**وزارت جهاد کشاورزی**
**سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی**
**موسسه تحقیقات علوم باغبانی**
**پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری**

# کاربرد کود آبیاری در مرکبات

زمستان 96

بسمه تعالی

**وزارت جهاد کشاورزی**
**سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی**
**موسسه تحقیقات علوم باغبانی**
**پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری**

**نشریه فنی**

# کاربرد کودآبیاری در مرکبات

تالیف:

**طاهره رئیسی**

**بیژن مرادی**

اعضاء هیات علمی پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی.

# شناسنامه


| | |
|---|---|
| نام نشریه | : کاربرد کودآبیاری در مرکبات |
| نویسندگان | : طاهره رئیسی و بیژن مرادی |
| ویراستار علمی و ادبی | : علی اسدی کنگرشاهی، هرمز عبادی و علیرضا شیخ‌اشکوری |
| طراحی و صفحه آرایی | : طاهره رئیسی |
| ناشر | : کمیته انتشارات پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری |
| شمارگان | : الکترونیکی |
| سال انتشار | : 1396 |
| نشانی | : رامسر، خیابان استاد مطهری، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری |



تلفن: 01155225233- دورنگار: 01155223282 – صندوق پستی: 46915335

**Email:** citrus.press@yahoo.com



**این نشریه به شماره 52872 مورخ 96/10/09 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی ثبت شده است.**

**فهرست** **صفحه**


1- **مقدمه**.....1
2- **مزایای کودآبیاری**.....3
3- **معایب کودآبیاری**.....3
4- **روش های مصرف کود در کودآبیاری**.....5
5- **آماده‌سازی محلول‌های مادر عناصر غذائی برای کودآبیاری**.....6
6- **منابع کودی مورد استفاده در روش کودآبیاری**..... 7
6-1- حلالیت کودها..... 8
6-2- اثرات متقابل کودها در محلول..... 9
7- **مدیریت کودآبیاری**.....11
8- **پاسخ درختان مرکبات به کودآبیاری**..... 13
8-1- کودهای نیتروژن..... 14
8-2-2 کودهای فسفر..... 17
8-3- کودهای پتاسیم..... 18
8-4- سایر عناصر غذائی پرمصرف..... 20
8-5- نحوه تبدیل کردن کود مایع به کود جامد..... 20
9- **نتیجه‌گیری**.....22
10- **منابع**.....22

## 1- مقدمه

مرکبات دومین صنعت بزرگ میوه در تجارت جهانی است و این صنعت می‌تواند در اقلیم‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری با خاک مناسب، دمای هوای متوسط و رطوبت دائمی هوا، گسترش یابد (31). در ایران نیز مرکبات، یکی از محصولات باغی استراتژیک است که با تولید سالیانه 4 میلیون و 345 هزار تن، مقام اول را در بین تولیدات باغی کشور به خود اختصاص داده است (1).

با افزایش تقاضای جهانی برای غذا (به ویژه موادی با ارزش غذائی بالا از قبیل گوشت، میوه و سبزیجات)، مقدار مصرف کودها نیز افزایش یافته است. به‌طوری‌که میانگین مصرف جهانی کود از سال زراعی 2008 تا 2012 حدود 1/7 درصد افزایش داشته‌است (13). این افزایش معادل حدود 1/5 میلیون تن کود در سال است. در مورد سه عنصر اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، حدود 69 درصد این رشد مربوط به کشورهای آسیایی و حدود 19 درصد مربوط به آمریکا می-باشد (13). سهم و نرخ مصرف جهانی کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در جدول 1 آورده شده است.

**جدول 1- مصرف کود در مناطق مختلف طی سال‌های 2007/2008-2011/2012**

| کود | نیتروژن | | فسفر | | پتاسیم | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | سهم از مصرف جهانی (درصد) | رشد سالانه (درصد) | سهم از مصرف جهانی (درصد) | رشد سالانه (درصد) | سهم از مصرف جهانی (درصد) | رشد سالانه (درصد) |
| جهان | | 1/4 | | 2/0 | | 2/4 |
| آفریقا | 3/4 | 2/9 | 2/5 | 1/0 | 1/6 | 2/0 |
| آمریکا شمالی | 13/5 | 0/3 | 12/0 | 0/5 | 17/1 | 0/7 |
| آمریکا لاتین | 6/3 | 2/4 | 13/0 | 2/8 | 17/5 | 2/9 |
| اسیا غربی | 3/5 | 1/7 | 3/3 | 1/0 | 1/4 | 2/4 |
| آسیا جنوبی | 19/6 | 2/2 | 20/5 | 3/5 | 10/9 | 4/2 |
| آسیا شرقی | 38/3 | 1/3 | 36/1 | 1/9 | 35/2 | 3/3 |
| اروپای مرکزی | 2/7 | 1/8 | 1/5 | 1/2 | 2/4 | 1/0 |
| اروپا غربی | 8/0 | -0/3 | 5/6 | -0/7 | 9/5 | 0/0 |
| اروپای شرقی + آسیا مرکزی | 3/0 | 2/7 | 2/0 | 4/5 | 3/1 | 1/6 |
| اقیانوسیه | 1/4 | 4/9 | 3/5 | 1/7 | 1/3 | 2/1 |

گرفته شده از فائو (2008)

شایان ذکر است که مصرف نامناسب کودها در چند دهه اخیر، منجر به مشکلات زیست‌محیطی از قبیل اتروفیکاسیون، آلودگی و کاهش قابلیت تولید خاک شده است. بنابراین مصرف بهینه کودها به همراه دیگر نهاده‌های کشاورزی (بذور، آفت‌کش‌ها، آب، ادوات کشاورزی و غیره) باید در دستورکار بهره‌برداران قرار گیرد. علاوه براین، باید هم‌زمان از تکنولوژی‌های جدید نیز کمک گرفت و قوانین دولتی مناسب نیز در راستای تولید میوه‌های سالم و با کیفیت بالا، وضع گردد.

به‌طورکلی، آبیاری و تغذیه معدنی ( به ویژه نیتروژن و پتاسیم) مهمترین عملیات مدیریتی مؤثر بر کیفیت میوه مرکبات می‌باشند (33). کودآبیاری، مصرف کودهای محلول همراه با آب آبیاری است که از دهه 1960 در تولید مرکبات به کارگرفته شده است (28). در روش کودآبیاری، کودها مطابق با نیاز گیاه به آب و کود و متناسب با مرحله رشد گیاه برای دستیابی به عملکرد مطلوب بکار برده می‌شوند. توسعه روش‌های آبیاری میکرو (آبیاری قطره‌ای و بارانی)، استفاده از کودآبیاری را برای درختان میوه از جمله مرکبات تسهیل کرده است (28). البته نیتروژن را می‌توان به صورت تقسیطی همراه با آبیاری غرقابی نیز مصرف کرد اما این روش چندان متداول نیست. کودآبیاری موجب افزایش راندمان جذب عناصر غذائی و کاهش آبشوئی عناصر غذائی از منطقه ریشه می‌شود. بنابراین این روش کودهی می‌تواند عملکرد کمی و کیفی محصول نسبت به روش‌های معمول مصرف کودهای خشک در خاک را افزایش دهد. کودآبیاری در بسیاری از مناطق تولید مرکبات مانند مناطق مدیترانه‌ای، آفریقا جنوبی و ایالت متحده بسیار متداول است. اما متاسفانه در اکثر مناطق کشور ما، هنوز کودها به روش معمولی (مصرف به صورت خشک در خاک) مصرف می‌شوند که دلایل آن به طور عمده عدم شناخت علمی باغداران، نبود تجهیزات کودآبیاری، شرایط توپوگرافی، کیفیت نامناسب آب آبیاری و غیره است. هدف از نشریه حاضر بررسی مزایا و معایب کودآبیاری، شناخت روش‌های مناسب کودآبیاری و روش مناسب کودآبیاری برای درختان مرکبات براساس پژوهش‌ها و کارهای میدانی در مناطق تولید کننده مرکبات در ایران و دنیا می‌باشد.

## 2- مزایای کودآبیاری

مزایای استفاده از کودآبیاری نسبت به روش‌های معمولی مصرف کودها به شکل خشک در خاک عبارتند از(28):

- در روش کودآبیاری به دلیل عدم‌استفاده از تجهیزات سنگین برای پخش کود در سطح مزرعه، فشردگی خاک کاهش می‌یابد،
- در روش کودآبیاری، عناصر غذائی به صورت محلول استفاده می‌شوند بنابراین نسبت به کودهای خشک برای گیاه قابل‌دسترس‌تر می‌باشند،
- رشد و عملکرد درختان در صورت کاربرد عناصر غذائی در مقادیر کم اما به‌طور پیوسته نسبت به کاربرد سنگین یکباره کود افزایش می‌یابد (4 و 24)
- در روش کودآبیاری، عناصر غذائی را می‌توان در مقادیر مناسب و در زمان مناسب، متناسب با نیاز گیاه در محدوده رشد ریشه درختان قرار داد.

## 3- معایب کودآبیاری

- هزینه زیاد نصب و نگهداری سیستم کودآبیاری، به طوری که ممکن است برای برخی تولیدکننده‌های خرد مرکبات مقرون به صرفه نباشد.
- اگر سیستم‌های آبیاری به خوبی طراحی نشوند، توزیع نامناسب کود و آب ممکن است منجر به رشد نامتعادل درختان و یا حتی زوال و مرگ برخی از درختان شود،
- کیفیت آب برای کودآبیاری از اهمیت زیادی برخوردار است. آب‌های با پاچ و مقادیر کلسیم و منیزیم بالا، ممکن است منجر به رسوب فسفر و هم‌چنین کربنات کلسیم در سیستم آبیاری شوند. علاوه‌براین، آب‌های با مقادیر بالای نمک برای کودآبیاری مناسب نیستند. زیرا برخی منابع نیتروژن و پتاسیم از قبیل نیترات

آمونیوم و کلرید پتاسیم باعث افزایش کل مواد جامد محلول در آب آبیاری شده و ممکن است به درخت آسیب برسانند. در واقع هر منبع آب آبیاری مقداری نمک و یک فشار اسمزی دارد که مقدار این فشار اسمزی آب با افزودن کود به آن افزایش می‌یابد. در این شرایط، افزایش فشار اسمزی در محیط ریشه، جذب آب و عناصر غذائی برای گیاه مشکل‌تر می‌شود (16). بنابراین برای کودآبیاری، کودهایی باید استفاده گردند که حداقل افزایش را در فشار اسمزی آب آبیاری ایجاد نمایند. برای محاسبه قدرت یونی و پ-اچ یک محلول می‌توان از برنامه Geochem استفاده نمود. حساسیت مرکبات به شوری بسته به نوع پایه و رقم متفاوت است. علاوه بر نوع گیاه، شرایط خاک و اقلیم نیز بر حساسیت گیاه نسبت به شوری تأثیرگذار می‌باشد. درختان مرکبات به ویژه سه برگچه‌ای‌ها به نمک حساس می‌باشند. بنابراین، شوری آب قبل از بکارگیری روش کودآبیاری و هم‌چنین پس از تزریق کود باید کنترل گردد. گروه بندی کیفی آب از نظر درصد خطر انسداد منافذ قطره‌چکان‌ها در آبیاری میکرو نیز در جدول 2 آورده شده است.

**جدول 2- گروه بندی کیفی آب از نظر انسداد منافذ قطره‌چکان‌ها (10)**

| فاکتور مسدود کننده قطره‌چکان‌ها | خطر انسداد منافذ | | |
|---|---|---|---|
| | کم | متوسط | شدید |
| **فیزیکی (میلی‌گرم بر لیتر)** | | | |
| مواد جامد معلق | <50 | 50-100 | >100 |
| **شیمیائی (میلی‌گرم بر لیتر)** | | | |
| پ-اچ | <7/0 | 7/0-8/0 | >8 |
| مواد جامد محلول | <500 | 500-2000 | >2000 |
| منگنز | <0/1 | 0/1-1/5 | >1/5 |
| اهن | <0/2 | 0/2-1/5 | >1/5 |
| سولفید هیدروژن | <0/2 | 0/2-2/0 | >2/0 |
| **بیولوژی (تعداد در میلی‌لیتر)** | | | |
| جمعیت باکتری | <10000 | 10000-50000 | >50000 |

## 4 - روش های مصرف کود در کودآبیاری

در سیستم کودآبیاری امکان تنظیم مقدار مصرف کود و طول دوره کاربرد کود وجود دارد به طور کلی چهار روش کودآبیاری متداول است (28):

- مصرف مداوم و پیوسته کود: کود با مقدار ثابت همراه با آب از شروع تا پایان آبیاری استفاده می‌شود.
- مصرف کود در مرحله وسط آبیاری: مرحله اول آبیاری بدون تزریق کود؛ مرحله دوم تزریق کود به سیستم آبیاری، زمانی که خاک خیس شد؛ مرحله سوم تزریق کود متوقف شده و اما آبیاری برای تمیز کردن سیستم ادامه دارد.
- مصرف کود متناسب با مقدار مصرف آب: سرعت تزریق کود متناسب با سرعت تخلیه آب است برای مثال یک کیلوگرم کود به ازای هر 100 لیتر آب آبیاری مصرف می‌شود. این روش بسیار ساده است و امکان مصرف بیشتر کود متناسب با شدت فعالیت درختان و تقاضای بیشتر آب را فراهم می‌کند.
- مصرف کود متناسب با نیاز قسمت‌های مختلف باغ: کودها براساس مقادیری که از قبل برای هر بلوک محاسبه شده است، مصرف می‌شود. برای مثال 20 کیلوگرم کود به ازای بلوک A، 40 کیلوگرم به ازای بلوکB. در این روش عناصر غذائی کاملاً کنترل شده مصرف می‌شوند.

نکته: زمان مورد نیاز برای حرکت آب آبیاری از نقطه تزریق کود به دورترین خروجی (برای مثال قطره‌چکان) تعیین‌کننده زمان لازم برای خروج مواد از سیستم می‌باشد. زمان فوق‌الذکر از فرمول $T = D/V$، که در آن: T زمان لازم خروج مواد کودی از سیستم؛ D مسافتی که محلول کود باید طی کند یا طول لوله که آب ابیاری در سرتاسر آن جریان دارد و V سرعت آب آبیاری، قابل محاسبه است (14). مثلا اگر سرعت حرکت آب در سیستم تقریبا 0/3 متر در ثانیه و طولانی‌ترین مسیر 400 متر باشد، لازم است 22 دقیقه قبل از پایان آبیاری تزریق مواد شیمیایی قطع شود.

## 5- آماده‌سازی محلول‌های مادر عناصر غذائی برای کودآبیاری

در روش کودآبیاری معمولاً محلول‌های غذائی با غلظت بالا در تعدادی تانک از قبل آماده می‌شوند. سپس، محلول‌ها با نرخی مناسب در آب آبیاری تزریق می‌گردند. این محلول‌های غذائی غلیظ، محلول مادر یا استوک نامیده می‌شوند. مزیت اصلی این روش کاهش تعداد دفعاتی است که محلول غذائی باید آماده شود. بنابراین با استفاده از این روش می‌توان در زمان و نیرو صرفه‌جوئی کرد. در این روش، شوری و نیز نسبت بین عناصر غذائی در محلول نهائی قابل تنظیم می-باشد. زیرا باغدار قادر است نسبت‌های مختلفی از هر تانک مادر را در آب آبیاری تزریق کند.

ساده‌ترین روش برای محاسبه مقدار کود مورد نیاز در هر بار کودآبیاری از تقسیم کردن مقدار نیاز سالانه کاربرد کود بر تعداد دفعات آبیاری به دست می‌آید. این روش برای آب‌های که شوری کمی دارند قابل توصیه می‌باشد. در واقع حداکثر غلظت کود در خروجی قطره‌چکان‌ها باید هدایت الکتریکی کمتر از 0/5 دسی‌زیمنس بر متر داشته باشد. در غلظت‌های بالاتر کود، مقدار شوری در منطقه توسعه ریشه باید به طور مداوم بررسی شود و کاربرد کود مطابق با نتایج آزمون خاک تنظیم گردد. هم‌چنین باید به این موضوع توجه کرد که در کودآبیاری دانستن این امر به تنهائی که چه مقدار کود باید به کار برده شود کافی نیست. فاکتورهای دیگری نیز در آماده‌سازی محلول مادر کود باید مورد توجه قرار گیرند. مهمترین این فاکتورها عبارتند از: سازگاری کودها، تعداد تانک کود، حلالیت کودها، نرخ تزریق یا زمان تزریق، نوع کودهای مورد استفاده، استفاده از کلات‌ها، اثر متقابل کود با آب (آنتالپی یا گرمای واکنش، واکنش با سایر عناصر غذائی موجود در آب).

نکته: نوع کود مورد استفاده و سازگاری آنها با یکدیگر تعیین کننده حداقل تعداد تانک کود مورد نیاز است. کیفیت آب آبیاری و قابلیت دسترسی عناصر غذائی در خاک نیز بر تعداد تانک کود تاثیرگذار می‌باشند. زیرا عوامل ذکر شده تعیین کننده نوع کود مورد استفاده هستند.

اگر منبع آب حاوی عناصر غذائی ضروری از قبیل گوگرد، منیزیم و کلسیم در مقادیر کافی باشد، لزومی به استفاده از کودهای حاوی این سه عنصر برای کودآبیاری وجود نخواهد داشت. معمولاً اگر نیاز است که از کودهای حاوی عناصر کلسیم، منیزیم و گوگرد در کودآبیاری استفاده گردد، استفاده از 4-2 تانک کود ضروری است. برای مثال، فرض کنید کودهای که در سیستم کودآبیاری باید استفاده شوند شامل نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم، مونوآمونیوم فسفات و سولفات منیزیم باشد. در این مورد حداقل سه تانک کود مورد نیاز است. نیترات کلسیم با مونوآمونیم فسفات و سولفات منیزیم ناسازگار است و سولفات منیزیم با مونوآمونیوم فسفات. یک راه‌حل این است که سه تانک کود در نظر گرفته شود تانک اول حاوی محلول کودی مونوآمونیم فسفات، تانک دوم حاوی محلول کودی نیترات کلسیم+نیترات پتاسیم و تانک سوم حاوی محلول کودی سولفات منیزیم.

نکته: در صورتیکه که قرار است دو کود سازگار را در یک تانک حل کنید، به اثر یون مشترک توجه شود. برای مثال نیترات پتاسیم و سولفات پتاسیم کودهای سازگاری هستند. بنابراین می‌توان این دو کود را در یک تانک حل نمود، اما هر دو کود حاوی کاتیون پتاسیم می‌باشند. بنابراین در اینجا اثر یون مشترک وجود دارد و این یون باعث کاهش حلالیت کودهای می‌گردد (کودهای کم سازگار، جدول 4).

## 6 - منابع کودی مورد استفاده در روش کودآبیاری

دامنه وسیعی از کودها چه جامد و چه مایع با توجه به خصوصیات فیزیکی-شیمیائی کودهای جامد یا مایع می‌توانند در سیستم کودآبیاری مصرف شوند. چهار عامل اصلی در انتخاب کودها برای کودآبیاری باید مورد توجه قرار گیرد (17):

- نوع گیاه و مرحله رشد
- شرایط خاک
- کیفیت آب
- قابلیت دسترسی به کود و قیمت آن

کود مورد استفاده در کودآبیاری باید دارای حلالیت بالا، خلوص بالا، ضریب نمکی پایین و پ-اچ مناسب باشند. در روش کودآبیاری، کود به همراه آب آبیاری استفاده می‌شود و کود نیز یک نمک است پس باید برخی ویژگی‌های کود در انتخاب نوع کود برای کودآبیاری مدنظر قرار داده شود:

## 6 - 1 - حلالیت کودها

کودهای جامد باید حلالیت بالائی در آب داشته و کاملاً محلول در آب باشند. کودهای نامحلول در تانک آب رسوب کرده و منجر به گرفتگی تجهیزات آبیاری می‌شوند و مقدار کود قابل دسترس برای گیاه کاهش می‌یابد. حلالیت کود از طریق اندازه‌گیری حداکثر مقدار کودی که می‌تواند در یک حجم مشخص از آب حل شود بدون اینکه رسوبی تشکیل گردد، تعیین می‌شود. حلالیت هر کود به دمای آب وابسته است. معمولاً با افزایش دما حلالیت اکثر کودها افزایش می‌یابد. بنابراین، در دمای پایین، محلول‌های مادر کودی باید به‌صورت رقیق‌تر تهیه شوند. در دماهای بالاتر می‌توان غلظت محلول‌های مادر کودی را افزایش داد. درجه حلالیت کودها بر اساس نوع کود و کشور تولیدکننده آن متفاوت است. حلالیت، پ-اچ و برخی خصوصیات دیگر تعدادی از کودهای مورد استفاده در روش کودآبیاری در جدول 3 آورده شده است.

**جدول 3- حلالیت، پ-اچ و دیگر خصوصیات برخی کودهای مورد استفاده در سیستم کودآبیاری (17)**

| کود | حداکثر کیلوگرم کود قابل حل در 100 لیتر آب در دمای 20 درجه سلیسیوس | زمان لازم برای انحلال (دقیقه) | پ-اچ محلول | درصد مواد نامحلول | خوردندگی |
|---|---|---|---|---|---|
| اوره | 105 | 20[1] | 9/5 | ناچیز | - |
| نیترات آمونیوم | 195 | 20[1] | 5/62 | - | آهن گالوانیزه و برنج |
| سولفات آمونیوم | 43 | 15 | 4/5 | 0/5 | فولاد نرم |
| مونوآمونیوم فسفات | 40 | 20 | 4/5 | 11 | فولاد کربنی |
| دی‌آمونیوم فسفات | 60 | 20 | 7/6 | 15 | فولاد کربنی |
| کلرید پتاسیم | 34 | 5 | 7/0-9/0 | 0/5 | برنج و فولاد نرم |
| سولفات پتاسیم | 11 | 5 | 8/5-9/5 | 0/4-4 | فولاد نرم |
| مونوپتاسیم فسفات | 213 | - | 8/5±0/5 | ۰/۱> | - |
| نیترات پتاسیم | 31 | 3 | 10/8 | 0/1 | فلزات |

1-با انحلال این کود دما تا حدود صفر درجه کاهش می‌یابد، بنابراین زمان انحلال طولانی‌تر می‌شود.

## 6 - 2 - اثرات متقابل کودها در محلول

علاوه براینکه کود مورد استفاده در روش کودآبیاری باید از حلالیت بالائی برخوردار باشد، این کود باید با دیگر کودهای مورد استفاده در سیستم نیز سازگاری داشته باشد. نوع کودهای که معمولاً در روش کودآبیاری استفاده می‌شوند و سازگاری آنها در جدول 3 آورده شده است (26). تعدادی از مواد کودی با یکدیگر واکنش داده، تشکیل رسوب می‌دهند. برای مثال کودهای حاوی کلسیم نباید با کودهای حاوی سولفات و یا فسفات مخلوط شوند (رابطه 1). بنابراین، کودهای ناسازگار باید در تانک‌های جداگانه حل گردند.

$$Ca(NO_3)_2+(NH_4)_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4\downarrow$$

سولفات آمونیم نیترات کلسیم  رسوب سولفات کلسیم  (رابطه 1)

علاوه براین، حلالیت و قدرت رسوب کودها با ترکیبات شیمیایی موجود در آب منطقه باید بررسی گردد. بدین منظور قبل از استفاده از یک منبع کودی جدید، 50 میلی‌لیتر از محلول کودی با یک لیتر از آب منطقه مخلوط گردد و علائم رسوب (حالت ابری شدن) طی 2-1 ساعت پس از انحلال بررسی گردد و در صورت مشاهده علائم رسوب از استفاده از این کود در سیستم آبیاری باید اجتناب کرد (17). هم‌چنین، دمای مخلوط چند نوع کود تحت شرایط مزرعه باید بررسی گردد. برخی کودها به تنهائی و یا در ترکیب با دیگر کودها ممکن است دمای محلول را تا حد انجماد کاهش دهد. به هرحال، درصورت خرید کودهای مایع آماده برای استفاده، واکنش‌های گرمائی رخ نمی‌دهد و بنابراین غلظت بالاتری از کودهای مایع را می‌توان استفاده نمود.

لازم به ذکر است که کود مورد استفاده باید اثرات خورندگی پایین داشته تا به قسمت‌های مختلف سیستم آبیاری آسیبی وارد نسازد (جدول 3 ). اسیدیته محلول کودی تعیین کننده خطر خورندگی محلول می‌باشد. در واقع اگر پ-اچ محلول کودی اسیدی باشد احتمال خورندگی بیشتر خواهد بود و اگر پ-اچ محلول کودی، قلیائی باشد خطر انسداد منافذ وجود خواهد داشت (16). علاوه براین، شاخص نمکی کود (مقدار نمکی

## جدول 4- سازگاری کودها در روش کودآبیاری (17)

| منبع کود | اوره | نیترات آمونیوم | سولفات آمونیوم | نیترات کلسیم | نیترات پتاسیم | کلرید پتاسیم | سولفات پتاسیم | مونوآمونیوم فسفات | سولفات-میکرو | کلات-میکرو | سولفات منیزیم | اسید فسفریک | اسید سولفوریک | اسید نیتریک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اوره | - | | | | | | | | | | | | | |
| نیترات آمونیوم | ü | - | | | | | | | | | | | | |
| سولفات آمونیوم | ü | ü | - | | | | | | | | | | | |
| نیترات کلسیم | ü | ü | × | - | | | | | | | | | | |
| نیترات پتاسیم | ü | ü | ü | ü | - | | | | | | | | | |
| کلرید پتاسیم | ü | ü | ü | ü | ü | - | | | | | | | | |
| سولفات پتاسیم | ü | ü | R | × | ü | R | - | | | | | | | |
| آمونیوم فسفات | ü | ü | ü | × | ü | ü | ü | - | | | | | | |
| سولفات-میکرو | ü | ü | ü | × | ü | ü | R | × | - | | | | | |
| کلات-میکرو | ü | ü | ü | R | ü | ü | ü | R | ü | - | | | | |
| سولفات منیزیم | ü | ü | ü | × | ü | ü | R | × | ü | ü | - | | | |
| اسید فسفریک | ü | ü | ü | × | ü | ü | ü | ü | ü | R | ü | - | | |
| اسید سولفوریک | ü | ü | ü | × | ü | ü | R | ü | ü | ü | ü | ü | - | |
| اسید نیتریک | ü | ü | ü | ü | ü | ü | ü | ü | ü | × | ü | ü | ü | - |

**ü**: کودها بایکدیگر سازگارند (سازگار)، ×: کودها با یکدیگر سازگار (ناسازگار) نیستند، *: کودها با یکدیگر کمی‌سازگار (کم‌سازگار) هستند

که توسط کاربرد کود به محلول خاک اضافه می-شود)، باید پایین باشد تا گیاه آسیب نبیند. مقدار مواد نامحلول باید کمتر از 0/02 درصد باشد (26).

## 7 - مدیریت کودآبیاری

در سیستم کودآبیاری می‌توان کود را در مقدار، شکل و در زمانی که مورد نیاز گیاه است مصرف نمود. بنابراین برنامه‌ریزی کودآبیاری باید براساس نیاز تغذیه‌ای گیاه در مراحل مختلف فنولوژیکی تنظیم گردد. طبق منابع موجود عملکرد درختان بالغ و بارده در روش کودآبیاری نسبت به روش پخش سطحی کود جامد در خاک بیشتر می‌باشد (2 و 3). علاوه براین، رشد ریشه مرکبات و توزیع آنها با تغییر شرایط محیطی اطراف ریشه تغییر می‌کند. ریشه درختانی که آب را با تناوب بیشتر دریافت می‌کنند، بیشتر نزدیک سطح خاک مستقر می‌شوند، درحالی‌که ریشه درختانی که با فواصل زمانی بیشتر آبیاری می‌گردند به طور یکنواخت‌تری در نیمرخ خاک توزیع می‌گردند. علاوه براین، از آنجا که ریشه در تماس مستقیم با کود قرار دارد، تغییر در روش کاربرد کود نیز ممکن است بر نحوه‌ی توزیع ریشه مرکبات مؤثر باشد. علاوه بر این، اثر روش کاربرد کود بر توزیع ریشه حتی می‌تواند بیشتر از تاثیر روش کاربرد کود بر ترکیب معدنی برگ و یا عملکرد کمی و کیفی میوه باشد. تراکم ریشه در روش کودآبیاری در اطراف قطره‌چکان‌ها (شکل 1) نسبت به روش پخش سطحی کود بیشتر می‌باشد و با توجه به این موضوع که کود به ویژه کود نیتروژن در روش کوددهی کودآبیاری در منطقه که فعالیت ریشه‌ها بیشترین است قرار می‌گیرد، بنابراین کارائی مصرف کود نیتروژن در روش کودآبیاری نسبت به دیگر روش-های کوددهی از جمله پخش سطحی افزایش می‌یابد (34)

**شکل 1- تراکم ریشه‌ها در اطراف قطره‌چکان‌های در سیستم کودآبیاری**

باید همواره این نکته را نیز مدنظر قرار داد که کارآمدی کودآبیاری اغلب به کارآمدی سیستم آبیاری وابسته است. برتری سیستم کودآبیاری تنها زمانی مشهود است که برای رفع نیازهای آبی درخت برنامه آبیاری به درستی تدوین گردد و آب و کود به طور یکنواخت برای همه درختان توزیع شوند. به دلیل طبیعت خورندگی تعدادی از کودها، بخشی از سیستم آبیاری که در تماس با محلول کودی قرار می‌گیرد باید از جنس فولاد ضد زنگ، پلاستیک و یا دیگر مواد مقاوم باشد. غلظت کل عناصر غذائی در لوله اصلی نباید بیشتر از 5 گرم بر لیتر باشد و همواره کودها با حجم کافی از آب مخلوط شوند (28).

برای هر محصول، چندین برنامه کودی وجود دارد. کودآبیاری این امکان را به شما می‌دهد که برنامه کودی را طی فصل رشد تغییر داده و برای تولید میوه، گل، رشد سرشاخه‌ها و یا نمو ریشه با توجه به نظر باغدار می‌توان آن را تنظیم کرد. البته در یک برنامه جامع کودی، مصرف کودها باید براساس تجزیه برگ، خاک، مقدار میوه برداشتی و متناسب با نیازهای واقعی محصول تنظیم گردد. مخلوط کردن کودهای که کاملاً محلول در آب نیستند قبل از تزریق در سیستم ممکن است منجر به کاربرد غلظت‌های مختلف و یا انسداد سیستم گردد. شیرهای یک‌طرفه باید در برخی قسمت‌های سیستم جهت جلوگیری از بازگشت آب، محلول کود، محلول شیمیایی و سایر مواد در تانک کود و منبع تامین آب لازم است مستقر گردند (28).

توجه شود که کودآبیاری مقدار عناصر موجود در سیستم آبیاری را افزایش داده و منجر به افزایش جمعیت باکتری-ها، جلبک‌ها و لجن و گل در سیستم گردد. باکتری‌ها و جلبک‌ها باید از طریق تزریق هفتگی کلرین، و رسوبات در سیستم آبیاری از طریق تزریق اسید در سیستم پاکسازی می‌گردند. بدین‌منظور در سیستم آبیاری کلرین به‌صورت هفتگی از منبع هیپوکلرایت سدیم، هیپوکلرایت کلسیم و غیره در دقایق پایانی آبیاری به طوریکه که غلظت کلر فعال درخروجی قطره‌چکان تقریباً معادل یک میلی‌گرم بر لیتر (15 و 19) باشد و اسید از طریق تزریق اسید فسفریک، نیتریک، غیره هر شش هفته یکبار به‌طوریکه پ-اچ حدود شش الی هفت (15 و 19) تنظیم شود، تزریق می‌شوند. توجه شود که تزریق کلرین در سیستم نباید با تزریق کود همراه شود زیرا کلرین ممکن است با برخی عناصر غذائی واکنش شیمیایی داده و آنها را محبوس نموده و بنابراین عناصر را به شکل غیرقابل استفاده تبدیل نماید. قبل از آغاز یک برنامه کوددهی، سازگاری کودها و حلالیت آنها باید بررسی گردد (28).

## 8 - پاسخ درختان مرکبات به کودآبیاری

در اغلب مناطق تولید کننده مرکبات مقدار کود مورد استفاده برای درختان بارده بر اساس سابقه کوددهی، نتایج آزمون برگ، خاک و عملکرد این درختان تنظیم می‌شود. انتخاب منبع کودی به پ-اچ، مقدار کلسیم، منیزیم و مواد جامد محلول کل در آب آبیاری بستگی دارد. تناوب کاربرد کود به روش کودآبیاری به منطقه‌ای که مرکبات در آن رشد یافته از نظر بافت خاک و اقلیم وابسته است ولی به‌طور کلی دامنه تناوب کاربرد از روزانه تا هفتگی و یا دو هفته یکبار متغیر است. در ادامه مواردی کاربرد کود نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر کودها به روش کودآبیاری در تولید مرکبات آورده شده است.

## 8-1- کودهای نیتروژن

گیاهان غالباً نیتروژن را به‌صورت یون نیترات و یا آمونیوم از خاک جذب می‌کنند. مرکبات نیز قادرند هر دو یون را جذب نمایند، اما کارائی جذب این دو منبع نیتروژن به فاکتورهای زیادی از قبیل ترکیب یونی محیط، پ-اچ، دما، نور و قابلیت دسترسی کربوهیدرات‌ها برای گیاه بستگی دارد (18). منابع کودی نیتروژن عبارتند از:

- نیترات: نیترات آمونیوم
- آمونیوم: سولفات آمونیوم
- آمید: اوره
- کودهای مایع تجاری

کود اوره حاوی درصد نیتروژن بالائی است و تقریباً این کود کمترین قیمت به ازای هر کیلوگرم عنصر غذائی را در بین کودها دارد. علاوه براین، این کود حلالیت بالائی در آب دارد. با توجه به ویژگی‌های ذکر شده در مورد کود اوره، استفاده از این کود در سیستم کودآبیاری متداول می‌باشد. لازم به ذکر است، در شرایط سرد خاک طی فصل زمستان، کاربرد کود نیترات به دلیل پایین بودن دمای خاک ترجیح داده می‌شود.

تاثیر نیتروژن نسبت به سایر عناصر غذائی بر رشد و قابلیت تولید مرکبات بیشتر است (30). در بسیاری مناطق باغداران مرکبات بدون توجه به عملکرد و نتایج آزمون برگ و خاک مقادیر زیادی از کود نیتروژن را استفاده می‌کنند. امر فوق به کیفیت تجاری میوه آسیب وارد کرده و محصول مرکبات را کاهش داده و منجر به افزایش غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی خواهد شد. بررسی منابع نشان می‌دهد می‌توان مقدار کاربرد کود نیتروژن در باغات تجاری مرکبات (بیش از 240 کیلوگرم نیتروژن بر هکتار در سال) را با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای (حدود 15 درصد) کاهش داد (27). در ارتباط با زمان کاربرد کود نیتروژن، اگر آبیاری به روش غرقابی انجام شود، نیتروژن برداشت شده توسط گیاه حدود 20 درصد در کاربرد تابستانه نسبت به کاربرد بهاره

کود نیتروژن بیشتر می‌باشد. در مورد سیستم آبیاری قطره‌ای، بالاترین کارائی جذب نیتروژن زمانی بدست می‌آید که نیتروژن به صورت ماهانه و مطابق با منحنی جذب فصلی نیتروژن به کار رود. در مورد تقسیط نیتروژن باید گفت کاربرد این کود در چند نوبت منجر به افزایش کارائی جذب نیتروژن و تجمع کمتر نیترات باقیمانده در خاک می‌گردد (27).

علاوه براین، نتایج مطالعات درازمدت نشان می‌دهد کاربرد کود به همراه آب‌آبیاری در چندین نوبت در بسیاری موارد نسبت به کاربرد کود به روش پخش سطحی ارجحیت دارد (12). درختان گریپ‌فروتی که نیاز سالانه نیتروژن و پتاسیم آنها از طریق تقسیط مقدار کود مورد نیاز در سه نوبت تامین شده نسبت به درختانی که نیاز سالانه کودی آنها به صورت ترکیبی از کاربرد یک سوم کود در اواخر زمستان به صورت پخش سطحی و بقیه کود به صورت کودآبیاری در فواصل دو هفته ای از شروع بهار فراهم شده، عملکرد و مواد جامد محلول کمتری دارند (9).

در روش کوددهی کودآبیاری، خصوصیات کمی و کیفی پرتقال والنسیا رشدیافته در خاکی با پ-اچ اسیدی از برزیل وقتی نیترات کلسیم به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده شده بهتر از زمانی است که نیترات آمونیوم به‌عنوان منبع نیتروژن مورد استفاده قرار گرفته است (25). دلیل امر فوق اثر نیترات آمونیوم بر کاهش پ-اچ خاک و به دنبال آن سمیت آمونیوم به دلیل کاهش نیتریفیکاسیون، سمیت یون منگنز و نیز کاهش جذب یون کلسیم توسط گیاه می‌باشد. هم‌چنین، بهترین عملکرد پرتقال والنسیا در این منطقه با نسبت نیترات به آمونیوم در عصاره خاک برابر 8/5 به 1 بدست آمده است. هم‌چنین، بررسی منابع نشان می‌دهد با کاربرد نیتروژن به‌صورت کود آبیاری (آبیاری قطره‌ای+کود نیتروژن با غلظت 37 میلی‌گرم بر لیتر آب آبیاری) مقدار جذب کود نیتروژن به ویژه در ریشه و میوه‌ی درختان پرتقال هشت ساله نسبت به کاربرد پخش سطحی نیتروژن و انجام آبیاری غرقابی بیشتر بود (20). علاوه‌براین، با کاربرد ترکیبی 33 درصد نیاز سالانه به کود نیتروژن به صورت کاربرد کود جامد در خاک و افزودن بقیه نیاز نیتروژنه از طریق 18 نوبت کودآبیاری در فواصل دو هفته‌ای،

می‌توان مقدار عملکرد میوه درختان گریپ‌فروت را تا نه درصد افزایش داد (9). در درختان جوان مرکبات (سه تا پنج ساله) نیز می‌توان با کاربرد کود نیتروژن به شکل کندر و یا کاربرد کود در 30 نوبت از طریق کودآبیاری، عملکرد درختان را در مقایسه با کاربرد کود جامد در خاک و یا کاربرد کود در چهار نوبت به‌همراه آب آبیاری بهبود بخشید (21). بنابراین، کارائی مصرف نیتروژن عموماً با بکارگیری سیستم کودآبیاری در مقایسه با کاربرد کود جامد در خاک افزایش می-یابد.

علاوه بر مزیت‌های ذکر شده در مورد روش کودآبیاری نسبت به سایر روش‌های کاربرد کود خشک در خاک، سیستم آبیاری به‌طور مستقیم مقدار کود نیتروژن جذب شده توسط درخت، و مقدار کودی که در خاک مانده و یا وارد سیستم زهکشی شده را در باغ‌های مرکبات، تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بطوریکه معمولاً کارائی مصرف کود در روش کودآبیاری نسبت به سایر روش‌های کوددهی بیشتر می‌باشد. کوینونز و همکاران (27) گزارش کردند که با بکارگیری سیستم آبیاری قطره‌ای می‌توان درصد بازیافت نیتروژن را از 63 درصد در آبیاری غرقابی به 73 درصد در آبیاری قطره‌ای افزایش داد. در پژوهش ذکر شده مشاهده شد که درصد نیترات مانده در نیمرخ خاک به‌طور معنی‌داری در روش آبیاری غرقابی (38 درصد) بالاتر از آبیاری قطره‌ای (هشت درصد) بود. تعداد کاربرد نیتروژن نیز توزیع این عنصر در سیستم آبشوئی-خاک-گیاه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. هر چه دفعات کاربرد نیتروژن به فرم رقیق شده بیشتر باشد، کارائی مصرف این عنصر بالاتر خواهد بود (4). هم‌چنین، با بهبود مدیریت آبیاری و انجام آبیاری بر اساس تخلیه آب خاک بر مبنا تانسیومتر و کاربرد کود نیتروژن از طریق کودآبیاری (در 18 نوبت که 15 نوبت آن در زمان شکوفه‌دهی، تشکیل میوه و مراحل اولیه بزرگ شدن سلول‌های میوه انجام شود) در مقایسه با کاربرد کود نیتروژن به روش پخش سطحی (در سه نوبت) نیز می‌توان مقدار پاسخ درختان مرکبات به کاربرد این عنصر را بهبود بخشیده و مقدار آبشوئی نیترات به آب‌های زیرزمینی را در خاک‌های شنی کاهش داد (6).

## 8 - 2 - کودهای فسفر

گیاهان فسفر را به‌صورت یون فسفات از خاک جذب می‌کنند. تحرک فسفر در نیمرخ خاک بسیار پایین می‌باشد و بنابراین خطر از دست رفتن این عنصر از طریق فرایند آبشوئی ناچیز است. کاربرد کود از طریق کودآبیاری به دفعات زیاد به دلیل ایجاد یک جریان توده‌ای پیوسته از سطح به داخل خاک، وضعیت فوق (عدم تحرک فسفر در خاک) را بهبود می-بخشد. علاوه براین، با کابرد کود فسفر از طریق کودآبیاری در دفعات زیاد، مکان‌های ثبیت فسفر اشباع شده و در نهایت مقادیر بیشتری از فسفر به محلول خاک آزاد می‌شود. افزایش آزادسازی فسفر به محلول خاک به دنبال انجام آبیاری در دفعات زیاد به همراه افزایش جریان توده‌ای آب در خاک منجر به توزیع بهتر و در نهایت افزایش سطح فسفر قابل استفاده در خاک می‌گردد. بنابراین کاربرد فسفر به روش کودآبیاری در مقایسه با روش‌های متداول کاربرد کود فسفر در خاک، می‌تواند حرکت فسفر در خاک را بهبود ببخشد. علاوه براین، استفاده از اسید فسفریک به‌عنوان منبع کود فسفر نسبت به استفاده از سوپرفسفات‌ها، منجر به افزایش تحرک فسفر در خاک می‌شود (26). به‌هرحال، فسفر سریعاً در خاک‌های آهکی با کلسیم و در خاک‌های اسیدی با آهن و آلومینیوم واکنش نشان داده و بنابراین فقط به فواصل کمی از محل کاربرد می-تواند حرکت کند و تقریباً در محل کاربرد خود تثبیت می‌شود. با بکارگیری روش کودآبیاری می‌توان کارائی جذب فسفر از 10 درصد در آبیاری فارو را به 35 درصد افزایش داد (26).

منابع کودی فسفر عبارتند از:

- اسید فسفریک
- مونوآمونیوم فسفات
- دی‌آمونیوم فسفات
- کودهای تجاری حاوی فسفر

لازم به ذکر است که اگر آب آبیاری حاوی کلسیم و منیزیم بالایی باشد، احتمال رسوب فسفر موجود در کودهای مونو و دی آمونیوم فسفات وجود دارد. تشکیل رسوب منجر به گرفتگی لوله‌ها و منافذ خروجی آب می‌گردد. با کاربرد اسید فسفریک می‌توان لوله‌ها تمیز کرده و پاچ آب را پایین نگه داشت. بنابراین با استفاده از اسید فسفریک به عنوان منبع فسفر، خطر گرفتگی لوله‌ها و تشکیل رسوب کاهش می‌یابد. توجه شود که اسید فسفریک در جایی به سیستم کودآبیاری تزریق شود که باعث خوردگی اتصالات فلزی و یا فیلترها نشود. در صورت استفاده از مونو و دی‌آمونیوم فسفات به عنوان منابع فسفر، باید این نکته را مدنظر قرار داد که این دو کود به‌طور کامل در آب حل نمی‌شوند بنابراین لازم است که مواد حل نشده تجمع یافته در ته تانک کود تمیز شوند. مونو و دی‌آمونیوم فسفات اگرچه حلالیت اسید فسفریک را ندارند اما این دو کود حاوی نیتروژن نیز می‌باشند. بنابراین بسته به شرایط آب، خاک و گیاه باید از منبع مناسب کود فسفر استفاده نمود.

## 8 - 3 - کودهای پتاسیم

مقدار پتاسیم برداشت شده توسط درختان مرکبات در مقایسه با دیگر عناصر غذائی بیشتر می‌باشد. کاربرد کود پتاسیم بر تشکیل میوه، عملکرد درخت، کیفیت میوه تازه اثرگذار می‌باشد. در شرایط کمبود پتاسیم، اندازه و تعداد میوه کاهش، ریزش افزایش و ویتامین ث و مواد جامد محلول عصاره میوه کاهش می‌یابد. پتاسیم در خاک و سنگ‌ها وجود دارد. هم‌چنین، این کاتیون بر روی ذرات رس به عنوان کاتیون قابل تبادل نیز قرار می‌گیرد. از آنجا که سرعت آزادسازی پتاسیم از موقعیت‌های تثبیت شده آرامتر از سرعت تقاضای گیاه است، افزودن پتاسیم به خاک به‌عنوان کود باعث بهبود رشد گیاه می‌شود. اهمیت موضوع عنوان شده به‌ویژه زمانی که آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود دوچندان می‌گردد. امر فوق به این دلیل است که تنها حجم کمی از خاک که توسط ریشه‌ی درختان اشغال شده در تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه مشارکت دارد (17). تحرک پتاسیم در خاک‌های حاوی مقادیر زیادی از رس و موادآلی، به دلیل بار مثبت پتاسیم و جذب آن توسط ذرات دارای بار منفی خاک، محدود می‌باشد. به هر حال، در خاک‌های شنی با ماده آلی پایین تقریباً توانائی برای نگهداشت پتاسیم وجود ندارد. با

توجه به مطالب فوق و در نظر گرفتن نیاز پتاسیم بالا درختان مرکبات، کود پتاسیم با نرخ تقریباً بالائی در باغات مرکبات استفاده می‌شود. پتاسیم بر اساس $K_2O$ در مقداری تقریباً مشابه نیتروژن برای درختان مرکبات استفاده می‌شود. به هرحال، در مواردی که غلظت پتاسیم در برگ مرکبات زیر حد دامنه کفایت قرار دارد، 25 درصد به مقدار توصیه پتاسیم اضافه می‌شود (23). با بکارگیری روش کودآبیاری می‌توان کارائی جذب پتاسیم از 60 درصد در آبیاری فارو را به 90 درصد افزایش داد (26).

منابع کودی پتاسیم عبارتند از:

- نیترات پتاسیم
- سولفات پتاسیم
- کلرید پتاسیم
- کودهای تجاری حاوی پتاسیم

نیترات پتاسیم به دلیل حلالیت بالا و نیز نیتروژن موجود در این کود، منبع قابل توصیه پتاسیم برای استفاده در سیستم کودآبیاری می‌باشد. به هر حال، نیترات پتاسیم تقریباً گران‌قیمت‌ترین منبع کودی پتاسیم در بین منابع کودی پتاسیم می‌باشد. کلرید پتاسیم اقتصادی‌ترین کود پتاسیم است، اما برای گیاهان حساس به کلر می‌تواند مشکل‌زا باشد. برای این قبیل گیاهان به منظور کاهش هزینه می‌توان مخلوطی از کلرید و سولفات پتاسیم استفاده کرد (28). درمورد درخت نارنگی، ازمیان منابع مختلف کود پتاسیم برای کاربرد در روش کودآبیاری (کلرید پتاسیم، سولفات پتاسیم، نیترات پتاسیم و مونوپتاسیم فسفات) بیشترین عملکرد، بالاترین درصد آب میوه و بیشترین نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون زمانی قابل مشاهده بود که کود مونوپتاسیم فسفات به عنوان منبع پتاسیم و هر 15 روز یکبار کودآبیاری انجام شد (29).

### 8 - 4 - سایر عناصر غذائی پرمصرف

شکل‌های محلول کلسیم، منیزیم و سولفات وجود دارند اما گران می‌باشند. علاوه براین، این عناصرهمیشه قابل اختلاط با سایر کودها نیستند و می‌تواند سبب تشکیل رسوب و گرفتگی تجهیزات آبیاری گردند.

عناصر غذائی کم‌مصرف: ترکیبات کلاته و سولفاته عناصر کم‌مصرف عموماً برای اصلاح کمبود عناصر غذائی کم‌مصرف استفاده می‌شوند. این ترکیبات باید ابتدا در آب حل شوند و به‌صورت محلول به تانک کود اضافه گردند (28).

عناصر کم‌مصرفی را که می‌توان از طریق سیستم آبیاری تامین نمود شامل: مس،آهن، روی، منگنز، بور و مولیبدن می‌باشد. برای مثال کاربرد ماهیانه 0/5 گرم آهن از منبع سکوسترین آهن همراه آب آبیاری در فصول بهار و تابستان (در مجموع کاربرد سه گرم آهن) منجر به افزایش معنی‌دار رشد و مقدار کلروفیل برگ درختان کلماتین 11 ساله شده است (7). در تحقیقی دیگر در شهر جهرم تاثیر منابع (کلات آهن و سولفات آهن) و روش‌های مختلف کوددهی (کودآبیاری، پخش سطحی و چالکود) آهن بر عملکرد پرتقال بررسی شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف 100 گرم کلات آهن به صورت کودآبیاری در دو تقسیط (اردیبهشت و شهریور) منجر به افزایش 18 درصدی عملکرد (تقریباً 22 تن عملکرد در هکتار) در مقایسه با کاربرد 500 گرم سولفات آهن چه به صورت چالکود و چه به صورت پخش سطحی شده است (3).

### 8 - 5 - نحوه تبدیل کردن کود مایع به کود جامد

کودهای مایع و جامد به‌طور گسترده در تولیدات کشاورزی استفاده می‌شوند، اما توصیه کودی عمدتاً به‌صورت کیلوگرم بر هکتار می‌باشد. بنابراین تبدیل کیلوگرم کود جامد به لیتر کود مایع حائز اهمیت است. با استفاده از فرمول 2 می‌توان مقدار کود مایع مورد نیاز برای هر هکتار را محاسبه نمود (11):

$$\text{هکتار/(کود) لیتر} = \frac{\text{(کود مایع) یک لیتر}}{\text{(عنصر غذائی) کیلوگرم}} \times \frac{\text{(عنصرغذائی) کیلوگرم}}{\text{هکتار}} \qquad \text{(رابطه 2)}$$

برای مثال، مقدار توصیه کود نیتروژن برای مرکبات بین 150 تا 200 کیلوگرم بر هکتار می‌باشد. فرض کنید این مقدار کود قرار است در ده نوبت کودآبیاری به‌کار برده شود. بنابراین مقدار کود موردنیاز در هر نوبت کودآبیاری برای هر هکتار بین 15 تا 20 کیلوگرم می‌باشد. بنابراین برای تامین 20کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار، باید تقریباً 87 لیتر از کودی با ترکیب 18-18-18 و با دانسیته 1/27 کیلوگرم بر لیتر استفاده نمود.

به‌طور کلی، در یک سیستم آبیاری برای محاسبه حجم کود تزریقی می‌توان از رابطه 3 زیر استفاده نمود (8).

$$V = \frac{A \times Q}{F \times \rho}$$ (رابطه 3)

که در آن: A هکتاری است که باید آبیاری شود، Q کیلوگرم کودی که باید در یک هکتار استفاده شود، F درصد عنصر کودی مورد نظر در کود مورد استفاده و ρ چگالی محلول کود می‌باشند.

در سیستم آبیاری میکرو کل سطح خاک خیس نمی‌شود و کاربرد کود شیمیایی غالباً بر اساس درخت تنظیم می-گردد. بنابراین در آبیاری میکرو برای محاسبه حجم محلول کودی مورد نیاز از فرمول تصحیح شده 4 استفاده شود (8):

$$V = \frac{A \times Q_p \times n}{F \times \rho}$$ (رابطه 4)

که در آن: Qp کیلوگرم کود موردنیاز برای هر درخت در هر دور کودآبیاری، n تعداد درخت در هر هکتار و بقیه پارامترها مطابق پارامترهای تعریف شده در فرمول می‌باشند.

نکته: هنگامی که کود در آب حل می‌شود، مقدار کود در یک محلول، معرف دانسیته محلول می‌باشد، که از طریق اندازه‌گیری وزن حجم مشخصی از محلول در مقایسه با حجم محلول فاقد مواد کودی (حلال) قابل محاسبه است.

## 9- نتیجه‌گیری

چند نکته برای استفاده موفقیت‌آمیز کودآبیاری در تولید مرکبات باید در نظر گرفته شود.

- سیستم آبیاری باید به خوبی نگه داشته شود.
- کیفیت آب باید خوب باشد و سطوح پایینی از مواد جامد محلول کل را داشته باشد تا احتمال رسوب در خطوط آبیاری و قطره‌چکان‌ها کاهش یافته و احتمال تنش شوری نیز به حداقل رسانده شود.
- کاربرد متناوب عناصر غذایی عملکرد، رشد، و کارائی جذب عناصر غذائی توسط درختان در برخی مناطق تولیدکننده مرکبات را افزایش می‌دهد.
- کاربرد متناوب عناصر غذائی خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات را کاهش می‌دهد.
- در کودآبیاری می‌توان زمان کاربرد کود را متناسب به نیاز درخت تغییر داد و این امر ممکن است منجر به کاهش هزینه‌های کاربرد کود نیز گردد.
- با انجام کودآبیاری اغلب کارائی مصرف کود افزایش یافته و روش کوددهی کودآبیاری در مناطقی که تجهیزات کودآبیاری و کودهای محلول در آب قابل دسترس می‌باشند می‌تواند بر دیگر روش‌های کوددهی ترجیح داده شود.
- کوددهی در باغات مرکبات بر اساس روند گذشته یعنی در مقادیر زیاد و در زمان نامناسب منجر به کاهش کارائی مصرف کود، آلودگی خاک و کاهش کیفیت میوه می‌گردد.

## 10- منابع


1. آمارنامه کشاورزی محصولات باغبانی وزارت جهاد کشاورزی. 1394. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران (www.maj.ir).
2. اسدی کنگرشاهی ع.، اخلاقی ن. و ملکوتی م. ج. 1386. تاثیر کودآبیاری بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی پرتقال سانگین. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. 4 تا 6 شهریور.

3. شهابیان م.، رستگار ح. و سمر س.م. 1385. تاثیر منابع مختلف کود آهن بر عملکرد کمی و کیفی میوه درختان پرتقال. مجله علوم خاک و آب، 2: 11-16.

4. عبادی ه و مرادی ب. 1391. بررسی دفعات کودآبیاری کود نیتروژنه در بهبود کمی وکیفی میوه پرتقال تامسون ناول. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، 5: 61-69.

5. Ali M.H. and Talukder M.S.U. 2008. Increasing water productivity in crop production: A synthesis. Agricultural Water Management, 95: 1201–1213.

6. Alva A.K., Paramasivam S., Graham W.D. and Wheaton T.A. 2003. Best nitrogen and irrigation management practices for citrus production in sandy soils. Water, Air, and Soil Pollution, 143: 139–154.

7. Banuls J., Quinones A., Martın B., Primo-Millo E. and Legaz F. 2003. Effects of the Frequency of Iron Chelate Supply by Fertigation on Iron Chlorosis in Citrus. Journal of plant Nutrition, 26: 1985-1996.

8. Boman B., Shukla S. and Haman D. 2004. Chemigation equipment and techniques for citrus. University of Florida, IFAS Circular 1403.

9. Boman B.J. 1996. Fertigation versus conventional fertilization of flatwoods grapefruit. Fertilizer Research, 44: 123-128.

10. Bucks D.A., Nakayama F.S. and Gilbert R.G. 1979. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. Agric Water Man-agement 2:149.

11. Burt C.M., O'Connor K. and Ruehr T.A. 1995. Fertigation. San Luis Obispo: Irrigation Training and Research Center.

12. Dasberg S., Bar-Akiva A., Spazisky S. and Cohen A. 1988. Fertigation versus broadcasting in an orange grove. Fertilizer Research, 15: 147-154.

13. FAO. 2008. Current world fertilizer trends and outlook to 2011/12. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

14. Fares A. and Abbas F. 2009. Injection Rates and Components of a Fertigation System. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawai at Manoa.

15. Gilbert R.G., Nakayama F.S. and Bucks D.A. 1979. Trickle irrigation: Prevention of clogging. 22: 514-519 .

16. Hagin J., Sneh M. and Lowengart-Aycicegi A. 2003. Fertigation: Fertigation Fertilization through Irrigation. Bassel:IPI Res TopicsInt, Potash Inst.

17. Kafkafi U. and Tarchitzky J. 2011. Fertigation: A tool for effcient fertilizer and water management. International Fertilizer Industry Association (IFA). Paris, France.

18. Kato T. 1986. Nitrogen metabolism and utilization in citrus. In: J. Janick (ed) Horticultural reviews, vol 8. AVI Publishing Co, Westport, pp 81–216.

19. Katz S., Dosoretz C., Chen Y. and Tarchitzky J. 2014. Fouling formation and chemical control in drip irrigation systems using treated wastewater. Irrigation Science, 32:459–469.

20. Martinez-Alcantara, B. Quinones, A. Forner-Giner, M.A. Iglesias, D.J. Primo-Millo E. and Legaz. F. 2012. Impact of fertilizer-water management on nitrogen use efficiency and potential nitrate leaching in citrus trees. Soil Science and Plant Nutrition, 58: 659-669.
21. Morgan K.T., Wheaton T.A., Castle W.S., 2009. Response of young and maturing citrus trees grown on a sandy soil to irrigation scheduling, nitrogen fertilizer rate, and nitrogen application method. Horticulture Science, 44: 145–150.
22. Nakayama E.S. and Bucks D.A. 1991. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. Irrigation Science, 12:187-192.
23. Obreza T.A. 2003. Importance of potassium in Florida citrus nutrition program. Better Crops 87: 19-22.
24. Qin W., Heinen M., Assinck F.B.T. and Oenema. 2016. Exploring optimal fertigation strategies for orange production, using soil–crop modelling. Agriculture, Ecosystems and Environment, 223: 31-40 .
25. Quaggio J.A., Souza T.R., Zambrosi1 F.C.B., Boaretto R.M., and Mattos Jr D. 2014. Nitrogen-fertilizer forms affect the nitrogen-use efficiency in fertigated citrus groves. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 177: 404–411.
26. Quiñones A., Martínez-Alcántara B., Primo-Millo E. and Legaz F. 2012. Fertigation: Concept and Application in Citrus. In: Srivastava A.K. (ed.) Advances in Citrus Nutrition. pp. 281-301.
27. Quiñones A., Martínez-Alcántara B. and Legaz F. 2007. Optimization of N fertilization management in citrus trees: 15N as a tool in NUE improvement studies. In: Frank C. (ed) Fertilizers: properties, applications and effects. Nova Science Publishing Inc, Hauppauge, pp 181–206.
28. Shirgure P.S. 2013. Citrus fertigation – a technology of water and fertilizers saving. Scientific Journal of Crop Science, 2: 56-66.
29. Shirgure P.S., Srivastava A.K. 2013. Plant growth, Leaf Nutrient status, fruit yield and quality of Nagpur mandarin (Citrus reticulate Blanco) as influenced by potassium (K) fertigation with four potash fertilizer sources. Scientific Journal of Crop Science, 2: 36-42.
30. Smith P.F. 1966. Citrus nutrition. In: Childers N.F. (ed) Temperate and tropical fruit nutrition. Horticulture Publication, State University, New Brunswick, pp 174–207 .
31. Spiegel-Roy P. and Goldschmidt E.E. 1996. Biology of citrus. Cambridge University Press .
32. Willis L.E., Davies F.S. and Graetz D.A. 1991. Fertigation and growth of young Hamlin orange trees in florida. HortScience, 26: 106-109.
33. Zekri M., Obreza T.A. and Koo R. 2003. Irrigation, Nutrition, and Citrus Fruit Quality. UF-IFAS, Soil and Water Science Dept. Ext. Pub. SL207. http://edis.ifas.ufl.edu/ss426. (May, 2012.(
34. Zhang M., Alva A.K., Li Y.C. and Calvert D.V. 1996. Root distribution of grapefruit trees under dry granular broadcast vs. fertigation method. Plant and Soil, 183: 79-84.

# تامین صحیح آب و عناصر غذائی در محدوده ریشه درختان

# باعث افزایش کارائی مصرف کود می‌گردد