون‌های متحرک در واکوئل‌ها و آوندهای چوبی و آبکشی ضروری است. پتاسیم در جابجایی نیترات در آوندهای چوبی (به ویژه در مسافت‌های دور)، ذخیره آن در واکوئل‌ها و همچنین احیای نیترات به اسیدهای آلی در برگ‌ها دخالت دارد. به طور کلی، این فرضیه که پتاسیم، کاتیونی برای همه آنیون‌هاست تا حدودی درست است (منگل و کرکبی، 2001).

▪ **ساختن پروتئین:** پتاسیم در چسبیدن آر.ان.ای ناقل (tRNA) به ریبوزوم‌ها و ساخت پروتئین دخالت دارد (مارشور، 1995).

▪ **فتوسنتز و تثبیت دی‌اکسیدکربن:** پتاسیم در جهت مخالف جابجایی پروتون از غشای تیلاکوئیدها حرکت کرده و حرکت پروتون برای برقراری شیب pH در طرفین غشا و ساختن ATP (فسفوریلاسیون نوری) ضروری است ().

▪ **تحمل به تنش‌های محیطی:** پتاسیم موجب افزایش تحمل به تنش‌های محیطی از جمله تنش‌های سرما و یخبندان، گرما و تنش خشکی می‌شود. افزایش تحمل به تنش سرما ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی به علت افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع نشده به اشباع شده در حضور پتاسیم در شیره سلولی، افزایش تحمل به تنش خشکی، تنظیم بالانس آب داخلی و تورژساس سلول، تنظیم ورود یا خروج سدیم در

پلاسمای سلول‌های ریشه می‌شود (چکماک، 2005).

▪ **در رد کردن یا طرد کلر از ریشه:** مصرف پتاسیم با افزایش احتمال گزینش بیشتر پتاسیم توسط ریشه‌های فیبری (نسبت به سدیم) و افزایش تحمل به نمک توسط افزایش توانایی نگهداری پتاسیم در واکوئل‌ها در مقابل نشت آن از سلول (در زمانی که مقدار سدیم در محیط خارجی زیاد است) موثر است (منگل و کرکبای، 2001).

مهمترین راهکارهای رفع کمبود و افزایش غلظت پتاسیم

▪ اجتناب از مصرف زیاد کودهای سولفات آمونیوم در اوایل فصل (کاهش دسترسی پتاسیم به محل‌های جذب در سطح ریشه)، همچنین مصرف زیاد کودهای نیتروژن و فسفر نسبت به پتاسیم در اوایل فصل رشد، موجب افزایش سریع رشد رویشی، کاهش غلظت پتاسیم در بافت برگ و کمبود آن می‌شود.

▪ مصرف کودهای پتاسیمی (مانند سولفات پتاسیم، سولوپتاس یا نترات پتاسیم) در طول فصل رشد، برای درختان بارده مرکبات توصیه می‌شود. مصرف پتاسیم به شکل سرک یا کودآبیاری، پس از تشکیل میوه در بهار شروع شود و تا بلوغ میوه ادامه یابد. از مصرف یک باره کودهای پتاسیمی به شکل کود پایه در اسفند ماه در باغ‌های مرکبات کشور خودداری شود، زیرا مصرف خاکی کودهای پتاسیمی در اسفندماه و در اوایل بهار از راندمان جذب بسیار پایینی برخوردار است.

▪ محلول‌پاشی کودهای مناسب پتاسیمی (مانند مونوپتاسیم فسفات، دی‌پتاسیم فسفات و نترات پتاسیم) پس از تشکیل میوه با غلظت 4 الی 8 در هزار با رعایت استانداردهای محلول‌پاشی، موجب افزایش تقسیم سلولی، افزایش پتانسیل اندازه میوه و بهبود کیفیت میوه‌ها خواهد شد.

▪ مصرف بهینه آب آبیاری در طول فصل رشد و اجتناب از تنش خشکی (تنش خشکی، جذب پتاسیم را به شدت کاهش می‌دهد).

▪ محلول‌پاشی کودهای مناسب پتاسیمی (مانند نترات پتاسیم، مونوپتاسیم فسفات و دی‌پتاسیم) با غلظت 5 تا 10 در هزار همراه با یک مویان مناسب با غلظت مناسب (0/3 تا

0/5 در هزار)، در فاز دوم رشد میوه (پس از ریزش تابستانه تا پایان بلوغ فیزیولوژیکی میوه) به فاصله زمانی 20 الی 30 روز در میان متناسب با رقم و اندازه میوه.

■ در بیشتر خاک‌ها، کمبود پتاسیم با مصرف کلرید پتاسیم یا سولفات پتاسیم در خاک تصحیح می‌شود، اما در خاک‌های با بافت سنگین، خاک‌های شور، خاک‌های آهکی با مقدار آهک فعال زیاد، مصرف خاکی پتاسیم اغلب به آرامی، کمبود پتاسیم را رفع خواهد کرد و در مواردی نیز تقریباً غیر موثر است (کالورت، 1969؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). در مقابل، محلول‌پاشی نیترات پتاسیم، دی‌پتاسیم فسفات یا مونو پتاسیم فسفات می‌تواند در رفع سریع کمبود پتاسیم بسیار موثر باشد.

فصل پنجم

پتاسیم میوه و مدیریت مصرف آن مطابق فنولوژی رشد

تأثیر مصرف پتاسیم بر کیفیت میوه (جدول های 8 و 9)

- کاهش میزان عصاره
- کاهش قند (TSS) عصاره،
- کاهش نسبت قند به اسید (TSS/acid)
- کاهش رنگ عصاره
- افزایش میزان اسید
- افزایش اندازه میوه
- افزایش وزن میوه
- افزایش تعداد میوه های سبز
- افزایش قطر و ضخامت پوست
- کاهش شکاف خوردگی
- کاهش چین خوردگی و پاره شدن پوست میوه
- کاهش پوسیدگی گلگاه میوه در انبار

جدول 8. تأثیر پتاسیم بر کیفیت ظاهری میوه

لکه های پوستی				کیفیت خارجی میوه				فاکتورهای کیفی
چین خوردگی	اسکپ	پارگی پوست	ساییدگی باد	ضخامت پوست	میوه های سبز	وزن میوه	اندازه میوه	
-	+	-	*	+	+	+	+	پتاسیم

نشانه ها: + (افزایش)؛ - (کاهش)؛ * (عدم تأثیر).

جدول 9. تأثیر پتاسیم بر کیفیت عصاره و انبارمانی

فاکتورهای کیفی	کیفیت عصاره							انبارمانی	
	میزان عصاره	مواد جامد محلول	اسیدیته کل	شاخص برداشت	رنگ عصاره (قرمز)	رنگ عصاره (زرد)	پوسیدگی	کیک	پوسیدگی
پتاسیم	*	-	+	-	-	-	-	*	*

نشانه‌ها: + (افزایش)؛ - (کاهش)؛ * (عدم تأثیر).

آزمایش میدانی پتاسیم: نتایج تأثیر مدیریت زمانی مصرف پتاسیم شامل: 1- شاهد 70 درصد کودهای پتاسیم به شکل کود پایه پیش از شروع رشد و بقیه در یک تقسیط در اوایل فاز دوم رشد میوه؛ 2- عدم مصرف کود پایه و شروع مصرف خاکی پتاسیم (کودآبیاری) از اواسط فاز اول رشد میوه در چهار تقسیط (اواسط اردیبهشت، میانه خرداد، اواسط تیر و اواسط مرداد)؛ 3- مصرف نکردن کود پایه و شروع مصرف خاکی پتاسیم (کودآبیاری) از میانه فاز اول رشد میوه در چهار تقسیط (اواسط اردیبهشت، اواسط خرداد، اواسط تیر و اواسط مرداد) افزون بر محلول پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه (به شکل نیترات پتاسیم)؛ 4- مصرف نکردن کود پایه و شروع مصرف خاکی پتاسیم (کودآبیاری) از اواسط فاز اول رشد میوه در چهار تقسیط (اواسط اردیبهشت، اواسط خرداد، اواسط تیر و اواسط مرداد) افزون بر محلول پاشی پتاسیم در فاز دوم رشد میوه (به شکل نیترات پتاسیم)؛ 5- مصرف نکردن کود پایه و شروع مصرف خاکی پتاسیم (کودآبیاری) از اواسط فاز اول رشد میوه در چهار تقسیط (اواسط اردیبهشت، اواسط خرداد، اواسط تیر و اواسط مرداد) افزون بر محلول پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه و در فاز دوم رشد میوه (به شکل نیترات پتاسیم) بر عملکرد، وزن متوسط و غلظت پتاسیم برگ در جدول 10 آمده است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1395). نتایج نشان داد که همبستگی مثبت معنی داری ($R^2=0/92^{**}$) بین غلظت پتاسیم برگ و عملکرد وجود دارد و بیشترین عملکرد، وزن متوسط و غلظت پتاسیم برگ از تیمار مصرف نکردن کود پایه پتاسیم در اسفند ماه و شروع مصرف کودآبیاری پتاسیم از اواخر اردیبهشت ماه افزون بر محلول پاشی پتاسیم یک هفته پس از تشکیل میوه و اواخر فاز دوم رشد میوه (اواخر مردادماه) حاصل شد. اما در

مقابل، تیمار شاهد (مصرف 70 درصد پتاسیم مورد نیاز درختان پیش از شروع گلدهی و بقیه آن در یک تقسیط در اوایل فاز دوم رشد میوه) کمترین عملکرد، میانگین وزن میوه و غلظت پتاسیم برگ را داشت. پاسخ ضعیف درختان به مصرف خاکی پتاسیم در اوایل فصل (پیش از شروع رشد) به فیزیولوژی درختان و احتمالاً شیمی خاک مربوط می‌شود. درباره فیزیولوژی درختان، به علت فعالیت پایین ریشه در اوایل فصل، راندمان جذب عناصر غذایی بسیار پایین است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393 جلد دوم).

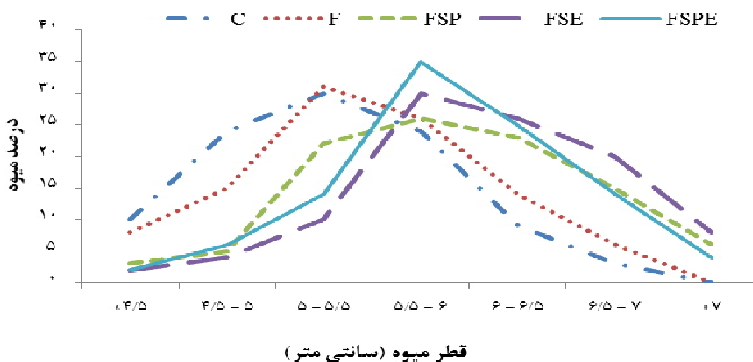
نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که زمان مصرف پتاسیم برای افزایش اندازه و کیفیت میوه بسیار مهم است. پتاسیم بیشتر از 40 درصد مواد معدنی میوه مرکبات را تشکیل می‌دهد. مصرف پتاسیم پس از تشکیل میوه در فاز اول رشد میوه، فرآیند تقسیم سلولی را تشدید می‌کند. حدود 70 درصد از اندازه نهایی میوه، به تعداد سلول‌ها در میوه بستگی دارد از این‌رو تعداد سلول‌های بیشتر در مرحله اول رشد میوه، پتانسیل بزرگ‌تر شدن میوه‌ها در پایان مرحله دوم رشد را امکان‌پذیر می‌سازد. به‌طور معمول، تقسیم سلولی در فاز دوم رشد میوه به شدت کاهش و یا متوقف می‌شود (مانسلیس، 1997؛ لوات، 1999؛ مورگان و همکاران، 2005). از این‌رو تغییر اندازه میوه پس از آن (در طول فاز دوم رشد میوه)، ناشی از بزرگ شدن سلول‌ها است. از این‌رو، محلول‌پاشی پتاسیم در طول دوره گل‌دهی و پس از گل‌دهی تاثیر زیادی در اندازه میوه دارد زمانی که پتاسیم برای تقسیم سلولی و بزرگ شدن سریع سلول‌ها استفاده می‌شود (باری و باور، 1997؛ بومن، 1998؛ لوات، 1999). محلول‌پاشی پتاسیم در اواخر تابستان و پاییز نیز در برخی سال‌ها برای ارقام پرتقال، گریپ‌فروت و نارنگی‌های میان‌رس و دیررس می‌تواند مفید باشد. در برخی موارد، مصرف پاییزی آن موثرتر است (به ویژه، در سال‌های با تابستان و پاییز مرطوب) زیرا طول روز کوتاه‌تر و آب و هوای سردتر می‌تواند میزان توسعه میوه‌ها (انبساط سلولی) را پس از مهر ماه در بیشتر سال‌ها به‌طور چشم‌گیری کاهش دهد. از این‌رو، محلول‌پاشی پتاسیم برای بزرگ شدن میوه‌ها در این ارقام در اواخر تابستان یا اوایل پاییز توصیه می‌شود و این محلول‌پاشی پتاسیم، اگر در شهریورماه یا مهرماه انجام شود در افزایش اندازه میوه (با توجه به رقم) بسیار موثر خواهد بود (بومن، 1997 و 2001؛ برگر و همکاران، 1996).

جدول 10. تاثیر تیمارهای مختلف پتاسیم در افزایش عملکرد، میانگین وزن میوه و غلظت پتاسیم برگ (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1395)

تیمار	میانگین عملکرد (kg/tree)	میانگین وزن میوه (gr/fruit)	غلظت پتاسیم برگ (درصد)
1- شاهد (مصرف 70 درصد کودهای پتاسیم به شکل کود پایه پیش از شروع رشد و بقیه در یک تقسیط در اوایل فاز دوم رشد میوه)	56d	76d	0/72d
2- مصرف نکردن کود پایه و شروع مصرف خاکی پتاسیم (کودآبیاری) از اواسط فاز اول رشد میوه	73c	91c	1/10c
3- مصرف نکردن کود پایه و شروع مصرف خاکی پتاسیم (کودآبیاری) از اواسط فاز اول رشد میوه افزون بر محلول پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه (به شکل نیترات پتاسیم)	85b	96b	1/15c
4- مصرف نکردن کود پایه و شروع مصرف خاکی پتاسیم (کودآبیاری) از اواسط فاز اول رشد میوه افزون بر محلول پاشی پتاسیم در فاز دوم رشد میوه (به شکل نیترات پتاسیم)	82b	94bc	1/34b
5- مصرف نکردن کود پایه و شروع مصرف خاکی پتاسیم (کودآبیاری) از اواسط فاز اول رشد میوه افزون بر محلول پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه و در فاز دوم رشد میوه (به شکل نیترات پتاسیم)	96a	107a	1/61a

با توجه به این که در این پژوهش، پتاسیم مصرفی در همه تیمارها یکسان بود و تنها مدیریت مصرف آن متناسب با تیمارها تفاوت داشت از این رو امکان برقراری رابطه‌ای مشخص بین مقدار پتاسیم مصرفی و عملکرد درختان وجود ندارد. به طور کلی برای تعیین حدود بحرانی عناصر غذایی در خاک، با توجه به این که جذب عناصر غذایی توسط ریشه درختان میوه از لایه‌های مختلف خاک انجام می‌شود و همچنین درصد جذب از این لایه‌ها نامشخص است از این رو حدود بحرانی عناصر غذایی در خاک، برای درختان میوه از نظر علمی چندان صحت ندارد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1380؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). نتایج تأثیر مدیریت مصرف پتاسیم بر توزیع نسبی اندازه میوه نارنگی انشو در شکل هشت آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که محلول پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه و محلول پاشی در طول مرحله دوم توسعه میوه، موجب افزایش نسبی تعداد میوه‌های با اندازه بزرگتر شد و در مقابل تعداد میوه‌های ریز کاهش یافت (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1395). براساس نتایج این پژوهش، مهمترین مرحله کلیدی فنولوژی

درختان مرکبات برای افزایش اندازه میوه مرکبات، محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه و ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها است. محلول‌پاشی پتاسیم در فراهمی پتاسیم مورد نیاز برای میوه‌چه‌ها در طول مرحله تقسیم سلولی پس از تشکیل میوه بسیار موثر است. همچنین پتاسیم کافی در طول مرحله بزرگ شدن سریع سلول‌ها برای ادامه رشد سلول‌ها نیاز است (بومن و همکاران، 2008؛ اوبرضا و مورگان، 2011؛ ارنر و همکاران، 1999).



شکل 8. تاثیر مدیریت مصرف پتاسیم در اندازه و توزیع نسبی قطر میوه نارنگی انشو

میاگاوا (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1395)

(در محور افقی، C: شاهد، F: کودآبیاری، FSP: کودآبیاری افزون بر محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه، FSE: کودآبیاری افزون بر محلول‌پاشی پس از ریزش فیزیولوژی میوه، FSPE: کودآبیاری افزون بر محلول‌پاشی پس از تشکیل و ریزش فیزیولوژی میوه)

عوامل بسیاری در اندازه میوه مرکبات نقش دارند. با این حال، پیش‌بینی چگونگی برهمکنش این عوامل با یکدیگر برای تأثیر بر اندازه نهایی میوه بسیار مشکل است. اما آسان‌ترین و عملی‌ترین روش برای رسیدن به این هدف، مدیریت تغذیه است (بومن، 1998؛ اگوستی و همکاران، 2002؛ ارنر و همکاران، 1993). از بین پارامترهای کیفی میوه، افزایش کوددهی پتاسیم، با افزایش اندازه میوه همراه است. به‌طورکلی، کمبود پتاسیم پیش از آشکار شدن نشانه‌های کمبود، سبب کاهش عملکرد و کیفیت میوه می‌شود. در باغ‌های مرکبات با غلظت پتاسیم حدود 0/5 تا 0/8 درصد، کاهش عملکرد و

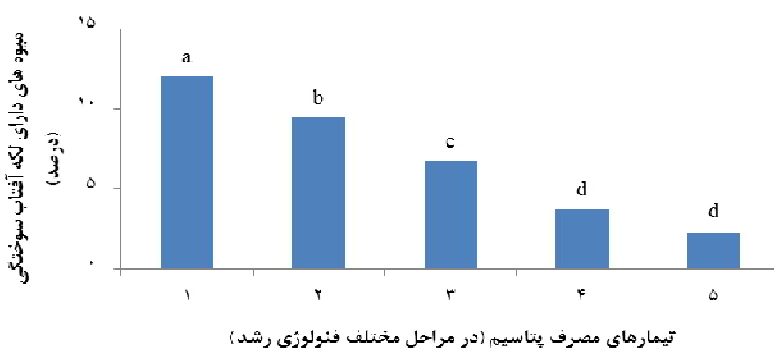
اندازه میوه کاملاً مشهود است. درحالی که، بیشترین عملکرد و کیفیت میوه در باغ‌هایی مشاهده می‌شود که غلظت پتاسیم برگ آن‌ها، $1/2$ درصد یا بیشتر باشد (لوات، 2002؛ مورگان و همکاران، 2005؛ توکر و همکاران، 1995). محلول‌پاشی پتاسیم نمی‌تواند به‌طور کامل، جایگزین مصرف خاکی آن شود اما می‌تواند به‌عنوان یک مکمل باشد و توانایی آن در افزایش اندازه میوه به‌خوبی نشان داده شده است. همچنین محلول‌پاشی پتاسیم می‌تواند کمبود پتاسیم باغ‌های مرکبات را در خاک‌های آهکی رفع نماید. استفاده از نیتрат پتاسیم برای محلول‌پاشی، می‌تواند موجب افزایش سریع پتاسیم برگ شود زیرا جذب پتاسیم از این کود، نسبتاً سریع است. البته اثر مثبت آن نیز کوتاه‌مدت‌تر است. همچنین اثر محلول‌پاشی نیترات پتاسیم در افزایش پتاسیم برگ در مقایسه با مصرف خاکی نیترات پتاسیم و دیگر کودهای پتاسیمی، بسیار سریع‌تر است (پیچ و همکاران، 1963؛ کالورت و اسمیت، 1972؛ روبرتس، 2008).

نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که محلول‌پاشی پتاسیم می‌تواند اندازه میوه‌های مرکبات را حدود 25 تا 35 درصد نسبت به شاهد افزایش دهد. محلول‌پاشی پتاسیم پیش از گل‌دهی، پس از گل‌دهی و محلول‌پاشی تابستانه، متوسط قطر میوه پرتقال والنسیا را $0/40$ تا $0/60$ سانتی‌متر افزایش داد که می‌تواند معادل افزایش یک کلاس یا بیشتر در اندازه میوه باشد. هنگامی که محلول‌پاشی پاییزه برای گریپ‌فروت انجام شد قطر میوه‌های گریپ‌فروت حدود $0/20$ تا $0/40$ سانتی‌متر افزایش یافت که معادل افزایش نیم تا یک کلاس در اندازه میوه است. محلول‌پاشی پتاسیم معمولاً موجب افزایش نسبی تعداد میوه‌های درشت نسبت به میوه‌های کوچک نمی‌شود بلکه موجب می‌شود که تعداد قابل ملاحظه‌ای از میوه‌ها، از نظر اندازه به کلاس بالاتر بروند (بومن، 1998؛ توکر و همکاران، 1995؛ ساروی و همکاران، 2012).

نتایج تأثیر مدیریت مصرف پتاسیم بر درصد میوه‌های دارای لکه‌های آفتاب سوختگی (شکل 9) نشان داد که بیشترین درصد میوه‌های دارای لکه‌های آفتاب سوختگی متعلق به تیمار شاهد بود و در مقابل تیمارهای مصرف کود آبیاری در فصل رشد و محلول‌پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه، تقسیم سلولی، ریزش فیزیولوژی و انبساط سلولی موجب کاهش معنی‌داری در درصد میوه‌های دارای لکه آفتاب سوختگی نسبت به شاهد شدند.

تیمار کودآبیاری افزون بر محلول پاشی پس از ریزش فیزیولوژی میوه (FSE) و کودآبیاری افزون بر محلول پاشی پس از تشکیل و ریزش فیزیولوژی میوه (FSPE) دارای کمترین درصد میوه‌های دارای لکه‌های آفتاب سوختگی بودند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1395). نتایج پژوهش‌های متعدد نشان داده است که خسارت اکسیداسیون نوری مانند تولید گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از جذب اضافی نور در کلروپلاست‌ها، یک عامل کلیدی موثر در صدمه و مرگ سلول‌های در معرض تنش‌های محیطی است. کلروپلاست‌ها، محل‌های اصلی تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن هستند و انتقال الکترون فتوسنتزی، عامل اصلی تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن مانند رادیکال سوپراکسید (O_2^-) و رادیکال هیدروکسیل ($OH^\cdot$) است. گونه‌های فعال اکسیژن برای ساختمان سلول‌های زنده، سمی بوده و مسئول تخریب کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، لیپیدهای غشایی و پروتئین‌ها هستند (مارش، 1995؛ منگل و کربی، 2001). تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن، به ویژه در شرایطی افزایش می‌یابد که جذب انرژی نوری، بیشتر از ظرفیت انتقال الکترون‌های فتوسنتزی باشد. بیشتر تنش‌های محیطی، انتقال الکترون فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن را در مراحل مختلف فرآیند فتوسنتزی کاهش می‌دهند. از این رو هم زمانی و برهمکنش یک تنش محیطی با شدت نور بالا، ممکن است خسارت اکسیداسیون نوری شدیدی به کلروپلاست سلول‌های بافت برگ و پوست میوه‌های جوان ایجاد کند و در نتیجه می‌تواند سبب ایجاد لکه‌های زرد یا نکروزه در بافت برگ و سطح پوست میوه‌ها بشود. کاهش کلروفیل در بافت برگ موجب کاهش راندمان فتوسنتزی و در نتیجه کاهش پتانسیل عملکرد درختان می‌شود. اما ایجاد لکه‌های نکروزه در بافت پوست میوه‌ها، که به آفتاب‌سوختگی معروف است معمولاً موجب کاهش کیفیت ظاهری میوه‌ها و در برخی موارد شکاف خوردن آن‌ها می‌شود. وضعیت تغذیه‌ای درختان به ویژه پتاسیم، به طور عمده بر انتقال الکترون فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن به شکل‌های مختلف تأثیر دارد. ناهنجاری‌های تغذیه‌ای درختان میوه می‌توانند موجب افزایش پتانسیل خسارت اکسیداسیون نوری شوند و اگر درختان، هم‌زمان در معرض تنش محیطی نیز باشند، مقدار خسارت می‌تواند بسیار شدید باشد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393 جلد دوم؛ کاکمک و همکاران، 1994).

کمبود پتاسیم، حساسیت درختان میوه را به صدمه اکسیداسیون نوری افزایش می‌دهد اگر مصرف آن کمتر از نیاز درختان باشد و درختان در معرض نور شدید قرار گیرند، معمولاً نشانه‌های کلروز برگ، نکروز و اختلال در رشد درختان بسیار شدیدتر خواهد بود. کمبود پتاسیم سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای در متابولیسم کربن فتوسنتزی و مصرف کربن تثبیت شده، می‌شود (کاکمک و اینگل، 1999؛ منگل و کربی، 2001). از این رو، کمبود آن‌ها سبب تجمع توده‌ای کربوهیدرات‌ها در برگ‌های منبع خواهد شد که موجب کاهش یا توقف تثبیت کربن فتوسنتزی می‌شود (کاکمک، 2005؛ گریسون، 1981؛ راهنمای تولید و تحقیقات مرکبات، 2007). هم‌زمان با این تغییرات در متابولیسم کربن فتوسنتزی، مقدار نسبی انرژی نورانی مصرف نشده و الکترون‌های نوری در گیاهان با کمبود پتاسیم افزایش می‌یابد که منجر به فعال‌سازی نوری اکسیژن مولکولی و خسارت اکسیداسیون نوری می‌شود. این افزایش الکترون‌های نوری و تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن، دلیل اصلی حساسیت برگ‌ها و میوه‌های دارای کمبود پتاسیم به نور شدید و ایجاد ناهنجاری‌هایی مانند کلروز و نکروز شدن برگ‌ها و همچنین آفتاب‌سوختگی میوه‌ها است (وانچی و همکاران، 2004؛ کاکمک، 2005).



شکل 9. تاثیر مدیریت مصرف پتاسیم بر درصد میوه‌های دارای لکه‌های آفتاب سوختگی نارنگی انشو میاگاوا

(در محور افقی، 1: شاهد (C)، 2: کودآبیاری (F)، 3: کودآبیاری افزون بر محلولپاشی پس از تشکیل میوه (FSP)، 4: کودآبیاری افزون بر محلولپاشی پس از ریزش فیزیولوژی میوه (FSE)، 5: کودآبیاری افزون بر محلولپاشی پس از تشکیل و ریزش فیزیولوژی میوه (FSPE))

با توجه به این که بیشترین سود اقتصادی مرکبات به ویژه در نارنگی‌های انشو، کلمانتین، پیچ‌ها، پرتقال‌های خونی و ... از میوه‌های با اندازه متوسط و درشت حاصل می‌شود از این‌رو براساس نتایج این پژوهش، روش مصرف و زمان محلول‌پاشی پتاسیم تأثیر زیادی در افزایش اندازه میوه دارد و محلول‌پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه و ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها، مهمترین مراحل زمانی محلول‌پاشی پتاسیم برای افزایش اندازه میوه این ارقام است. پتاسیم یکی از مهمترین عناصری است که در اندازه و کیفیت میوه تأثیر زیادی دارد و محلول‌پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه، برای تأمین و فراهمی پتاسیم مورد نیاز میوه‌چه‌ها در طول مرحله تقسیم سلولی پس از تشکیل میوه (فاز اول رشد میوه) ضروری است. همچنین در طول مرحله توسعه سلول‌ها (فاز دوم رشد میوه)، محلول‌پاشی پتاسیم برای تأمین پتاسیم لازم برای رشد و توسعه سلول‌های میوه حیاتی است. از این‌رو براساس نتایج پژوهش‌های اسدی کنگرشاهی (1398) و اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1395) برای افزایش اندازه میوه‌ها و رسیدن به حداکثر سود اقتصادی، محلول‌پاشی پتاسیم پس از تشکیل میوه از بیشترین کارایی برخوردار است اما محلول‌پاشی پس از ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها در اواخر تیر ماه، مردادماه یا اوایل شهریور ماه برای ارقام زودرس، اواخر تیر ماه، مردادماه، شهریور و مهرماه برای ارقام میان‌رس و دیررس در مناطق شمال کشور توصیه می‌شود که از راندمان بالایی برخوردار است و تأثیر زیادی در افزایش اندازه میوه دارد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی پتاسیم درصد میوه‌های ریز را کاهش و در مقابل درصد میوه‌های متوسط و درشت را افزایش می‌دهد. از این‌رو محلول‌پاشی پس از تشکیل میوه، پس از ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها و در زمان توسعه میوه (اواخر تیرماه، مردادماه و اوایل شهریورماه) تأثیر زیادی در افزایش اندازه میوه دارد از این‌رو به باغداران توصیه می‌شود از مصرف پتاسیم پیش از شروع رشد پرهیز کنند و در مقابل مصرف پتاسیم را متناسب با فنولوژی رشد میوه، پس از تشکیل میوه شروع کنند.

فصل ششم

مهمترین عوامل موثر در جذب پتاسیم

عواملی که بیشترین تأثیر را در جذب پتاسیم دارند:

- **سن درختان:** جذب پتاسیم با افزایش سن، کاهش می‌یابد.
- **وضعیت پتاسیم درختان:** جذب خالص پتاسیم با کاهش غلظت پتاسیم در بافت برگ افزایش می‌یابد.
- **درجه حرارت:** با افزایش درجه حرارت محیط، جذب پتاسیم به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.
- **نور:** تبدیل دی‌اکسیدکربن و آب به فرآورده‌های فتوسنتزی نیاز به نور خورشید دارد و این مواد فتوسنتزی برای تنفس ریشه و تأمین انرژی برای جذب فعال پتاسیم ضروری هستند. پس از اتمام نور، کربوهیدرات‌ها چند ساعت برای گیاه قابل استفاده و سپس جذب فعال به شدت کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش‌های بی‌شمار نشان داده است که با شروع تاریکی، جذب پتاسیم شروع به کاهش کرده و با شروع دوباره نور، جذب به سرعت افزایش می‌یابد.
- **رطوبت خاک:** مقدار رطوبت خاک بر انتشار پتاسیم به ریشه تأثیر دارد به طوری که با افزایش مقدار آب در خاک، انتشار پتاسیم نیز افزایش می‌یابد. این افزایش انتشار، به طور عمده ناشی از افزایش در سطح مقطع انتشار و کاهش در کج و معوجی مسیر انتشار است. از این رو با افزایش رطوبت خاک، ضریب انتشار موثر (D_e) پتاسیم در خاک افزایش می‌یابد و به طور کلی، فراهمی پتاسیم به سطح ریشه افزایش می‌یابد.
- **تهویه خاک:** تأثیر بیشتری در جذب پتاسیم نسبت به دیگر عناصر غذایی دارد و زمانی که تهویه خاک به کمتر از 10 درصد برسد جذب پتاسیم به شدت کاهش

می‌یابد. میزان اکسیژن در فضای منافذ خاک به ندرت به کمتر از 10 درصد می‌رسد مگر این که خاک مانداب یا غرقاب شود.

▪ **درجه حرارت خاک:** درجه حرارت خاک بر جذب پتاسیم توسط ریشه و همچنین بر مقدار انتشار آن در خاک تأثیر دارد. درجه حرارت، بر ضریب انتشار موثر (D_e) پتاسیم، قدرت بافری (b) و غلظت پتاسیم در محلول خاک، موثر است. ضریب انتشار، قدرت بافری و غلظت پتاسیم در محلول خاک، بیشترین تأثیر را در انتقال پتاسیم به سطح ریشه دارند. از این رو درجه حرارت، تأثیر زیادی در فراهمی پتاسیم در خاک برای درختان دارد. درجه حرارت افزون بر پارامترهای خاکی، بر پارامترهای گیاهی نیز تأثیر دارد اما افزایش جذب پتاسیم با افزایش درجه حرارت، بیشتر ناشی از پارامترهای خاکی (تا پارامترهای گیاهی) است.

▪ **اسیدیته خاک (pH):** تأثیر pH خاک در جذب پتاسیم ناشی از تأثیر آلومینیم، هیدروژن، کلسیم و منیزیم در جذب پتاسیم توسط ریشه و همچنین تعادل بین پتاسیم تبادلی و محلول خاک است. مقدار آلومینیم قابل تبادل، بیشتر در خاک‌های با اسیدیته (pH) کمتر از 5/2 قابل توجه است که جایگزین پتاسیم تبادلی شده و آن را به محلول خاک انتقال می‌دهد. جایگزینی هیدروژن قابل تبادل با کلسیم نیز موجب افزایش غلظت پتاسیم محلول خاک می‌شود. جایگزینی هیدروژن قابل تبادل با کلسیم نیز موجب افزایش غلظت پتاسیم محلول خاک می‌شود.

فصل هفتم

مدیریت کوددهی پتاسیم برای درختان جوان و غیربارده مرکبات

برای توصیه صحیح کودی (تعیین نوع، زمان، مقدار و نحوه مصرف کودها)، در باغ‌های جوان درختان میوه (سال‌های اول تا سوم پس از احداث باغ) نتایج تجزیه خاک و اما در باغ جوان با سن بیشتر از سه سال افزون بر نتایج تجزیه خاک، نتایج تجزیه برگ نیز نیاز است. درختان جوان مرکبات به مدیریت مناسب آبیاری، تغذیه، علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و محافظت از سرما برای افزایش سریع رشد رویشی نیاز دارند. مصرف بهینه آب و نیتروژن، مهم‌ترین عواملی هستند که در رشد درختان جوان تأثیر گذارند. مصرف کودهای پتاسیمی برای درختان جوان (1 تا 3 سال) براساس سن درختان، نتایج تجزیه خاک و تفسیر آن است (جدول 9). کودهای پتاسیمی مناسب برای درختان مرکبات شامل سولفات پتاسیم معمولی (با حلالیت کم)، سولفات پتاسیم (با حلالیت زیاد)، سولوپتاس، سولوکراس، نترات پتاسیم، مونو پتاسیم فسفات، دی‌پتاسیم فسفات، هیومات‌های پتاسیم، سولفات پتاسیم منیزیم و غیره است. کودهای سولفات پتاسیم منیزیم و سولفات پتاسیم معمولی، اغلب در اوایل فصل رشد و به روش خاکی توصیه می‌شوند. اما کودهای سولوپتاس، سولوکراس، سولفات پتاسیم با حلالیت زیاد، مونو پتاسیم فسفات، دی‌پتاسیم فسفات، هیومات‌های پتاسیم و نترات پتاسیم به روش کودآبیاری در طول فصل رشد (در تقسیط‌های مختلف، در مناطق شمالی کشور به‌ویژه از اوایل مرداد ماه تا اواسط آبان ماه و در مناطق جنوبی کشور (دزفول، حاجی‌آباد، نازدشت، جیرفت، کهنوج و داراب) و مناطق غربی کشور (قصرشیرین) در دو مرحله، مرحله اول از اوایل اردیبهشت ماه تا اواخر خردادماه و مرحله دوم از اوایل مهرماه تا اواخر آبان‌ماه یا اوایل آذرماه توصیه می‌شوند. البته بخشی

از نیاز پتاسیم درختان مرکبات را می‌توان با کلرور پتاسیم تأمین کرد به شرطی که خاک و آب، شور نباشند، پایه و پیوندک متحمل به کلر باشند و همچنین باغ، مانداب سطحی نداشته باشد و از زهکشی مناسبی نیز برخوردار باشد. مدیریت مناسب آبیاری در امکان مصرف کلرور پتاسیم و کاهش خسارت‌های احتمالی آن، بسیار مؤثر است.

7-1. تعیین نیاز کودی پتاسیم برای درختان جوان و غیربارده مرکبات

▪ نیاز پتاسیمی درختان جوان و غیربارده: نیاز کود پتاسیم به شکل K_2O ، برای درختان جوان غیربارده، به طور متوسط معادل 30 تا 80 درصد نیتروژن مصرفی است (اسدی کنگرشاهی، 1398).

▪ تعیین نیاز پتاسیم با توجه به نتایج تجزیه خاک

✓ اگر نتایج تجزیه خاک، میزان پتاسیم را زیاد یا خیلی زیاد (بیشتر از 300 میلی‌گرم در کیلوگرم) نشان دهد به مصرف کود پتاسیم (مصرف خاکی) برای درختان جوان نیازی نیست. اما مصرف به شکل محلول‌پاشی (کودهای مناسب محلول‌پاشی مانند نترات پتاسیم، منوپتاسیم فسفات و ...) پیش از شروع فصل گرما در مناطق جنوبی کشور و در اواخر فصل رشد پیش از شروع فصل سرما در مناطق شمالی و جنوبی کشور برای افزایش مقاومت نهال‌ها به تنش‌های محیطی، توصیه می‌شود.

✓ اگر نتایج تجزیه خاک، مقدار پتاسیم قابل استفاده را در دامنه متوسط (بین 200 تا 300 میلی‌گرم در کیلوگرم) نشان داد کود پتاسیم مصرفی به شکل K_2O (مجموع مصرف خاکی و محلول‌پاشی) برای درختان جوان معادل 30 درصد کود نیتروژن، توصیه می‌شود.

✓ اگر نتایج تجزیه خاک، مقدار پتاسیم قابل استفاده را در دامنه کم (بین 100 تا 200 میلی‌گرم در کیلوگرم) قرار داد کود پتاسیم به شکل K_2O (مجموع مصرف خاکی و محلول‌پاشی) معادل 40 الی 60 درصد مقدار نیتروژن، توصیه می‌شود.

✓ اگر نتایج تجزیه خاک، پتاسیم قابل استفاده خاک را در دامنه خیلی کم (کمتر از 100 میلی گرم در کیلوگرم) قرار داد کود پتاسیم به شکل K_2O (مجموع مصرف خاکی و محلول پاشی) معادل با 80 درصد مقدار نیتروژن مصرفی، توصیه می شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397).

✓ اگر نتایج تجزیه خاک، نیاز به مصرف کود پتاسیم را برای سال جاری تایید کرد. تاکید می شود برای مصرف پتاسیم در سال بعد، دوباره مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک اندازه گیری و نتایج آن دوبارها تفسیر و ارزیابی شود که آیا مصرف کود پتاسیم به همان شکل ادامه داده شود، کاهش یابد یا حذف شود. اما در سال سوم رشد، برنامه تجزیه برگ نیز انجام و بر اساس تفسیر نتایج تجزیه خاک و برگ نسبت به مصرف کودهای پتاسیمی اقدام شود.

▪ تعیین نیاز پتاسیمی بر اساس سن درختان برای باغهای بدون تجزیه خاک: مقدار پتاسیم (K_2O) مصرفی و تعداد تقسیطها برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 سال) مطابق جدول 11 توصیه می شود.

جدول 11. مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده و تعداد تقسیطها برای درختان جوان (1 تا 3 سال) غیر بارده (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1397)

سن درختان (سال)	پتاسیم (K_2O) مصرفی* (گرم به ازای هر درخت در سال)	تعداد تقسیط توصیه شده در سال	
		کودآبیاری	پخش سطحی
1	30 - 50	6-8	4-6
2	60- 100	6-8	4-6
3	100-150	6-8	4-6

* مقدار فوق برای درختان نارنگی و پرتقال است و برای درختان جوان لایم، لمون، لیموشیرین و گریپ فروت که رشد رویشی بیشتری دارند مقدار مصرف پتاسیم 20 تا 30 درصد بیشتر توصیه می شود (ضریب تبدیل پتاسیم: $K_2O \times 0.83 = K$).

به طور کلی مقدار پتاسیم توصیه شده در بندهای 7-1 تا 7-3 برای درختان جوان نارنگی و پرتقال است اما مقدار توصیه شده برای درختان جوان لایم، لمون، لیموشیرین و گریپ فروت که رشد رویشی بیشتری دارند حدودا 20 تا 30 درصد بیشتر است.

7-2. مدیریت زمانی مصرف پتاسیم برای درختان جوان غیربارده

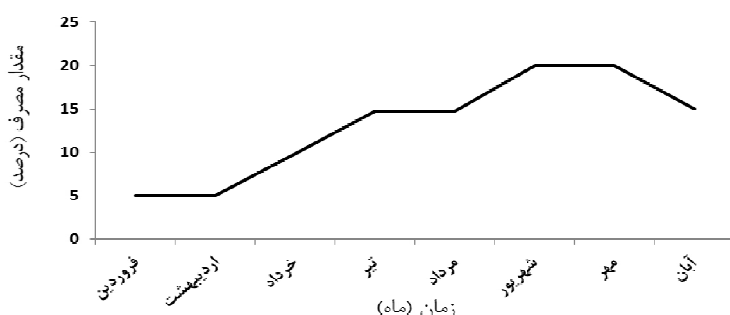
7-2-1. مدیریت زمانی مصرف پتاسیم برای درختان جوان غیربارده در مناطق

شمالی کشور

به طور کلی مقدار پتاسیم که توسط برداشت میوه (w/w) از باغ خارج می‌شود اغلب بیشتر از عناصر غذایی دیگر است (جذب و خروج پتاسیم از خاک در درختان میوه معادل نیتروژن و در مواردی نیز بیشتر است). از این رو به علت جذب بخش زیادی از پتاسیم قابل استفاده خاک در هر فصل زراعی، کوددهی پایدار پتاسیم متناسب با نیاز درختان و فنولوژی رشد میوه، یک عامل بسیار مهم در تولید میوه در صنعت باغبانی است. در بیشتر خاک‌ها، چرخه پتاسیم در طول سال‌های متوالی، بیشتر پتاسیم قابل استفاده خاک را به لایه سطحی خاک انتقال می‌دهد و پتاسیم قابل جذب لایه‌های زیرین به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. از این رو در بیشتر مناطق، حتی اگر بیشتر از نصف ریشه درختان در لایه زیرین باشد کمتر از 10 درصد پتاسیم از آن ناحیه تأمین می‌شود.

با توجه به این که راندمان مصرف کودها در درختان جوان، به ویژه در اوایل فصل رشد بسیار پایین است (به ویژه در مناطق شمالی کشور)، از سوی دیگر رشد فلش‌های بهاره (جهش‌های رشدی در بهار)، بیشتر تحت تأثیر مواد غذایی ذخیره درختان است و این ذخیره، بیشتر به مدیریت کوددهی اواخر فصل رشد در سال گذشته بستگی دارد. از این رو کوددهی در اوایل فصل رشد در سال جاری، تأثیر چندانی در افزایش مقدار ذخیره و رشد سرشاخه‌های بهاره ندارد. از این رو توصیه می‌شود که باغ‌داران، کوددهی اوایل فصل را با حداکثر 5 الی 10 درصد نیاز سالانه درختان شروع نمایند و به تدریج، مقدار مصرف (درصدی از نیاز سالانه) را افزایش داده و در اواسط تابستان به مقدار مصرف ارتقا دهند. سپس مقدار مصرف کود، به تدریج کاهش داده شود و در اواخر فصل رشد برای بهبود تحمل درختان جوان نسبت به تنش‌های سرمای، مصرف کودها را به حداقل مقدار کاهش دهند یا کوددهی را متوقف کنند. به طور کلی، این روند مصرف باید به گونه‌ای مدیریت شود که بافت‌های سرشاخه‌های رشدی سوم (فلش‌های پاییزی)، زمان کافی برای کامل شدن داشته باشند. براساس کارهای پژوهشی و میدانی نگارندگان به علت نقش کودهای پتاسیمی در تحمل به تنش

سرمای زمستانه و انتقال کربوهیدرات‌ها به بافت‌های ذخیره درختان جوان، توصیه می‌شود کوددهی پتاسیم با 5 درصد نیاز سالانه در اوایل فصل (فروردین ماه) شروع و در شهریور و مهر به بیشترین مقدار (20 درصد نیاز سالانه) افزایش داده شود و در آبان ماه با مصرف 15 درصد مصرف سالانه، کوددهی متوقف شود (شکل 10).

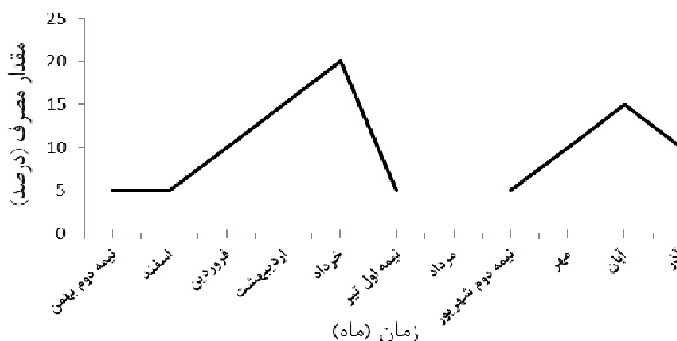


شکل 10. مدیریت مصرف پتاسیم برای درختان جوان غیر بارده در طول فصل رشد در مناطق شمالی کشور (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397)

2-2-7. مدیریت زمانی مصرف پتاسیم برای درختان جوان غیربارده در مناطق جنوبی کشور

با توجه به گرمای شدید تابستان در مناطق جنوب کشور مانند حاجی‌آباد و نازدشت بندرعباس، جیرفت، دزفول و، توصیه می‌شود تغذیه درختان مرکبات در دو مرحله (فاز) انجام شود. کوددهی مرحله اول، از اواخر بهمن ماه شروع شود و تا اواخر خرداد یا اوایل تیر ماه ادامه یابد سپس به دلیل گرمای شدید هوا، کوددهی متوقف شود. کوددهی مرحله دوم، از نیمه دوم شهریور ماه، آغاز و تا اواخر آذر ماه ادامه داده شود. براساس کارهای میدانی نگارندگان در بندرعباس (ابراهیم آباد و نازدشت) و دزفول و به علت نقش کودهای پتاسیمی در تحمل به تنش‌های گرمایی و سرمایی و همچنین انتقال کربوهیدرات‌ها به بافت‌های ذخیره، کوددهی پتاسیم با 5 درصد نیاز سالانه در نیمه دوم بهمن ماه شروع شود و در اردیبهشت و خرداد ماه به بیشترین مقدار (به ترتیب 15 و 20 درصد نیاز سالانه) افزایش داده شود و در نیمه

اول تیر ماه، با مصرف 5 درصد نیاز سالانه، مصرف کودهای پتاسیمی متوقف شود. سپس در نیمه دوم شهریور ماه با مصرف 5 درصد مصرف سالانه، کوددهی پتاسیم دوباره آغاز شود و در آبان ماه به بیشترین مقدار مصرف (15 درصد نیاز سالانه)، افزایش یابد و در آذرماه نیز کوددهی متوقف شود (شکل 11).



شکل 11. مدیریت مصرف پتاسیم برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 سال) در طول فصل رشد برای مناطق جنوبی و جنوب غربی کشور (جیرفت، بندرعباس، دزفول و قصرشیرین)

فصل هشتم

مدیریت مصرف پتاسیم برای درختان بارده مرکبات

پتاسیم به شکل یون پتاسیم (K^+) جذب می‌شود و در درختان میوه بسیار متحرک است. پتاسیم در خاک در تعادل دینامیکی بین پتاسیم محلول در آب، پتاسیم قابل تبادل و غیر قابل تبادل (پتاسیم تثبیت شده و پتاسیم در ماتریکس کانی‌ها) است. درختان میوه می‌توانند از اشکال پتاسیم محلول، قابل تبادل و غیر قابل تبادل نیز استفاده کنند. قابلیت استفاده پتاسیم در خاک عمدتاً تحت تأثیر رطوبت، کانی‌شناسی رس، pH، ساختمان خاک، تناوب آبیاری یا بارندگی (خشک و مرطوب شدن خاک) و درجه حرارت خاک است. پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم نرمال (pH_7) فعلاً شاخص مناسبی برای قابلیت استفاده پتاسیم در خاک برای بیشتر درختان میوه است. اگرچه نتایج بررسی میدانی نگارنده در سال‌های پیاپی در مناطق مختلف کشور نشان داده است که پتاسیم قابل استخراج با این عصاره‌گیر، شاخص مناسبی برای درختان میوه نیست، از این رو توصیه می‌شود این شاخص برای درختان میوه مورد پژوهش میدانی قرار گیرد.

به طور کلی، مقدار کود پتاسیم (K_2O) توصیه شده برای درختان بارده مرکبات تقریباً معادل مقدار نیتروژن خالص مصرفی است. اگر غلظت پتاسیم برگ مرکبات در سال‌های متوالی به مقدار قابل ملاحظه‌ای زیر حد کفایت باشد مقدار پتاسیم (K_2O) مصرفی به ویژه در خاک‌های آهکی می‌تواند تا 25 درصد افزایش یابد. مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده بر اساس پتانسیل عملکرد پیش‌بینی شده (درختان 8 تا 11 سال) و متوسط عملکرد میوه 4 سال پیاپی پیشین (درختان 12 سال و بیشتر) است. اگر کود پتاسیمی در یک سال مصرف شود برای تعیین این که، در سال بعد چقدر پتاسیم مصرف شود نیاز است دوباره تجزیه خاک و برگ انجام شود. بر اساس تفسیر نتایج این تجزیه‌ها و متوسط عملکرد باغ، نسبت به مصرف کودهای پتاسیمی اقدام شود. اگر مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک بیش

از حد کفایت و غلظت پتاسیم در برگ نیز در اندازه مطلوب و بیشتر باشد می‌توان مصرف خاکی کودهای پتاسیمی را متوقف کرد یا آن را به حداقل رساند (جدول‌های 12 تا 17). اما مصرف کودهای محلول پتاسیمی (مانند نیترات پتاسیم و.....) به شکل محلول‌پاشی برای افزایش اندازه و بهبود کیفیت میوه، در مراحل خاص فنولوژی (به ویژه پس از تشکیل میوه و اواخر فاز دوم رشد میوه) به باغداران توصیه می‌شود (جدول 18).

□ مقدار پتاسیم توصیه شده برای باغ‌های بارده

1. تجزیه خاک و برگ ندارد.

1-1- عملکرد باغ کمتر از 20 تن در هکتار است.

1-1-1. حدود 80 تا 100 کیلوگرم پتاسیم (K_2O) در هکتار در طول سال مصرف شود.

2-1. عملکرد باغ بیشتر از 20 تن در هکتار است.

1-2-1. حدود 80 تا 100 کیلوگرم پتاسیم (K_2O) به عنوان پایه در نظر گرفته شود افزون‌بر آن، به ازای هر تن افزایش عملکرد بیشتر از 20 تن در هکتار، حدود دو کیلوگرم پتاسیم (K_2O) به آن افزوده شود.

2. تجزیه خاک و برگ دارد.

1-2. عملکرد باغ 20 تن در هکتار و کمتر است (جدول 12).

2-2. عملکرد باغ بیشتر از 20 تن در هکتار است (جدول 13).

3. فقط تجزیه برگ دارد.

1-3. عملکرد باغ کمتر از 20 تن در هکتار است (جدول 14).

2-3. عملکرد باغ بیشتر از 20 تن در هکتار است (جدول 15).

4. فقط تجزیه خاک دارد.

1-4. عملکرد باغ کمتر از 20 تن در هکتار است (جدول 16).

2-4. عملکرد باغ بیشتر از 20 تن در هکتار است (جدول 17).

جدول 12. پتاسیم (K_2O) توصیه شده (مجموع مصرف خاکی و محلول پاشی) برای باغ‌های بارده دارای نتایج تجزیه خاک و برگ با عملکرد 20 تن و کمتر در هکتار (اسدی کنگرشاهی، 1398).

مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده (کیلوگرم در هکتار)	دامنه تجزیه خاک (پتاسیم قابل استفاده)	دامنه تجزیه برگ (غلظت پتاسیم)
80	کم	کفایت
50	متوسط	
25	زیاد	
100	کم	کم
80	متوسط	
40	زیاد	
125	کم	کمبود
100	متوسط	
50	زیاد	

جدول 13. پتاسیم (K_2O) توصیه شده (مجموع مصرف خاکی و محلول پاشی) برای باغ‌های بارده دارای نتایج تجزیه خاک و برگ با عملکرد بیشتر از 20 تن در هکتار (اسدی کنگرشاهی، 1398).

مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده (کیلوگرم در هکتار)	دامنه تجزیه خاک (پتاسیم قابل استفاده)	دامنه تجزیه برگ (غلظت پتاسیم)
80 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	کم	کفایت
50 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	متوسط	
25 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	زیاد	
100 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	کم	کم
80 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	متوسط	
40 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	زیاد	
125 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	کم	کمبود
100 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	متوسط	
50 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	زیاد	

جدول 14. پتاسیم (K_2O) توصیه شده (مجموع مصرف خاکی و محلول پاشی) برای باغ‌های بارده که فقط نتایج تجزیه برگ دارند و عملکرد آن‌ها 20 تن و کمتر در هکتار است

مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده (کیلوگرم در هکتار)	دامنه تجزیه برگ (غلظت پتاسیم)
50	کفایت
80	کم
100	کمبود

جدول 15. پتاسیم (K_2O) توصیه شده (مجموع مصرف خاکی و محلول پاشی) برای باغ‌های بارده که فقط نتایج تجزیه برگ دارند و عملکرد آنها بیشتر از 20 تن در هکتار است

مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده (کیلوگرم در هکتار)	دامنه تجزیه برگ (غلظت پتاسیم)
50 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	کفایت
80 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	کم
100 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	کمبود

جدول 16. پتاسیم (K_2O) توصیه شده (مجموع مصرف خاکی و محلول پاشی) برای باغ‌های بارده که فقط نتایج تجزیه خاک دارند و عملکرد آنها 20 تن و کمتر در هکتار است

مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده (کیلوگرم در هکتار)	دامنه تجزیه خاک (پتاسیم قابل استفاده)
100	کم
80	متوسط
40	زیاد

جدول 17. پتاسیم (K_2O) توصیه شده (مجموع مصرف خاکی و محلول پاشی) برای باغ‌های بارده که فقط نتایج تجزیه خاک دارند و عملکرد آنها بیشتر از 20 تن در هکتار است (اسدی کنگرشاهی، 1398).

مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده (کیلوگرم در هکتار)	دامنه تجزیه خاک (پتاسیم قابل استفاده)
100 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	کم
80 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	متوسط
40 کیلوگرم + 2 کیلوگرم به ازای هر تن افزایش عملکرد در هکتار	زیاد

جدول 18. محلول پاشی های ضروری پتاسیم متناسب با فنولوژی درختان برای باغ های مرکبات در مناطق شمال و جنوب کشور (اسدی کنگرشاهی، 1397)

مراحل فنولوژی	مدیریت تغذیه (محلول پاشی)
شروع رشد سرشاخه ها (فلش های بهاره)	محلول پاشی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و بور (با غلظت 2 تا 4 در هزار).
گل دهی	-
از تشکیل میوه تا شروع ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه)	محلول پاشی مونوپتاسیم فسفات (با غلظت 3 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) و یا نیترات پتاسیم (با غلظت 3 در هزار)، اسید فسفریک (با غلظت نیم تا یک در هزار) و اوره (با غلظت 2 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار)
از شروع توسعه تا بلوغ فیزیولوژی میوه	محلول پاشی مونوپتاسیم فسفات (با غلظت 4 تا 6 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) و یا نیترات پتاسیم (با غلظت 4 تا 6 در هزار)، اسید فسفریک (با غلظت نیم تا یک در هزار) و اوره (با غلظت 2 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) از اواسط تا اواخر فاز دوم رشد میوه
شروع رنگبری تا برداشت	-
پس از برداشت	محلول پاشی مونوپتاسیم فسفات (با غلظت 5 تا 10 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) و یا نیترات پتاسیم (با غلظت 5 تا 6 در هزار)، اسید فسفریک (با غلظت یک در هزار) و اوره (با غلظت 3 تا 4 در هزار) با مویان (با غلظت نیم در هزار) بلافاصله پس از برداشت میوه.

مدیریت زمانی کوددهی پتاسیم (کودآبیاری)

▪ **مناطق شمالی:** در این مناطق از مقدار پتاسیمی که بر اساس تفسیر نتایج تجزیه خاک، برگ و عملکرد در طول سال زراعی برای درختان بارده مرکبات تعیین می شود حدود 10 درصد خرداد، 30 درصد تیر، 30 درصد مرداد و 30 درصد شهریور (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) می شود.

▪ **مناطق جنوبی (استان فارس و کرمان):** در این مناطق از مقدار پتاسیمی که بر اساس تفسیر نتایج تجزیه خاک، برگ و عملکرد در طول سال زراعی برای درختان بارده مرکبات تعیین می شود حدود 10 درصد اردیبهشت، 20 درصد خرداد، 20 درصد مرداد،

25 درصد شهریور و 25 درصد مهر (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) توصیه می‌شود (اسدی کنگرشاهی، 1398).

▪ **مناطق جنوبی (هرمزگان):** در این مناطق از مقدار پتاسیمی که بر اساس تفسیر نتایج تجزیه خاک، برگ و عملکرد در طول سال زراعی برای درختان بارده مرکبات تعیین می‌شود حدود 10 درصد فروردین، 20 درصد اردیبهشت، 20 درصد خرداد و 10 درصد نیمه اول تیر، 10 درصد نیمه دوم مرداد، 20 درصد شهریور و 20 درصد مهر (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) توصیه می‌شود (اسدی کنگرشاهی، 1398).

منابع کودی پتاسیم

(مصرف خاکی، کودآبیاری و محلول پاشی و امکان اختلاط آنها در تانک کود)

کود آبیاری، مصرف کودهای محلول با آب آبیاری است که به طور معمول توسط سیستم‌های تحت فشار مانند آبیاری قطره‌ای انجام می‌شود. کودهای سولفات پتاسیم (با نام‌های تجاری سولوپتاس، سولوکراس و ...)، کلرید پتاسیم، نیتрат پتاسیم، منوپتاسیم فسفات، دی پتاسیم فسفات و فسفیت پتاسیم از معمول‌ترین کودهای پتاسیمی محلول در آب هستند که می‌توانند توسط سیستم آبیاری برای درختان مرکبات مصرف می‌شوند. کودهای تزریق شده به سیستم آبیاری باید کاملاً محلول باشند و هیچ‌گونه رسوبی ایجاد نکنند. معمولاً برای کودآبیاری از منابع کودی با حلالیت بالا استفاده می‌شود. برخی منابع کودی پتاسیم مناسب برای محلول پاشی، کودآبیاری و مصرف خاکی (چالکود یا مصرف نواری) با فرمول شیمیایی و حلالیت آن‌ها در آب (کیلوگرم در مترمکعب) در جدول‌های 19 و 21 آورده شده است. به طور کلی کارشناسان و باغداران توجه داشته باشند که در هنگام مصرف کودهای محلول پتاسیمی توسط سیستم‌های آبیاری تحت فشار (آبیاری قطره‌ای) یا در تانک کود برای محلول پاشی از اختلاط این کودها با کودهایی که ناسازگار یا موجب کاهش حلالیت می‌شوند اجتناب کنند زیرا که امکان رسوب و گرفته شدن قطره‌چکان‌ها را افزایش می‌دهد و همچنین در محلول پاشی موجب کاهش راندمان جذب و در مواردی امکان خسارت به میوه را تشدید می‌کنند. از این رو توصیه می‌شود در هنگام اختلاط کودهای پتاسیمی با دیگر کودها در تانک کود برای کودآبیاری یا در تانک محلول پاشی دقت شود که از کودهایی استفاده شود که امکان اختلاط داشته باشند و به

اصطلاح، با هم سازگاری داشته باشند. در جدول‌های 22 و 23، منابع کودی که امکان اختلاط دارند و همچنین اختلاط‌هایی که موجب کاهش حلالیت و یا رسوب می‌شوند نشان داده شده است. باغ‌داران می‌توانند از این جدول‌ها به عنوان جدول راهنما برای اختلاط کودهای پتاسیمی با دیگر کودهای شیمیایی برای کودآبیاری یا محلول‌پاشی استفاده کنند (اسدی کنگرشاهی، 1398).

جدول 19. منابع کودی پتاسیم برای محلول‌پاشی درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، 1398)

کود	فرمول شیمیایی	درصد پتاسیم (K_2O)
منوپتاسیم فسفات	KH_2PO_4	34
دی پتاسیم فسفات	K_2HPO_4	53
نیتрат پتاسیم	KNO_3	44
فسفیت پتاسیم	KH_2PO_3	26

جدول 20. منابع کودی پتاسیم برای کودآبیاری درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، 1398)

کود	فرمول شیمیایی	درصد پتاسیم (K_2O)
سولفات پتاسیم (سولوپتاس)	K_2SO_4	50
کلرید پتاسیم	KCl	60
منوپتاسیم فسفات	KH_2PO_4	34
دی پتاسیم فسفات	K_2HPO_4	53
نیترات پتاسیم	KNO_3	44
فسفیت پتاسیم	KH_2PO_3	26

جدول 21. منابع کودی پتاسیم برای مصرف خاکی (چالکود) درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، 1398)

کود	فرمول شیمیایی	درصد پتاسیم (K_2O)
سولفات پتاسیم	K_2SO_4	50
سولفات پتاسیم منیزیم	$K_2Mg(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$	22

جدول 22. کودهایی که اختلاط آن‌ها در تانک کود موجب رسوب یا کاهش حلالیت آن‌ها در آب (برای کودآبیاری یا محلول‌پاشی) می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

اختلاط کودها	رسوب (ناسازگار) یا کاهش حلالیت در آب
سولفات پتاسیم (یا سولوپتاس) با سولفات آمونیوم	کاهش حلالیت
سولفات پتاسیم (یا سولوپتاس) با کلرید پتاسیم	کاهش حلالیت
سولفات پتاسیم (یا سولوپتاس) با نیتрат پتاسیم	کاهش حلالیت
سولفات پتاسیم (یا سولو پتاس) با سولفات آهن	کاهش حلالیت
سولفات پتاسیم (یا سولو پتاس) با سولفات منگنز	کاهش حلالیت
سولفات پتاسیم (یا سولو پتاس) با سولفات روی	کاهش حلالیت
سولفات پتاسیم (یا سولو پتاس) با سولفات مس	کاهش حلالیت
سولفات پتاسیم (یا سولوپتاس) با نیترات کلسیم	رسوب (ناسازگار)
منوپتاسیم فسفات با سولفات آهن	رسوب (ناسازگار)
منوپتاسیم فسفات با سولفات منگنز	رسوب (ناسازگار)
منوپتاسیم فسفات با سولفات مس	رسوب (ناسازگار)
منوپتاسیم فسفات با سولفات روی	رسوب (ناسازگار)
منوپتاسیم فسفات با نیترات کلسیم	رسوب (ناسازگار)
منوپتاسیم فسفات با کلرید کلسیم	رسوب (ناسازگار)
دی پتاسیم فسفات با سولفات آهن	رسوب (ناسازگار)
دی پتاسیم فسفات با سولفات منگنز	رسوب (ناسازگار)
دی پتاسیم فسفات با سولفات مس	رسوب (ناسازگار)
دی پتاسیم فسفات با سولفات روی	رسوب (ناسازگار)
دی پتاسیم فسفات با نیترات کلسیم	رسوب (ناسازگار)
دی پتاسیم فسفات با کلرید کلسیم	رسوب (ناسازگار)

جدول 23. سازگاری و امکان اختلاط کودهای پتاسیمی با برخی کودها و ترکیبات شیمیایی معمول برای کود آبیاری و محلول پاشی (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

کود	اوره	نیتрат آمونیوم	سولفات آمونیوم	نیترات کلسیم	کلرید کلسیم	سولوپتاس	نیترات منیزیم	سولفات آهن	سولفات منگنز	سولفات پتاسیم
نیترات پتاسیم	✓	R	✓	R	✓	R	R	✓	✓	✓
کود	سولفات روی	سولفات مس	کلات های آهن	کلات های منگنز	کلات های روی	کلات های مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	اسید نیتریک
نیترات پتاسیم	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	R
کود	اوره	نیترات آمونیوم	سولفات آمونیوم	نیترات کلسیم	کلرید کلسیم	نیترات منیزیم	فسفات آمونیوم	سولفات آهن	سولفات منگنز	سولفات پتاسیم
کلرید پتاسیم	✓	✓	✓	✓	R	✓	✓	✓	✓	R
کود	سولفات روی	سولفات مس	کلات های آهن	کلات های منگنز	کلات های روی	کلات های مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	اسید نیتریک
کلرید پتاسیم	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
کود	اوره	نیترات آمونیوم	سولفات آمونیوم	نیترات پتاسیم	کلرید پتاسیم	نیترات کلسیم	فسفات آمونیوم	سولفات آهن	سولفات منگنز	فسفات پتاسیم
سولفات پتاسیم	✓	✓	R	R	R	X	✓	R	R	R
کود	سولفات روی	سولفات مس	کلات های آهن	کلات های منگنز	کلات های روی	کلات های مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	اسید نیتریک
سولفات پتاسیم	R	R	✓	✓	✓	✓	R	✓	R	✓
کود	اوره	نیترات آمونیوم	سولفات آمونیوم	نیترات پتاسیم	کلرید پتاسیم	نیترات کلسیم	فسفات آمونیوم	سولفات آهن	سولفات منگنز	فسفات پتاسیم
منو یادی پتلیسم فسفات	✓	✓	✓	R	R	X	R	X	X	R
کود	سولفات روی	سولفات مس	کلات های آهن	کلات های منگنز	کلات های روی	کلات های مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	اسید نیتریک
منو یادی پتلیسم فسفات	X	X	R	R	R	R	X	R	✓	✓

✓ - سازگار (قابل اختلاط)، R - کاهش حلالیت، X - ناسازگار (غیر قابل اختلاط)

فصل دهم

پتاسیم و اندازه میوه

همانطور که پیش از این یادآوری شد عوامل بی‌شماری از جمله میزان محصول، پراکنش بارندگی و مدیریت آبیاری، برنامه و مدیریت کوددهی، هرس و ترکیب پایه و پیوندک در اندازه نهایی میوه مرکبات تأثیر دارند اما از بین همه این عوامل، آسانترین و موثرترین روش با احتمال زیاد عملیات کوددهی است. مهمترین عناصر غذایی که بر اندازه میوه مرکبات تأثیر دارند نیتروژن و پتاسیم هستند و مدیریت مصرف آنها بیشترین تأثیر در افزایش اندازه میوه و پایداری تولید دارد. نتایج مقدار پتاسیم و نیتروژن در درختان مرکبات و توزیع آنها نشان داده است که مقدار پتاسیم در اندام‌های رویشی کمتر از نیتروژن است اما در میوه‌ها، مقدار پتاسیم بیشتر از نیتروژن است. به طور کلی بیشترین عملکرد درختان مرکبات از نسبت نیتروژن به پتاسیم در برگ، بین $2/4$ تا 3 حاصل می‌شود (با نیتروژن بیشتر از $2/1$ درصد و پتاسیم بیشتر از $0/8$ درصد) اما برای حداکثر اندازه میوه، نسبت نیتروژن به پتاسیم در برگ حدود $1/6$ تا $2/2$ درصد (با مقدار پتاسیم بیشتر از $0/9$ درصد و نیتروژن بیشتر از $1/8$ درصد) توصیه می‌شود (لوات، 2002). هر دوی این عناصر سرعت جذب سریع و تحرک بالایی در سیستم آوندی دارند از این رو محلول‌پاشی و همچنین مصرف خاکی این عناصر تأثیر مثبتی در اندازه میوه دارند (لوات، 2002).

مدیریت مصرف پتاسیم (ارنر و همکاران، 1999)

- به طور کلی پایه‌ها اختلاف کمی در جذب پتاسیم دارند.
- اما در بین ارقام (یا پیوندک‌ها)، اختلاف زیادی در جذب پتاسیم وجود دارد.

✓ در پرتقال‌های تامسون‌ناول، واشنگتن‌ناول، ناولینا مصرف زیاد پتاسیم و نیتروژن موجب رشد بیش از اندازه میوه (به اصطلاح محلی کله‌ای شده) خواهد شد و به شدت بازپسندی آن‌ها را کاهش می‌دهد.

✓ در پرتقال‌های تامسون‌ناول، واشنگتن‌ناول، ناولینا و گریپ‌فروت‌ها، مصرف زیاد پتاسیم اثرات نامطلوبی در پوست و عصاره میوه دارد.

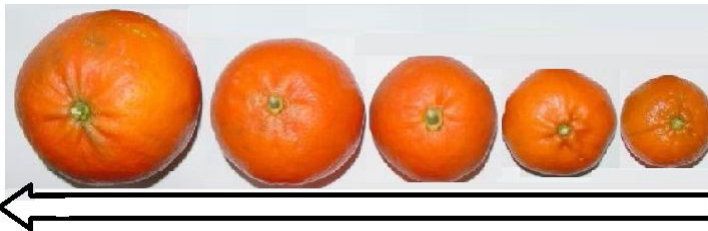
✓ در پرتقال‌های خونی، سانگین‌ها، هاملین و شموئی مصرف پتاسیم موجب افزایش اندازه میوه و بهبود کیفیت می‌شود از این‌رو مصرف بیشتر پتاسیم برای این ارقام توصیه می‌شود.

✓ پرتقال والنسیا با پایه نارنج نیز نسبت به دیگر پایه‌ها تمایل بسیار کمتری برای جذب پتاسیم دارد و از راندمان جذب کمتر برخوردار هستند. از این‌رو افزون‌بر مصرف خاکی، محلول‌پاشی کودهای پتاسیمی مناسب به ویژه در مرحله دوم رشد و اوایل مرحله سوم توصیه می‌شود.

✓ به طور کلی در بیشتر نارنگی‌ها و هیبریدهای آنها، مصرف بیشتر پتاسیم موجب افزایش اندازه میوه خواهد شد بدون این که تاثیر نامطلوبی در اسیدیته عصاره، رنگ پوست یا کیفیت بافت پوست داشته باشد. از جمله موارد استثنا نارنگی‌های پیش‌رس میگاو هستند که مصرف زیاد پتاسیم می‌تواند درصد میوه‌های پاسنگی را به شدت افزایش دهد و موجب کاهش بازارپسندی آن‌ها شود.

به طور کلی در درختان مرکبات، رشد رویشی معمولاً پاسخ نسبتاً کوچکی به پتاسیم مصرف دارند اما برخلاف رشد رویشی، رشد میوه‌چه‌ها و اندازه میوه‌ها به شدت تحت تأثیر غلظت پتاسیم از کمبود شدید تا زیادی پتاسیم قرار می‌گیرند. حفظ غلظت پتاسیم در دامنه مطلوب در کیفیت خارجی میوه‌ها اهمیت زیادی دارد. پتاسیم خیلی زیاد موجب ایجاد میوه‌های بزرگ با پوست ضخیم، خشن و با رنگ ضعیف می‌شود. در مقابل، پتاسیم کم و خیلی کم موجب تولید میوه‌های کوچک می‌شود که معمولاً مناسب تازه‌خوری یا صادرات نیستند. بیشتر از 40 درصد کل عناصر غذایی در ماده خشک میوه مرکبات، پتاسیم است از این‌رو هر کمبودی در این عنصر ممکن است منجر به کاهش در اندازه میوه مرکبات شود. مصرف پتاسیم به ویژه موقعی که غلظت پتاسیم برگ پایین

است تأثیر زیادی در افزایش اندازه میوه دارد. تأثیر مثبت کوددهی پتاسیم در اندازه میوه مرکبات به خوبی اثبات شده است و افزایش تولید با کوددهی پتاسیم و با پتاسیم برگ در دامنه کفایت بین $1/5$ تا $1/7$ انتظار می‌رود. در مقابل مصرف زیادی پتاسیم نیز ممکن است منجر به افزایش ضخامت و زبری پوست شود (مورگان و همکاران، 2005). مناسب‌ترین روش مصرف پتاسیم در باغ‌های مرکبات، کودآبیاری است و محلول‌پاشی پتاسیم نمی‌تواند جایگزین مصرف خاکی آن شود بلکه بیشتر به عنوان یک روش تکمیلی استفاده می‌شود. محلول‌پاشی پتاسیم در خاک‌های آهکی در رفع کمبود و تأمین پتاسیم درختان مرکبات بسیار موثر است. برخی پژوهش‌ها نشان داده است که رفع مشکل کمبود پتاسیم درختان مرکبات توسط مصرف خاکی سولفات پتاسیم یا نیترات پتاسیم و محلول‌پاشی آن‌ها می‌تواند انجام شود. انتخاب روش مناسب به مقدار کربنات کلسیم خاک بستگی دارد (ارنر و همکاران، 1999).



شکل 12. تأثیر مصرف پتاسیم در اندازه میوه

فصل یازدهم

پتاسیم، تنش‌ها و ناهنجاری‌های فیزیولوژی

پتاسیم و شکاف خوردن میوه: شکاف خوردن میوه مرکبات با دیگر میوه‌ها متفاوت است. این تفاوت به علت مرفولوژی خاص میوه مرکبات است که شامل گوشت و پوست است افزون‌بر پوست از یک لایه اسفنجی سفید داخلی به نام پوست داخلی¹ یا آلبیدو² و یک لایه خارجی پوست خارجی³ یا فلاپودو⁴ تشکیل شده است (شکل 13). در طول مرحله اول توسعه میوه (مرحله تقسیم سلولی)، عمده سلول‌های فلاپودو تشکیل می‌شوند و پس از آن تقسیم سلولی فلاپودو کاهش می‌یابد و در مقابل سلول‌های گوشت در مرحله دوم رشد میوه، شروع به توسعه می‌کنند. فشار ایجاد شده ناشی از توسعه سریع گوشت میوه موجب ایجاد ترک‌های ریز و شروع شکاف خوردن در خامه یا ناف انتهایی میوه می‌شود محلی که پوست در آن نازکتر و استحکام ساختمانی آن نیز نسبت به بخش‌های دیگر پوست کمتر است (شکل‌های 14 و 15). برخی عوامل محیطی می‌تواند موجب توسعه ضعیف‌تر پوست شوند و پوست را به شکاف خوردن مستعدتر نمایند. این عوامل شامل عدم تعادل عناصر غذایی به ویژه پتاسیم و فسفر، شرایط اقلیمی گرم و مرطوب، آبیاری نامنظم و محصول زیاد هستند. به هر حال به نظر می‌رسد تنش در طول مرحله اول توسعه میوه (II)، که عمده یا بخش اعظم سلول‌های فلاپودو تشکیل می‌شوند و پیوستگی ساختمانی آن‌ها تعیین می‌شود، مهمترین عامل تعیین‌کننده حساسیت میوه‌ها به شکاف خوردن میوه است. محصول زیاد (تعداد زیاد میوه)، آبیاری نامناسب و همچنین کوددهی نامناسب و ناکافی در طول این دوره بحرانی، پتانسیل شکاف خوردن میوه را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد

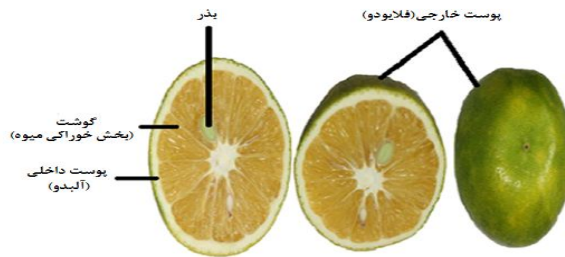
¹- Mesocarp

²- Albedo

³- Exocarp

⁴- Flavedo

(اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1390؛ برگمن، 1992).



شکل 13. ساختار داخلی و پوست میوه مرکبات

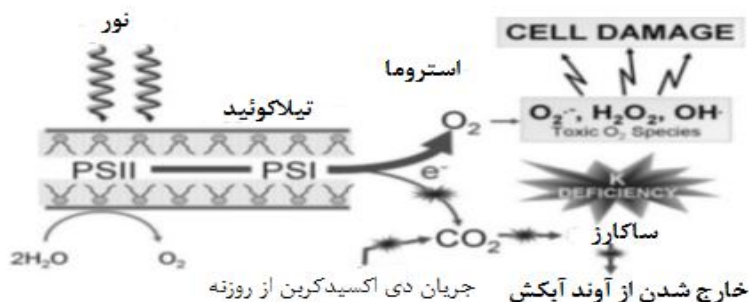


شکل 14. شکاف خوردن میوه مرکبات

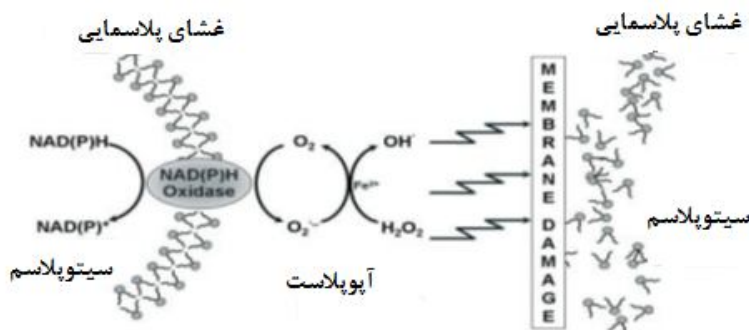


شکل 15. شکاف خوردن میوه مرکبات (شرق مازندران)

پتاسیم و تنش سرما و یخبندان: به طور کلی کمبود پتاسیم، حساسیت درختان را به تنش سرما افزایش می‌دهد که به علت نقش آن در افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. کمبود پتاسیم، همچنین حساسیت درختان میوه را به صدمه اکسیداسیون نوری افزایش می‌دهد اگر مصرف این عناصر کمتر از نیاز درختان باشد و درختان در معرض نور شدید قرار گیرند، معمولاً نشانه‌های کلروز برگ، نکروز و اختلال در رشد درختان بسیار شدیدتر خواهد بود. کمبود پتاسیم سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای در متابولیسم کربن فتوسنتزی و مصرف کربن تثبیت شده، می‌شود. از این رو، کمبود آن سبب تجمع توده‌های کربوهیدرات‌ها در برگ‌های منبع خواهد شد که موجب کاهش یا توقف تثبیت کربن فتوسنتزی می‌شود (شکل 16). هم‌زمان با این تغییرات در متابولیسم کربن فتوسنتزی، مقدار نسبی انرژی نورانی مصرف نشده و الکترون‌های نوری در گیاهان با کمبود منیزیم و پتاسیم افزایش می‌یابد که منجر به فعال‌سازی نوری اکسیژن مولکولی و خسارت اکسیداسیون نوری در برگ‌ها می‌شود (شکل 17). این افزایش الکترون‌های نوری و تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن، دلیل اصلی حساسیت برگ‌های دارای کمبود منیزیم و پتاسیم به نور شدید، کلروز و نکروز شدن برگ‌ها است.



شکل 16. تاثیر کمبود پتاسیم بر کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن، تولید و انتقال ساکارز در آوندهای آبکشی و افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (چکماک، 2005)



شکل 17. تاثیر کمبود پتاسیم بر افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و خسارت غشاهای سلولی (چکماک، 2005)

پژوهش‌های بی‌شماری نشان داده است که صدمه اکسیداسیون نوری به سلول‌های کلروپلاست، یک فرایند کلیدی در ایجاد نشانه‌های برگ‌ی تحت شرایط کمبود پتاسیم است. از این رو، به‌علت تاثیر مشخص پتاسیم، در متابولیسم کربن فتوسنتزی و تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در سلول‌های کلروپلاست، اگر قابلیت استفاده این عناصر در خاک و فراهمی آن‌ها برای درختان پایین باشد صدمه اکسیداسیون نوری در درختانی که در شرایط محیطی با امکان وقوع تنش‌های غیرزنده مانند تنش سرما و یخبندان قرار دارند، تشدید می‌شود. به طور کلی، تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن توسط آنزیم‌های اکسید کننده NADPH و ضعیف شدن سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان در میزان خسارت سلول‌ها ناشی از تنش سرمایی، اهمیت بسیار زیادی دارند. از آنجایی که تهیه ناکافی پتاسیم، موجب افزایش فعالیت آنزیم NADPH اکسیداز می‌شود، از این رو کمبود این عناصر، تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن را در درختان در معرض تنش سرما، به طور فزاینده‌ای تشدید می‌کند. همچنین با کمبود این عنصر در درختان تحت تنش سرما، تولید گونه‌های فعال اکسیژن به علت اختلال در انتقال الکترون فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن، افزایش می‌یابد. بررسی‌های میدانی متعدد نگارندگان نشان داده است که پتاسیم در تحمل درختان به تنش‌های سرما و یخبندان بسیار موثر است و در طول فصل زمستان، درختان مرکبات با کمبود پتاسیم، حساس‌تر به تنش سرما و یخبندان

هستند. پتاسیم تأثیر مطلوبی در تنظیم آب و فتوسنتز گیاهان دارد. از آنجایی که خسارت سرما اغلب موجب دهیدراسیون پروتوپلاسم می شود از این رو مصرف پتاسیم می تواند منجر به بهبود فتوسنتز و سازگاری اقلیمی بهتر شود.

پژوهش های یاسینی و همکاران (1400) در دو سال بر روی ارقام تامسون ناول و پرتقال خونی (مورو) در استان مازندران نشان داد که در سال اول آزمایش میانگین عملکرد در تیمار شاهد برای پرتقال رقم مورو و تامسون ناول به ترتیب، 40 و 75 کیلوگرم به ازای هر درخت بود، اما در تیمار کودی (مصرف پتاسیم و منیزیم بر اساس نتایج تجزیه خاک، برگ، عملکرد و فنولوژی رشد میوه)، عملکرد پرتقال مورو و تامسون ناول به ترتیب به 72 و 175 کیلوگرم به ازای هر درخت افزایش یافت. در سال دوم آزمایش عملکرد پرتقال مورو و تامسون ناول در شاهد و تیمار کودی به ترتیب از 80 و 140 کیلوگرم به 155 و 305 کیلوگرم به ازای هر درخت افزایش یافت. همچنین در سال اول میانگین درصد ماده خشک پرتقال مورو و تامسون ناول به ترتیب از 15/6 و 22 درصد در شاهد، به 17/1 و 24/4 درصد در تیمار مصرف پتاسیم و منیزیم رسید و در سال دوم، از 18/1 و 22/3 درصد در شاهد به 20 و 25/2 درصد در تیمار مصرف پتاسیم و منیزیم افزایش یافت. تحمل به تنش سرما میوه پرتقال مورو و تامسون ناول در سال اول، در شاهد به ترتیب صفر و 1- و در تیمار مصرف پتاسیم و منیزیم حدود 2- و 5- درجه سانتی گراد بود اما در سال دوم از 1- و 3- درجه سانتی گراد در شاهد به 4- و 9- درجه سانتی گراد در تیمار مصرف پتاسیم و منیزیم رسید. با توجه به نتایج این پژوهش رعایت اصول مصرف بهینه کودی برای کلیه باغ های مرکبات کشور توصیه می شود. مصرف پتاسیم پس از ریزش فیزیولوژی میوه چه ها در طول مرحله توسعه سلول ها (فاز دوم رشد میوه)، برای تأمین پتاسیم لازم برای رشد و توسعه سلول های میوه حیاتی است و از مهمترین مراحل زمانی مصرف پتاسیم برای افزایش اندازه میوه، بهبود کیفیت میوه، افزایش ماده خشک، افزایش زمان انبارمانی، افزایش تحمل به تنش سرما و یخبندان و پایداری تولید است.

پتاسیم و تنش شوری: پتاسیم، خسارت سلول های گیاهی را نسبت به تنش شوری کاهش می دهد. اختلال در وضعیت تغذیه ای پتاسیم، به علت افزایش جذب سدیم

به خوبی شناخته شده است. نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na) در درختان مرکبات، شاخص مناسبی برای ارزیابی شدت تنش شوری است و می‌تواند شاخص مناسبی برای غربال کردن تحمل ژنوتیپ‌ها به سدیم باشد. گیاهانی که دارای حساسیت خیلی زیاد به تنش شوری هستند، معمولاً حساسیت زیادی نیز به کمبود پتاسیم داشته و ظرفیت پایینی برای جذب پتاسیم از محیط دارند. همچنان که پیش از این گفته شد تنش شوری بیانگر یک تنش اکسیداتیو است و موجب فعال‌سازی آنزیم‌های اکسیدکننده NADPH و گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود. به تازگی، نشان داده شده است که کمبود پتاسیم منجر به افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده NADPH با تولید هم‌زمان گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود. همچنین برخی گزارش‌ها نشان می‌دهند که تولید گونه‌های فعال اکسیژن، پاسخ اولیه به کمبود پتاسیم توسط آنزیم‌های اکسید کننده NADPH و تولید گونه‌های فعال اکسیژن است (ملکوئی و همکاران، 1395، مارشتر، 1995). از این رو، تولید گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از تنش شوری در شرایط کمبود پتاسیم می‌تواند تشدید شود. همچنان‌که سمیت سدیم سبب کمبود پتاسیم در سلول‌ها می‌شود، افزایش در تولید گونه‌های فعال اکسیژن توسط آنزیم‌های اکسیدکننده NADPH در شرایط تنش شوری، ممکن است نتیجه اختلال در وضعیت تغذیه‌ای پتاسیم در برگ باشد. از این رو، به علت تاثیر مشخص پتاسیم، در متابولیسم کربن فتوسنتزی و تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در سلول‌های کلروپلاست، اگر قابلیت استفاده این عناصر در خاک و فراهمی آن‌ها برای درختان پایین باشد صدمه اکسیداسیون نوری در درختانی که در شرایط محیطی با امکان وقوع تنش‌های غیرزنده مانند خشکی، سرما و شوری رشد می‌کنند، تشدید می‌شود.

مدیریت مناسب تغذیه و بهبود وضعیت تغذیه‌ای درختان میوه، برای افزایش تحمل آن‌ها به شرایط بحرانی محیطی مانند تنش شوری ضروری است. به طور کلی، برای حفظ و زنده ماندن درختان و رسیدن به عملکرد مطلوب، نیاز آن‌ها به عناصر غذایی معدنی با افزایش شدت تنش‌های محیطی مانند خشکی، گرما، شوری، سرما یا شدت نور افزایش می‌یابد. اختلال در وضعیت تغذیه‌ای درختان، خسارت ناشی از تنش‌های محیطی و کاهش عملکرد درختان را تشدید می‌کند. مهمترین دلیل تشدید خسارت تنش‌ها به علت فراهمی

ناکافی عناصر معدنی، افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن، اکسیداسیون نوری لیپیدها و رنگ‌دانه‌های کلروپلاست است. به طور طبیعی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن در طی فتوسنتز، یک فرایند غیرقابل اجتناب است و معمولاً با محدود شدن و کاهش مصرف انرژی نوری جذب شده در انتقال الکترون فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن، تشدید می‌شود که بیشتر ناشی از تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری و سرما است. مدیریت مصرف و فراهمی کافی عناصر غذایی معدنی مانند نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و روی، برای پایداری و ثبات فعالیت‌های فتوسنتزی، مصرف انرژی نورانی و تثبیت دی‌اکسیدکربن ضروری است (سریواستاوا و سینگ، 2003؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1395). از این‌رو، بهبود تغذیه معدنی درختان میوه یک عامل بسیار مهم برای محافظت درختان در مقابل خسارت ناشی از اکسیداسیون نوری در شرایط محیطی بحرانی مانند تنش خشکی، تنش شوری، تنش سرما و گرما و ... است.

پتاسیم و تنش خشکی: تأثیر پتاسیم بر افزایش حساسیت به تنش خشکی به دلیل نقش آن در کنترل حرکت روزنه‌ها به خوبی مستند شده است. درختانی که کمبود شدید پتاسیم داشته باشند به علت کنترل کمتر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها، به تنش خشکی حساس‌تر هستند. تنش خشکی در درختان موجب کاهش فتوسنتز خواهد شد و تثبیت کربن نیز به علت کاهش فراهمی دی‌اکسیدکربن از طریق روزنه‌ها کاهش می‌یابد. کاهش فراهمی دی‌اکسیدکربن موجب می‌شود الکترون‌های اضافی ناشی از فرآیندهای نوری فتوسنتز سبب احیا اکسیژن و تبدیل آن به رادیکال‌های آزاد اکسیژن شوند. این رادیکال‌های فعال اکسیژن می‌توانند سبب خسارت‌های اکسیداسیون نوری در کلروپلاست‌ها شوند که موجب خسارت به کلروفیل، اکسیداسیون لیپیدها و در نتیجه، مرگ سلول‌ها می‌شوند. از این‌رو درختان مرکبات در معرض تنش خشکی و نور شدید به مصرف پتاسیم بیشتری نیاز دارند. افزون‌بر این کاهش رطوبت خاک در منطقه ریشه موجب کاهش جریان پخشیدگی پتاسیم در محلول خاک به سمت ریشه می‌شود که می‌تواند کمبود پتاسیم را تشدید کنند به ویژه در درختان مرکبات با بار زیاد (سال آور) در مرحله دوم رشد میوه که نیاز درختان به پتاسیم بالاست، در حالی که ممکن است در این زمان، پتاسیم به مقدار کافی در خاک منطقه ریشه وجود داشته باشد. همچنین کمبود پتاسیم، موجب کاهش

رشد ریشه می‌شود که به علت کاهش حجم خاک در دسترس و کاهش سطح جذب می‌تواند کمبود پتاسیم در اندام هوایی را تشدید کند. درختان در شرایط تنش خشکی، مواد محلول با وزن ملکولی کم (مواد محلول سازگار) در واکوئل‌هایشان تجمع می‌دهند. این مواد محلول سازگار شامل اسیدهای آمینه، قندها و ... هستند که با واکنش‌های معمول بیوشیمیایی سلول تداخل ندارند و فقط نقش تنظیم اسمزی در طی تنش دارند یکی از این مواد محلول سازگار پرولین است که پتاسیم در ساخت و تجمع آن نقش مهمی دارد. از این رو به طور کلی کمبود پتاسیم، حساسیت درختان را به تنش خشکی افزایش می‌دهد که به احتمال زیاد، ناشی از نقش پتاسیم در تنظیم حرکت روزنه‌ها، تنظیم پتاسیل اسمزی سلول‌ها و افزایش تولید اسید آمینه پرولین است (ملکوتی و همکاران، 1395). پتاسیم در تنظیم فعالیت روزنه‌ها و خشی شدن الکتریکی در سلول‌های گیاهی نقش دارد و برای بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تشکیل قندها، نشاسته، سنتز پروتئین، تقسیم سلولی و رشد نرمال گیاه ضروری است. از این رو کمبود پتاسیم موجب اختلال در باز و بسته شدن سلول‌های استومات‌ها، کاهش جذب دی‌اکسید کربن، کاهش عملکرد و در نتیجه کاهش راندمان پایین آب مصرفی در محصولات خسارت دیده از کمبود پتاسیم - می‌شود. (منگل و کرمبای، 2001؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

پتاسیم و انبارمانی: به طور کلی کمبود پتاسیم موجب کاهش زمان انبارمانی میوه‌ها می‌شود که ناشی از افزایش میزان تنفس سلول‌ها و افزایش احتمال آلودگی‌های به بیماری‌های قارچی است. افزایش تنفس سلول‌ها به علت تجمع قندهای محلول و تجمع ترکیبات نیتروژنی محلول با وزن مولکولی کم در سلول‌ها است که سوبستراهای مناسبی برای آنزیم‌های تنفسی هستند. افزایش احتمال به آلودگی‌های قارچی به طور عمده ناشی از تاثیر کمبود پتاسیم در کاهش فعالیت برخی آنزیم‌ها و همچنین کاهش تولید برخی ماکرومولکول‌های آلی است. پتاسیم در افزایش فشار اسمزی در لوله‌های غربالی و در نتیجه جریان مواد فتوسنتزی از منبع (برگ‌ها) به مخزن (میوه‌ها) نقش زیادی دارد. از این رو پتاسیم در ورود ساکارز از برگ‌ها به آوندهای آبکشی و همچنین سرعت حرکت این مواد در آوندها موثر است. در درختانی که کمبود پتاسیم دارند مقدار کمتری از مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به میوه‌ها منتقل می‌شود که به طور عمده ناشی از نیاز بیشتر برگ‌ها

به قند برای تنظیم اسمزی، کاهش تولید ساکارز، کاهش بارگیری آوندهای آبکشی برای ساکارز، کاهش جریان ساکارز در لوله‌های غربالی و همچنین کاهش نفوذپذیری غشا واکوئل سلول‌های ذخیره به ساکارز در بافت اندام‌های ذخیره‌ای است. مهمترین عاملی که در انبارمانی میوه‌های مرکبات نقش دارد میزان قند میوه است که پتاسیم در انتقال آن از برگ‌های منبع به میوه‌ها بسیار موثر است.

فصل دوازدهم

توصیه ترویجی

1. به طور خلاصه، پتاسیم موجود در خاک و هر کود پتاسیمی (سولفات پتاسیم، کلرید پتاسیم، نیترات پتاسیم و ...) که به خاک منطقه ریشه درختان داده شود برای جذب، نخست باید حل شده و وارد محلول خاک شوند و سپس همراه با جریان آب به سطح ریشه منتقل شوند. حرکت آب به سطح ریشه تحت تأثیر اختلاف پتانسیل آبی خاک اطراف ریشه و پتانسیل آبی سطح ریشه است. برای ایجاد و تشدید این اختلاف پتانسیل آبی، وجود ریشه‌ها و برگ‌های فعال و موثر ضروری است. تبخیر و تعرق از برگ‌ها موجب ایجاد کشش و حرکت جریان آب در آوندهای چوبی می‌شود که در نهایت به سلول‌های سطح ریشه می‌رسد و موجب کاهش پتانسیل آب در سطح ریشه شده و آب از خاک اطراف ریشه (با پتانسیل آبی بیشتر) به سطح ریشه (با پتانسیل آبی کمتر) منتقل می‌شود. همراه با حرکت و انتقال آب به سطح ریشه، عناصر غذایی محلول در آن (به ویژه عناصر نیتروژن، منیزیم، کلسیم، سولفور، پتاسیم و بور) نیز به سطح ریشه منتقل می‌شوند (شکل 2). به طور کلی از نشانه‌های شروع فعالیت دوباره درختان مرکبات، رشد سرشاخه‌های سال جاری است که در منطقه شمال کشور رشد دوباره سرشاخه‌ها عمدتاً از اواسط فروردین ماه شروع شده و در اواسط تا اواخر اردیبهشت ماه کامل می‌شود. از این رو در مرکبات شمال شروع جذب عناصر غذایی از اواسط فروردین ماه با حداقل راندمان شروع می‌شود و سپس به ترتیب افزایش می‌یابد و در اوایل تا اواسط تابستان (با توجه به نوع رقم) به حداکثر می‌رسد. در بیشتر مناطق جنوب کشور، رشد دوباره سرشاخه‌ها از اوایل تا اواخر اسفند ماه شروع و در اواخر فروردین ماه کامل می‌شوند. از این رو جذب و انتقال عناصر به سطح ریشه با راندمان حداقلی از اسفندماه شروع و در فروردین و اردیبهشت به حداکثر می‌رسند.

2. به علت نقش کودهای پتاسیمی در تحمل به تنش‌های محیطی از جمله تنش سرما و گرما، برای درختان جوان غیر بارده در مناطق با اقلیم معتدل و مدیترانه‌ای مانند شمال کشور توصیه می‌شود کوددهی پتاسیم این درختان با 5 درصد نیاز سالانه در اوایل فصل (فروردین ماه) شروع شود و در شهریور و مهر به حداکثر مقدار (20 درصد نیاز سالانه) افزایش داده شود و در آبان ماه با مصرف 15 درصد مصرف سالانه، کوددهی متوقف شود و در مناطق با اقلیم گرم مانند بندرعباس (ابراهیم آباد و نازدشت) و دزفول، کوددهی پتاسیم با 5 درصد نیاز سالانه در نیمه دوم بهمن ماه شروع شود و در اردیبهشت و خرداد ماه به بیشترین مقدار (به ترتیب 15 و 20 درصد نیاز سالانه) افزایش داده شود و در نیمه اول تیر ماه، با مصرف 5 درصد نیاز سالانه، مصرف کودهای پتاسیمی متوقف شود. سپس در نیمه دوم شهریور ماه با مصرف 5 درصد مصرف سالانه، کوددهی پتاسیم دوباره آغاز شود و در آبان ماه به بیشترین مقدار مصرف (15 درصد نیاز سالانه)، افزایش یابد و در آذرماه نیز کوددهی متوقف شود.

3. به علت نقش کودهای پتاسیمی در اندازه، کیفیت و زمان انبارمانی میوه، توصیه می‌شود مقدار پتاسیمی که بر اساس تفسیر نتایج تجزیه خاک، برگ و عملکرد برای یک سال زراعی درختان بارده مرکبات تعیین می‌شود در مناطق شمالی حدود 10 درصد آن خرداد، 30 درصد تیر، 30 درصد مرداد و 30 درصد شهریور (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند)، در مناطق جنوبی (استان فارس و کرمان) حدود 10 درصد آن در اردیبهشت، 20 درصد خرداد، 20 درصد مرداد، 25 درصد شهریور و 25 درصد مهر (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) و در مناطق جنوبی (هرمزگان) حدود 10 درصد فروردین، 20 درصد اردیبهشت، 20 درصد خرداد و 10 درصد نیمه اول تیر، 10 درصد نیمه دوم مرداد، 20 درصد شهریور و 20 درصد مهر (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) مصرف شود.

4. به طور کلی محلول‌پاشی‌های ضروری پتاسیم متناسب با فنولوژی درختان برای باغ‌های مرکبات در مناطق شمال و جنوب کشور شامل محلول‌پاشی مونوپتاسیم فسفات (با غلظت 3 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) یا نترات پتاسیم (با غلظت 3 در هزار)، اسید فسفریک (با غلظت نیم تا یک در

هزار) و اوره (با غلظت 2 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) از تشکیل میوه تا شروع ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه)، محلول پاشی مونوپتاسیم فسفات (با غلظت 4 تا 6 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) یا نیترات پتاسیم (با غلظت 4 تا 6 در هزار)، اسید فسفریک (با غلظت نیم تا یک در هزار) و اوره (با غلظت 2 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) از اواسط تا اواخر فاز دوم رشد میوه و محلول پاشی مونوپتاسیم فسفات (با غلظت 5 تا 10 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) یا نیترات پتاسیم (با غلظت 5 تا 6 در هزار)، اسید فسفریک (با غلظت یک در هزار) و اوره (با غلظت 3 تا 4 در هزار) با مویان (با غلظت نیم در هزار) بلافاصله پس از برداشت میوه است.

منابع

1. اسدی کنگرشاهی، ع. 1398. مدیریت کوددهی درختان بارده مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران. صفحه 198.
2. اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. 1397. مدیریت احداث باغ پایدار مرکبات (با تاکید بر مطالعات خاکشناسی، تناسب اراضی، طراحی باغ و سیستم آبیاری، انتخاب پایه، کوددهی، آبیاری و). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
3. اسدی کنگرشاهی، ع.، اخلاقی امیری، ن. و فلاح، ع.ر. 1398. راهنمای نمونه برداری و تفسیر نتایج تجزیه خاک و برگ برای درختان مرکبات. نشریه فنی شماره 561. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
4. اسدی کنگرشاهی، ع. و همکاران. 1396. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه درختان مرکبات در شمال و جنوب کشور. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج، ایران.
5. اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. 1395. تاثیر کاربرد پتاسیم در مراحل مختلف فنولوژی بر عملکرد و کیفیت میوه نارنگی انشو. پژوهش های خاک، جلد 30، شماره 3. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
6. اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. 1395. سرمازدگی درختان میوه (مبانی، اصول و راهکارهای عملی کاهش خسارت)، جلد اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
7. اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
8. اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد دوم. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
9. اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. 1392. خشکیدگی سرشاخه ها، زوال مرکبات و برخی آسیب های محیطی مرکبات شرق مازندران. نشریه فنی ترویجی، سازمان جهاد کشاورزی مازندران. شماره 92/217/01.

10. اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. 1390. شناخت برخی آسیب‌های محیطی و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مرکبات. نشریه فنی شماره 501، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
11. اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. 1382. اثر پتاسیم، منیزیم و برهمکنش آنها بر عملکرد و کیفیت مرکبات. سومین کنگره علوم باغبانی ایران، کرج، ایران.
12. اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. محمودی، م. و ملکوتی، م.ج. 1380. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در مرکبات مازندران (محدودیت‌ها و توصیه‌ها) قسمت اول - عناصر پر مصرف و میان مصرف. نشریه فنی شماره 268، نشرآموزش کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.
13. ملکوتی، م.ج.، شهابی، ع.ا. و بازرگان، ک. 1395. پتاسیم در کشاورزی (نقش پتاسیم در تولید محصولات کشاورزی سالم). انتشارات مبلغان، تهران، ایران.
14. محمودی، م.، شهابیان، م. و ملکوتی، م.ج. 1384. تاثیر پتاسیم بر عملکرد و خواص کیفی پرتقال تامسون ناول. نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، ایران.
15. نورقلی‌پور، ف. و ملکوتی، م.ج. 1384. نقش پتاسیم در افزایش مقاومت به تنش خشکی در گیاهان. نشریه فنی 445، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج، ایران.
16. یاسینی، ک.، ملکوتی، م.ج.، اسدی کنگرشاهی، ع. و رودباری، س. 1400. مطالعه دو ساله تاثیر تغذیه متعادل بر عملکرد، کیفیت و تحمل به تنش سرما در میوه پرتقال. تغذیه گیاهان باغی، جلد 4، شماره 2، تهران، ایران.
17. Achilea, O. 2000. Citrus and Tomato Quality is Improved by Optimized K Nutrition. In: Improved Crop Quality by Nutritional Management, (Eds.) D. Anac and Martin-Preval. Kluwer Academic Publishers, pp: 19 – 22.
18. Agusti, M., Martinez-Fuentes, A. and Mesejo, C. 2002. Citrus fruit quality. Physiological basis and techniques of improvement. Agrociencia. 4: 1-16.
19. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi, N. 2008. Investigation of physicochemical condition and fertilization methods to citrus gardens of Mazandaran, Iran. 11th International Citrus Congress (ICC2008), Wuhan, China.

20. Bashour, I. and Sayegh, A.A. 2007. Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. P. 49-53.
21. Berger, H., Opazo, J., Drellana, S. and Galletti, L. 1996. Potassium fertilizers and orange postharvest quality. *proc. Int. Soc. Citriculture*. Vol.2, p.759- 761.
22. Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plants. Jena: Gustav Fischer Verlag. 353 p.
23. Boman, B.J. 1997. Effectiveness of fall potassium sprays on enhancing grapefruit size. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 110:1-7.
24. Boman, B.J. 1998. Post bloom and summer foliar K effects on grapefruit size. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 111: 128 – 135.
25. Boman, B.J. 2001. Foliar nutrient sprays influence yield and size of 'Valencia' orange. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 114:83-88.
26. Boman, B.J., Obreza ,T.A. and Morgan, K.T. 2008. Citrus best management practices: fertilizer rate recommendation and precision application in Florida. *Proc. Inter. Soc. Citriculture*. 1: 573 – 578.
27. Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *J. Plant Nutrition and Soil Science*. 168: 521-530.
28. Cakmak, I. and Engels, C. 1999. Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In: *Mineral nutrition of crops: Mechanism and implications*. Z. Rengel (ed.). The Haworth Press, NewYork. pp. 141-168.
29. Cakmak, I., Hengeler, C. and Marchner, H. 1994. Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *J. Exp. Bot.* 45: 1251 – 1257.
30. Calvert, D.V. 1969. Spray application of potassium nitrate for citrus on calcareous soil. *Proceedings 1st International Citrus Symposium*. 24-27.
31. Calvert, D.V. and Smith, R.C. 1972. Correction of potassium deficiency of citrus with KNO₃ sprays. *J. Agric. Food. Chem.* 20: 659 -661.
32. Chapman, H.D. 1968. The mineral nutrition of citrus. P. 127-233. In: W. Reuther, L.D. Batchelor and H.J. Webber (eds.). *The citrus industry*. Vol. II. Univ. California, Berkeley.
33. Citrus Research Intl. Production Guidelines. 2007. *Integrated Citrus Production: Vol. II. Physiological disorders: Section VI*. Citrus Res. Intl., Nelspuit, South Africa.
34. El-Darier, S.M. 1991. Mineral composition in the eco-systems of fruit trees in Egypt, Citrus reticulate, Blanco and Citrus aurantium L. *J. Islamic Academy of Sci.* 4: 211-220.
35. Erner, Y., Cohen, A. and Mangen, H. 1999. Fertilizing for high yield citrus. 2nd Edition. International Potash Institute, Bulletin No.4.12-34.

36. Erner, Y., Kaplan, Y. Artzi, B. and Hamou, M. 1993. Increasing citrus fruit size using auxins and potassium .329: 112- 119.
37. Grierson, W. 1981. Physiological disorders of citrus fruits. Proc. Int. Soc. Citriculture. 3: 764-767.
38. Hopkins, W.G. and Huner, N.P.A. 2004. Plant and Inorganic Nutrient. P. 241-257. Introduction to plant physiology. 3rd ed. John Wiley and Sons. Inc. Publishers.
39. Karley, A.J. and White, P.J. 2009. Moving cationic minerals to edible tissues: Potassium, magnesium, calcium. Current Opinion in Plant Biology. 12: 291–298.
40. Lovatt, C.J. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient application to increase fruit set and size. Horttechnology. 9: 606-612.
41. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition Academic Press, San Diego. 889pp.
42. Mengel, K. and Kirkby, E.A. 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 848pp.
43. Monselise, S.P. 1997. Citrus fruit development: Endogenous systems and external regulation. Proc. Int. Soc. Citricult. 2: 664-668.
44. Mostafa, E.A.M. and Saleh, M.M.S. 2006. Response of Baledy mandarin trees to girdling and potassium sprays under sandy soil condition. Res. J. Agric and Biol. Sci. 2: 137-141.
45. Obreza, T.A. and Morgan, K.T. 2011. Nutrition of Florida Citrus Trees. UF, University of Florida, IFAS Extension.
46. Page, A.L., Nartin, J.P. and Ganje, T.J. 1963. Foilar absorption and translocation of potassium by citrus. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 82: 165-171.
47. Rahman, G.F., Mohamed, H.M. and Tayh, A.H. 2012. Effect of GA3 and potassium nitrate in different Dates on fruit set, yield and splitting of Washington navel orange. Nature and Science. 10: 148- 157.
48. Roberts, T.L. 2008. Improving nutrient use efficiency. IFA Agriculture Conference, 27Feb. Kunming China.
49. Sarrwy, S.M.A., Heikh, M.H.S. kabeil, S. and Shamseldin, A. 2012. Effect of foliar application of different potassium forms supported by zinc and leaf mineral contents, yield and fruit quality of Baledymandrine trees. Middle-East Journal of Scientific Research. 12: 490-498.
50. Srivastava, A.K. and Singh, S. 2003. Citrus Nutrition. International Book Distributing Co. INDA.
51. Tucker, D.P.H., Alva, A.K. Jackson, L.K. and Wheaton, T.A. 1995. Nutrition of Florida Citrus. Univ. Fla., IFAS, SP-169. 61pp.
52. Wunche, J.N., Bowen, J. Woolf, A. and McGhie, T. 2004. Sunburn on apples – causes and control mechanisms. Acta Hort. 636: 631 – 636.



Islamic Republic of Iran



MINISTRY OF AGRICULTURE – JAHAD
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil and Water Research Institute of Iran

Potassium and its Application Management in Citrus Trees

A.Asadi Kangarshahi and N. Akhlaghi Amiri

2023

