جمهوری اسلامی ایران

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

نیتروژن 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: 655

1403

مشخصات اثر

عنوان: نیتروژن و مدیریت مصرف آن در درختان مرکبات

نگارندگان: علی اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی امیری

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات اسرار علم

کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور

ویراستار ادبی: آرش تافته

سال انتشار: 1403

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره 66989 در تاریخ 1403/12/21 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

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

کد پستی: 3177993545 **صندوق پستی:** 311-31785

نمابر : 02636210121 **تلفن:** 36201900- 026

وب‌سایت: http://www.swri.ir **پست الکترونیکی:** info.swri@areeo.ac.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه 1

فصل دوم: نیتروژن در خاک 7

2-1. نیتروژن آلی 9

2-2. نیتروژن معدنی 9

2-3. نیتروژن در باقی‌مانده‌های گیاهی 10

2-4. آمونیوم تثبیت شده در کانی‌های رس 11

2-5. جذب نسبی آمونیوم در مقابل نیترات 11

2-6. معدنی شدن نیتروژن در خاک 12

2-7. تأثیر کربنات کلسیم ($CaCO_3$) در تغییر و تبدیل نیتروژن در خاک 16

فصل سوم: نیتروژن در درختان مرکبات 17

3-1. پاسخ درختان مرکبات به مصرف کودهای نیتروژنی 21

3-2. تحرک نیتروژن در درختان میوه 23

3-3. تراز نیتروژن در باغ‌های مرکبات 30

3-4. ذخیره‌سازی و انتقال مجدد نیتروژن 31

فصل چهارم: مهم‌ترین وظایف نیتروژن در درختان میوه 37

فصل پنجم: علائم ظاهری کمبود نیتروژن در برگ درختان مرکبات **41**

مهم‌ترین علائم ظاهری و روند توسعه کمبود نیتروژن 41

اعمال متابولیکی نیتروژن 41

فصل ششم: مدیریت کوددهی نیتروژن برای درختان جوان و غیر بارده مرکبات 41

1-6. مقدار مصرف نیتروژن برای درختان جوان 41
2-6. مدیریت زمان مصرف کودهای شیمیایی درختان جوان.....42
1-2-6. مدیریت کوددهی درختان جوان (1 تا 3 سال) در شمال کشور 42
2-2-6. مدیریت کوددهی درختان جوان (1 تا 3 سال) در جنوب کشور 43

فصل هفتم: فنولوژی رشد و مدیریت مصرف نیتروژن برای درختان بارده مرکبات45
1-7. مقدار مصرف نیتروژن 45
2-7. فنولوژی رشد درختان مرکبات.....48
3-7. فنولوژی رشد میوه مرکبات و مدیریت تغذیه 57
1-3-7. مرحله یا فاز اول رشد میوه 57
2-3-7. مرحله یا فاز دوم رشد میوه.....58
4-8. مدیریت تغذیه جهت انتقال و ذخیره عناصر غذایی در اندام‌های مختلف درختان میوه63
5-8. مدیریت تغذیه و تناوب باردهی در مرکبات 65
1-5-7. خلاصه راهکارهای عملی برای کاهش تناوب باردهی مرکبات 69

فصل هشتم: نیتروژن و کیفیت میوه مرکبات.....71
1-8. تأثیر مصرف نیتروژن بر کیفیت میوه 72

فصل نهم: منابع کودی نیتروژن 75

فصل دهم: مدیریت مصرف نیتروژن برای درختان مرکبات.....81
1-10. مقدار مناسب مصرف 81
2-10. زمان مناسب مصرف 85
3-10. مکان مناسب 86
4-10. روش مناسب مصرف 87
1-4-10. مصرف خاکی (پخش سطحی، نواری یا چال کود) 87
2-4-10. کودآبیاری 94
5-10. راهنمای کلی برای بهبود راندمان مصرف کودهای نیتروژنی 99

فصل یازدهم: مدیریت مصرف نیتروژن در باغ‌های مرکبات دارای تنش شوری ... 101
1-11. آب‌شور، خاک شور و پاسخ درختان مرکبات 102
2-11. مدیریت مصرف نیتروژن در درختان مرکبات با آب آبیاری شور یا خاک شور .105

فصل دوازدهم: مصرف نیتروژن و تنش‌ها 109
12-1. تنش و اکسیداسیون نوری 110
12-2. تنش سرما و یخبندان 112

فصل سیزدهم: محلول‌پاشی کودهای نیتروژنی 117
13-1. مهم‌ترین زمان‌های محلول‌پاشی اوره در باغ‌های مرکبات 122
13-1-1. محلول‌پاشی اوایل بهار 122
13-1-2. محلول‌پاشی اواخر بهار و اوایل تابستان 123
13-1-3. محلول‌پاشی پاییزی 123
13-2. سمیت بیورت 123
13-3. تحمل درختان مرکبات به غلظت محلول‌های کودی برای محلول‌پاشی 124
13-4. عوامل مؤثر در جذب برگی عناصر غذایی 126
13-4-1. عوامل خارجی (محیطی و محلول مصرفی) 126
13-4-2. عوامل درونی (ویژگی‌های ساختاری برگ) 127
13-5. کیفیت آب برای محلول‌پاشی 128
13-6. شرایط آب و هوایی مناسب برای محلول‌پاشی برگی 128
13-7. سرعت نفوذ عناصر غذایی به بافت برگ 129
13-8. شرایط لازم کودها برای محلول‌پاشی 130

فصل چهاردهم: توصیه ترویجی 131
منابع 131

فصل اول
مقدمه

نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی برای تولید مرکبات است. این عنصر نسبت به عناصر دیگر، تأثیر بیشتری در رشد، ظاهر، تولید و کیفیت میوه دارد. وقتی که فراهمی نیتروژن کاهش یابد رشد رویشی، کند خواهد شد و شاخ‌وبرگ، سبز کم‌رنگ یا زرد می‌شوند. اگر در درختان میوه، نیتروژن برای مدت زمانی طولانی، کمتر از مقدار بهینه مصرف شود اندام‌های جدید (به‌ویژه برگ‌های جدید) نیتروژن موردنیازشان را به‌وسیله بازیافت نیتروژن از برگ‌های مسن تأمین می‌کنند؛ بنابراین؛ بنابراین برگ‌های مسن، قبل از بلوغ (موعد مقرر) ریزش می‌کنند که منجر به تنک شدن تاج درخت می‌شود. علی‌رغم این‌که برگ‌های مرکبات باید برای دو سال یا بیشتر فعالیت کنند عمرشان به یک‌سال یا کمتر کاهش می‌یابد. رنگ سبز برگ‌های باقی‌مانده روی تاج درختان، ممکن است تقریباً طبیعی باشد؛ ولی درون تاج درخت تقریباً خالی می‌شود و عملکرد آنها تا حدودی کاهش می‌یابد؛ اما منحنی نمادین پاسخ عملکردی درختان مرکبات به مصرف نیتروژن نشان می‌دهد که کاهش بیشتری در فراهمی نیتروژن لازم است تا عملکرد این درختان به طور شدید کاهش یابد. در برخی موارد، با تداوم کمبود نیتروژن، ممکن است ریزش برگ، ریزش میوه و مرگ سرشاخه‌ها رخ دهد. اگر غلظت نیتروژن در برگ مرکبات بیشتر از مقداری باشد که علائم کمبود ظاهر شود با مصرف نیتروژن تا مقدار بهینه، رشد شاخه‌ها و عملکرد افزایش خواهد یافت. غلظت کافی نیتروژن (مطلق و نسبی) در برگ درختان مرکبات برای حداکثر رشد رویشی، گل‌دهی و عملکرد میوه موردنیاز است. از طرف دیگر غلظت زیاد نیتروژن، رشد رویشی درختان را افزایش می‌دهد و ممکن است به مصرف بیشتری از دیگر عناصر غذایی (به‌ویژه پتاسیم) نیاز باشد. مصرف زیاد نیتروژن، موجب افزایش رشد رویشی و کاهش عملکرد درختان می‌شود.

نیتروژن یک ترکیب عنصری ضروری در تعدادی از ترکیبات آلی عمومی و مهم (اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک) است و حدود 2 تا 4 درصد وزن خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد در بیشتر خاک‌ها، نیتروژن مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد است. لذا مدیریت مصرف نیترون می‌تواند بیشترین تأثیر در افزایش عملکرد محصول داشته باشد (منگل و کرکبای، 1987). عملکرد محصول بیشتر به فراهمی نیتروژن معدنیی بستگی دارد و مصرف بهینه کودهای نیتروژنی موجب افزایش تولید می-شود و به‌طورکلی بدون مصرف کودهای نیتروژنی تأمین غذا برای کل جمعیت جهان غیر ممکن است (منگل، 1992). از طرف دیگر، قیمت پایین کودهای نیتروژنی در مقایسه با دیگر کودها و ضرورت مصرف آن برای افزایش تولید، منجر به توسعه مصرف سطوح بالای کودهای نیتروژنی شده است که به نوبه خود می‌تواند موجب بروز مشکلات اکولوژی و زیست‌محیطی به‌ویژه در مناطق شمالی کشور شود.

به‌طورکلی برخی پژوهش‌ها در مورد درختان میوه نشان داده است که نیتروژن مصرفی در اوایل بهار، بیشتر به رشد رویشی سرشاخه‌ها اختصاص پیدا می‌کند درحالی‌که نیتروژن مصرفی در آخر فصل بیشتر به اندام‌های ذخیره مانند پوست ریشه‌ها و تنه درختان می‌رود و مقدار کمی هم به جوانه‌های درحال‌توسعه منتقل می‌شود و محلول پاشی پس از برداشت یکی از راهکارهای عملی برای افزایش نیتروژن ذخیره جوانه‌ها در اواخر فصل رشد است (سنچز، 1992؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

در اواخر فصل رشد، درختان میوه با تحرک مجدد نیتروژن از برگ‌ها به بافت‌های چوبی، به حفظ و ذخیره نیتروژن کمک می‌کنند این نیتروژن ذخیره شده، در اوایل فصل بعدی رشد قابل‌استفاده است. برای اصلاح و بهبود مدیریت و راندمان مصرف کودهای نیتروژنی در باغ‌ها، شناخت روند ذخیره نیتروژن، راهکارهای افزایش ذخیره نیتروژن، انتقال مجدد، چرخش داخلی آن و سهم آن نسبت به کل نیاز نیتروژنی درختان بسیار ضروری است. همچنین بررسی تغییرات نیتروژن ذخیره در درختان و مشارکت آن در رشد رویشی، تشکیل گل و میوه درختان در اوایل فصل، اهمیت زیادی در مقدار و برنامه ریزی کوددهی درختان دارد. شناخت بهتر این نیتروژن ذخیره و چرخش داخلی آن همراه با راندمان بیشتر مصرف کودهای نیتروژنی، ممکن است به طور واقعی منجر به

افزایش راندمان مصرف، راندمان فیزیولوژیکی و راندمان عملکرد و همچنین کاهش مصرف بی‌رویه کودها در باغ‌ها شود. سود حاصل از این کاهش مصرف نه فقط ناشی از کاهش هزینه تولید و بهبود درک عمومی کشاورزان مدرن است؛ بلکه ناشی از افزایش تشکیل میوه، افزایش عملکرد و بهبود کیفیت بهتر میوه‌های تولیدی است که می‌تواند به باغدار برگردد (شوگر و همکاران، 1992؛ سنچز و همکاران، 1995).

به‌طورکلی حدود 400-100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال برای یک باغ بارده مرکبات در مناطق مختلف جهان مصرف می‌شود. نیتروژن به‌صورت دوره‌ای برای تأمین نیتروژنی که توسط برداشت میوه از باغ خارج شده و همچنین نیتروژن ذخیره مصرف می‌شود. بااین‌حال، نیاز سالانه نیتروژن درختان میوه کمتر از محصولات زراعی است. هدف این دستنامه، درک بهتر اهمیت نیتروژن، ارزیابی پاسخ درختان مرکبات به کوددهی نیتروژن، شناخت تراز نیتروژنی و مقدار کوددهی، زمان مناسب کوددهی، ذخیره‌سازی و انتقال مجدد، کوددهی خاکی، کودآبیاری و محلول‌پاشی نیتروژن برای درختان مرکبات است که می‌تواند در مدیریت و بهینه‌سازی توصیه‌های کودی نیتروژن بسیار مؤثر باشد.

نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی برای درختان میوه است. در درختان میوه بیشتر نیتروژن به شکل نیترات توسط ریشه‌ها جذب می‌شود و مقداری که به شکل آمونیوم جذب می‌شود بسیار کمتر از نیترات است. جذب نیترات به انرژی نیاز دارد؛ بنابراین ریشه‌ها، باید کربوهیدرات برای جذب آن مصرف نمایند. نیترات در گیاه، ابتدا به آمونیوم و سپس به ترکیبات آمونیومی تبدیل می‌شود. این ترکیبات آمونیومی شامل آمینواسیدها، آمین‌ها و آمیدها است. بیشتر نیتروژن به شکل ترکیبات آمونیومی در درختان میوه ذخیره و انتقال می‌یابد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری؛ 1393؛ شهیر و فئوست، 1980). نتایج گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که مدیریت مصرف نیتروژن در طی فصل رشد، به‌ویژه مصرف خاکی آن در اواخر فصل رشد موجب افزایش نیتروژن ذخیره در سرشاخه‌ها، برگ‌ها و ریشه‌های فیبری می‌شود و این افزایش نیتروژن ذخیره موجب افزایش گلدهی و تشکیل میوه در سال بعد خواهد شد (سریواستاوا و سینگ، 2003؛ کاکس و همکاران، 2001؛ تاجیبانا و یاهاتا، 1996).

در بیشتر گیاهان چوبی، نیتروژن موردنیاز اندام‌های جدید در اوایل فصل رشد توسط نیتروژن آلی از دیگر اندام‌های درخت‌مانند برگ‌ها، جوانه‌ها، سرشاخه‌ها و ریشه‌ها تهیه می‌شود، نتایج برخی مطالعات نشان داده است که بیشتر از 70 درصد نیاز نیتروژن اندام‌های جدید در اوایل فصل رشد از نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های قدیمی تأمین می‌شود، همچنین در مورد گل‌ها، حدود 80 درصد از نیاز نیتروژن آن‌ها از نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های قدیمی می‌آید. اما با افزایش سن اندام‌های جدید، نقش نیتروژن محلول خاک در تأمین نیتروژن موردنیاز آن‌ها افزایش می‌یابد (دانگ و همکاران، 2002).

پاییز مناسب‌ترین زمان برای مصرف برخی عناصر غذایی برای درختان میوه است به‌ویژه، اگر این عناصر برای این درختان محدودکننده باشند. نیتروژن مصرف شده در این درختان برای رشد اوایل فصل و همچنین تأمین نیتروژن جوانه‌های گل و رشد اولیه میوه چه‌ها از اندام‌های ذخیره درخت و دیگر قسمت‌های چوبی گیاهان تأمین می‌شود؛ بنابراین، برای باغدار اهمیت دارد که درختان با نیتروژن کافی به خواب بروند. محلول‌پاشی اوره در پاییز، روشی مناسب برای تأمین نیتروژن درختان میوه است. این نیتروژن، سپس به‌آسانی به خارج از برگ انتقال پیدا می‌کند و وارد محل‌های ذخیره طولانی‌مدت می‌شود. این روش برای مناطقی با بارندگی‌های زیاد در اوایل فصل رشد و سطح آب زیرزمینی بالا مناسب است (سنچز و همکاران، 2006).

دینامیک نیتروژن در بافت‌های درختان میوه نشان داده است که آزادسازی نیتروژن از اندام‌های ذخیره برای رشد فصل جاری تا حدود دو ماه بعد از شکوفایی گل‌ها ادامه دارد (رافت و همکاران، 2001). دوره گلدهی و تشکیل میوه در درختان میوه، از حیاتی‌ترین مراحل فنولوژی رشد میوه در این درختان است و بیشترین تأثیر بر عملکرد و کیفیت نهایی میوه دارد در این مرحله بیشترین تقاضا برای عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن وجود دارد، در مقابل درجه‌حرارت خاک در این زمان معمولاً پایین است و این درجه‌حرارت پایین منطقه ریشه موجب کاهش فعالیت‌های متابولیک ریشه، حلالیت عناصر غذایی در محلول خاک و انتقال آن‌ها در گیاه می‌شود؛ بنابراین توانایی درختان برای استفاده از عناصر غذایی خاک به بسیاری از عوامل دیگر، غیر از تقاضای گیاه بستگی دارد و این

عوامل ارتباطی با تقاضای گیاه ندارند (لوات و همکاران، 1988؛ اسدی کنگرشاهی، 1398).

بنابراین باتوجه‌به نیاز زیاد درختان میوه به نیتروژن و کارایی پایین آن به‌ویژه در اوایل فصل، ارائه روش‌های مناسب برای افزایش کارایی آن و کاهش هدررفت آن یکی از اهداف بیشتر برنامه‌های تحقیقاتی در جهان است. یکی از روش‌های بهبود کارایی نیتروژن در درختان میوه به‌ویژه در اوایل فصل رشد، مصرف نیتروژن بعد از برداشت میوه است که می تواند مصرف خاکی نیتروژن را کاهش یا حتی در صورت امکان جایگزین آن شود و در این روش، نیتروژن با کارایی بالا توسط برگ‌ها جذب می‌شود (رزکرانس و همکاران، 1998). پس از محلول‌پاشی اوره، نیتروژن وارد شده به برگ‌ها به‌تدریج به برخی اندام‌های دائمی درختان انتقال و ذخیره می‌شود و این نیتروژن ذخیره شده در بهار سال بعد به‌آسانی برای گل‌ها، میوه چه‌ها و رشد سرشاخه‌ها قابل‌استفاده است (رزکرانس و همکاران، 1998؛ تاگلیاوینی و همکاران، 1998). نیتروژن محلول‌پاشی شده به شکل اوره در پاییز به‌آسانی توسط برگ‌ها جذب می‌شود و در کل اندام‌های درختان از جمله ریشه توزیع می‌شود؛ بنابراین محلول‌پاشی پاییزه می‌تواند روش مناسبی برای جایگزینی مصرف خاکی در اوایل فصل سال به‌ویژه در مناطقی با بارندگی بیشتر در ابتدای فصل رویشی باشد که می‌تواند موجب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و کاهش پتانسیل آلودگی‌های زیست‌محیطی شود (جانسون و آمدریس، 2001). در این دست‌نامه تلاش شده است که نیتروژن در خاک، جذب و انتقال، تحرک در برگ و میوه، مدیریت مصرف نیتروژن متناسب با فنولوژی رشد میوه، ذخیره نیتروژن درختان، نقش نیتروژن در گلدهی، تشکیل میوه و تناوب باردهی، انتقال مجدد نیتروژن در شروع فصل، روش مصرف (به‌ویژه کودآبیاری، محلول‌پاشی و ...)، کودهای نیتروژنی حلالیت و امکان اختلاط آنها، نقش نیتروژن در ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی و کیفیت میوه و.... موردبحث قرار گیرد و در پایان توصیه‌های لازم به باغداران ارائه شود.

فصل دوم
نیتروژن در خاک

نیتروژن در خاک به چندین شکل وجود دارد. برای مدیریت مناسب نیتروژن لازم است تبدیل آن از یک‌شکل به شکل‌های دیگر شناخته شود. در خاک، معمولاً نیتروژن به شکل‌های آلی و معدنی (یون‌های آمونیوم، نیتریت و نیترات) وجود دارد. در اکثر خاک‌ها، بیش از 90 درصد نیتروژن خاک به شکل آلی است که همگام با پوسیدن و تجزیه مواد آلی، یون آمونیوم به آرامی آزاد می‌شود. حدود 2 تا 3 درصد از نیتروژن مواد آلی خاک به‌تدریج، در طول سال آزاد می‌شود. مرحله بعدی، تبدیل آمونیوم به نیترات است که در اغلب خاک‌ها در طی دو هفته انجام می‌شود. هر دو شکل نیتروژن، نیتریت و آمونیوم می‌توانند برای گیاهان سمی باشند. البته یون آمونیوم به خودی خود سمی نیست و زمانی که تبدیل به گاز آمونیاک شود سمی خواهد بود. نیتریفیکاسیون، تحت‌تأثیر درجه‌حرارت، رطوبت، pH و نسبت کربن به نیتروژن (C/N) خاک است. شرایط مطلوب برای نیتریفیکاسیون در خاک، درجه‌حرارت 27 تا 32 درجه سانتی‌گراد، رطوبت خاک در حدود ظرفیت مزرعه‌ای و pH خاک حدود 6 تا 7 است. نیتریفیکاسیون، وقتی که نسبت کربن به نیتروژن خاک زیاد باشد (مانند زمانی که کاه و کلش یا خرده چوب مصرف شود) برای مدتی متوقف می‌شود.

نیتروژن می‌تواند به شکل‌های مختلف مانند گاز آمونیاک، نیتروژن عنصری و اکسیدهای نیتروس از خاک تلف شود. اگر کودهای آمونیومی در سطح خاک مصرف شوند یون آمونیوم به‌آسانی به گاز آمونیاک تبدیل شده و وارد اتمسفر می‌شود؛ بنابراین کودهای آمونیومی پس از مصرف باید بلافاصله با خاک سطحی مخلوط شوند. همچنین در خاک‌های آهکی و قلیایی، تبدیل یون آمونیوم به گاز آمونیاک سریع‌تر و بیشتر خواهد بود و در نتیجه تلفات آن نیز بیشتر است. از طرف دیگر، تجمع گاز آمونیاک (افزایش pH

ناشی از تجمع آمونیاک) موجب کاهش یا توقف مرحله دوم نیتریفیکاسیون (تبدیل نیتریت به نیترات) می‌شود، بنابراین نیتریت بیشتری تجمع خواهد یافت. نیتریت نه‌تنها برای گیاهان سمی است؛ بلکه به‌آسانی به شکل‌های گازی نیتروژن تبدیل شده و از خاک خارج می‌شود. منبع دیگر تلفات نیتروژن از خاک، دنیتریفیکاسیون است که طی آن، نیترات به نیتروژن عنصری و اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شود. اگر چه این فرایند به طور طبیعی در خاک رخ می‌دهد؛ اما در شرایط بی‌هوازی و کم هوازی (که اکسیژن گازی محدود می‌شود) باکتری‌های خاک از نیترات به‌عنوان منبع اکسیژن استفاده کرده و دنیتریفیکاسیون را تشدید می‌کنند. یکی دیگر از منابع تلفات نیتروژن از خاک، شستشوی آن از پروفیل خاک است. به‌طورکلی، ذرات خاک دارای بار منفی هستند؛ بنابراین یون‌های با بار مثبت (کاتیون‌ها) در سطح آنها جذب شده و در پروفیل خاک نگه داشته می‌شوند و به‌آسانی از پروفیل خاک خارج نمی‌شوند. اما در مقابل، یون‌های با بار منفی (آنیون‌ها) از سطح خاک دفع شده و به‌آسانی از خاک شسته و خارج خواهند شد؛ بنابراین یون‌های آمونیوم که دارای بار مثبت هستند تحرک کمی در خاک دارند و حتی با آبیاری‌های سنگین و یا بارندگی‌های شدید نیز به‌آسانی از پروفیل خاک خارج نمی‌شوند. اما نیترات در خاک، بسیار متحرک بوده و به‌آسانی از پروفیل خاک خارج می‌شود.

مجموع این فرایندها در خاک موجب می‌شود که مقدار قابل‌ملاحظه‌ای از نیتروژن مصرفی در خاک تلف شود حتی در شرایط مدیریتی مطلوب، حدود 25 تا 50 درصد از نیتروژن مصرفی در خاک هدر می‌رود؛ بنابراین باید تلاش کرد که با اعمال مدیریت مناسب مصرف کودهای نیتروژنی متناسب با فنولوژی و فیزیولوژی رشد درختان و نیز مصرف کودهای نیتروژنی به روش کودآبیاری، تلفات کود را به حداقل رساند.

نیتروژن خاک، به طور عمده در بخش آلی خاک قرار دارد. نیتروژن در بخش معدنی، شامل آمونیوم تثبیت شده در کانی‌های رسی، آمونیوم قابل تبادل در سایت‌های تبادلی، آمونیوم در محلول خاک و نیترات در محلول خاک است. مقدار نیتروژن معدنی در مقایسه با نیتروژن آلی در خاک بسیار کم است. بخش عمده نیتروژن خاک در لایه سطحی خاک وجود دارد که بیشترین مقدار ماده آلی خاک نیز در این لایه قرار دارد. ماده آلی خاک به

طور متوسط حدود 5 درصد نیتروژن دارد و لایه شخم در خاک‌های کشت شده معمولاً 0/02 تا 0/4 درصد (w/w) نیتروژن دارد.

شکل‌های نیتروژن در خاک: تبدیل این شکل‌های نیتروژن به همدیگر به طور عمده توسط فعالیت‌های میکروبی انجام می‌شود.

- نیتروژن در مواد آلی خاک
- نیتروژن معدنی در محلول خاک یا سایت‌های تبادلی
- نیتروژن در باقی‌مانده‌های گیاهی در خاک
- آمونیوم تثبیت شده در کانی‌های رسی
- نیتروژن گازی در محلول خاک

2-1. نیتروژن آلی

نیتروژن در مواد آلی خاک بیشتر به شکل گروه‌های آمین (NH_2) است. ترکیبات آلی دارای نیتروژن به طور عمده شامل آمینواسیدها و هگزوآمین‌ها هستند. حدود 20 تا 50 درصد نیتروژن در آمینواسیدها و 5 تا 10 درصد در هگزوآمین‌ها قرار دارد. به‌طورکلی، نیتروژن آلی خاک به دو بخش تقسیم می‌شود: بخش به‌آسانی قابل معدنی شدن که معمولاً کمتر از یک‌سوم کل نیتروژن آلی خاک را تشکیل می‌دهد و بخش پایدار که بیشتر نیتروژن مواد آلی خاک در این بخش قرار دارد و قابلیت تبدیل آن به شکل معدنی بسیار کم یا ناچیز است.

2-2. نیتروژن معدنی

نیتروژن معدنی در خاک به طور عمده شامل آمونیوم (NH_4^+) و نیترات (NO_3^-) است. در بعضی خاک‌ها با pH بالا، ممکن است مقدار کمی هم به شکل نیتریت (NO_2^-) وجود داشته باشد، اما شکل اصلی نیتروژن معدنی در خاک، نیترات است. به فرایند رهاسازی بیولوژیکی نیتروژن از مواد آلی، آمونیاک‌سازی یا آمونیفیکاسیون گفته می‌شود که طی آن یون آمونیوم آزاد می‌شود. همچنین به فرایندی که طی آن یون آمونیوم یا نیتریت توسط میکروب‌ها به نیترات تبدیل می‌شود، نیترات‌سازی یا نیتریفیکاسیون گفته می‌شود. به

علت فعالیت‌های میکروبی در خاک، مقدار آمونیوم و نیترات در خاک ثابت نیست و با رهاسازی آمونیوم (با معدنی شدن مواد آلی) یا مصرف کودهای آمونیومی در خاک، یون آمونیوم به‌سرعت تبدیل به نیترات می‌شود. نسبت آمونیوم به نیترات در خاک به شرایط مناسب برای نیترات سازی بستگی دارد. شرایط اسیدی (pH پایین) و وضعیت بی‌هوازی یا کم هوازی در خاک، فرایند نیتراتسازی را کند یا متوقف می‌کند. بیشتر آمونیوم موجود در خاک، به شکل قابل تبادل است و مقدار آن به طور معمول حدود 10 برابر مقدار آمونیوم در محلول خاک است.

3-2. نیتروژن در باقی‌مانده‌های گیاهی

با مصرف باقی‌مانده‌های گیاهی در خاک، نیتروژن آنها به‌تدریج معدنی شده و وارد محلول خاک می‌شود.

- اگر باقی‌مانده‌های گیاهی دارای نسبت کربن به_نیتروژن بیشتر از 20 باشند با مصرف آن‌ها در خاک، مقدار نیترات و آمونیوم خاک کاهش می‌یابد و همچنان که ریزجانداران خاک از کربن باقی‌مانده‌های گیاهی استفاده می‌کنند یا باقی‌مانده‌های گیاهی را تجزیه می‌کنند نیتروژن معدنی خاک را جذب و غیرمتحرک (immobilized) می‌کنند، بنابراین مصرف این باقی‌مانده‌ها در کوتاه مدت ممکن است موجب کاهش نیتروژن قابل استفاده خاک و کمبود نیتروژن در درختان میوه می‌شوند.
- اگر باقی‌مانده‌های گیاهی دارای نسبت کربن به نیتروژن کمتر از 20 باشند، همگام با تجزیه باقی‌مانده‌های گیاهی توسط ریزجانداران خاک، نیتروژن محلول خاک افزایش می‌یابد، بنابراین مصرف این باقی‌مانده‌ها، رقابتی با نیتروژن قابل استفاده درختان نخواهد داشت.

سرعت تجزیه باقی‌مانده‌های گیاهی به درجه‌حرارت، رطوبت و مقدار عناصر غذایی خاک بستگی دارد. نیتروژن کاه غلات، کم (نسبت کربن به نیتروژن بیشتر از 20) است، بنابراین اگر کاه غلات و دیگر باقی‌مانده‌های گیاهی با نیتروژن کم به خاک افزوده شوند در طول فرایند تجزیه این باقی‌مانده‌های گیاهی، نیتروژن معدنی خاک غیر متحرک شده و به شکل‌های نسبتاً پایدار نیتروژن تبدیل می‌شود و وقتی که همه باقی‌مانده‌ها تجزیه شدند،

تجزیه میکروب‌ها موجب رهاسازی نیتروژن معدنی به محلول خاک خواهد شد اما تجزیه بافت‌های میکروبی کندتر است (نسبتاً مقاوم به تجزیه هستند). به‌طورکلی، حدود 50 تا 70 درصد از نیتروژن باقی‌مانده‌های آلی (یک محصول) برای محصول بعدی قابل استفاده خواهد بود.

2-4. آمونیوم تثبیت شده در کانی‌های رس

برخی کانی‌های رسی، آمونیوم را همانند پتاسیم تثبیت می‌کنند که بیشتر توسط رس‌های ورمیکولایت و ایلایت انجام می‌شود. به‌طورکلی، آمونیوم تثبیت شده در خاک، شامل آمونیوم تثبیت شده به طور طبیعی و آمونیوم تثبیت شده در اثر مصرف کودهای آمونیومی است. مقدار آمونیوم تثبیت شده نسبت به کل نیتروژن، با افزایش عمق خاک افزایش می‌یابد که به علت کاهش مواد آلی و افزایش رس خاک است. علاوه بر تثبیت یون آمونیوم توسط رس‌های خاک، آمونیوم نیز می‌تواند توسط مواد آلی خاک تثبیت شود؛ بنابراین کمپلکس آمونیوم - مواد آلی مقاوم به تجزیه بوده و در خاک‌های با مقدار زیادی مواد آلی، دارای اهمیت بیشتری است.

2-5. جذب نسبی آمونیوم در مقابل نیترات

عواملی که در جذب نسبی آمونیوم در مقابل نیترات تأثیر دارند عبارت‌اند از:

- غلظت نیتروژن در محلول خاک: هرچه غلظت نیتروژن در محلول خاک بیشتر باشد نسبت جذب آمونیوم به نیترات، به یک نزدیک‌تر می‌شود.

درجه‌حرارت: با حضور هم زمان آمونیوم و نیترات در محلول خاک، در درجه حرارت‌های پایین (کمتر از 10 درجه سانتی‌گراد) جذب آمونیوم بیشتر از نیترات است و در 25 درجه سانتی‌گراد جذب آمونیوم به حداکثر می‌رسد. جذب نیترات نیز با افزایش درجه‌حرارت، افزایش می‌یابد و در 23 درجه سانتی‌گراد بیشتر از آمونیوم می‌شود و در 35 درجه به حداکثر می‌رسد.

2-6. معدنی شدن نیتروژن در خاک

از مقدار کل نیتروژن در مواد آلی خاک، فقط بخشی از آن به‌سهولت قابل معدنی شدن بوده و بقیه آن تا حدودی پایدار است. برای تخمین مقدار معدنی شدن نیتروژن مواد آلی، نرخ تجزیه مواد آلی باید اندازه‌گیری شود (با فرض این که همه مواد آلی به طور یکسان تجزیه شوند). نتایج پژوهش‌های متعدد نشان داده است که حدود 1 تا 3 درصد (به طور میانگین 2 درصد) از مواد آلی خاک در سال تجزیه می‌شوند، در واقع به طور میانگین حدود 2 درصد از نیتروژن خاک در سال، قابل معدنی شدن است؛ بنابراین؛ بنابراین با اندازه‌گیری مقدار مواد آلی خاک‌ها، می‌توان مقدار رهاسازی نیتروژن در سال در واحد سطح را به طور تقریبی برای هر منطقه محاسبه نمود (باتوجه‌به این که مواد آلی حدود 5 درصد نیتروژن دارند و حدود 2 درصد از این نیتروژن در طول سال قابل معدنی شدن است)؛ بنابراین اگر دامنه نیتروژن کل در بیشتر خاک‌ها حدود 0/05 تا 0/1 درصد باشد و عمق لایه شخم 20 سانتی‌متر و جرم مخصوص ظاهری خاک‌ها در این لایه حدود 1/3 گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد مقدار معدنی شدن و رهاسازی نیتروژن حدود 20 تا 40 کیلوگرم در هکتار در سال خواهد بود که در بودجه سالانه نیتروژن موردنیاز باغ‌های مختلف (درختان میوه) می‌تواند منظور شود.

نیتریفیکاسیون، اکسیداسیون آمونیوم به نیترات است و یک فرایند اتوتروفیک است که به طور عمده توسط ریز جانداران نیتروزوموناس و نیتروباکتر انجام می‌شود. نرخ نیتریفیکاسیون به فراهمی عناصر غذایی، درجه‌حرارت، pH، تهویه، رطوبت و مواد آلی در خاک بستگی دارد. واکنش‌های تبدیل آمونیوم به نیتریت و نیتریت به نیترات، درجه یک[1] هستند و ریز جانداران نیتروزوموناس و نیتروباکتر بیشتر انرژی‌شان را از خود فرایند فراهم می‌کنند؛ بنابراین سرعت واکنش، معادل سرعت رشد میکروبی در خاک است. به طور معمول، پس از افزودن آمونیوم به خاک، نیتریفیکاسیون شروع می‌شود، بنابراین مقدار نیترات در خاک صورت هذلولی نسبت به زمان، افزایش می‌یابد و سرعت نیتریفیکاسیون نیز به جمعیت میکروب‌های نیتریت ساز، تهویه، pH خاک و درجه‌حرارت بستگی دارد. در شرایط pH خنثی، درجه‌حرارت 25 درجه سانتی‌گراد و تهویه مناسب، حدود 10 تا 20

[1]- First-order reaction

کیلوگرم آمونیوم در هکتار در روز به نیترات تبدیل می‌شود. نیتریفیکاسیون همچنین سبب اسیدی شدن خاک می‌شود.

نیترات‌زدایی (دنیتریفیکاسیون) به تبدیل نیترات به نیتروکسید (N_2O) یا گاز نیتروژن (N_2) اطلاق می‌شود. در شرایط بی‌هوازی و با حضور نیترات، برخی باکتری‌ها از نیترات به‌عنوان پذیرنده نهایی اکسیژن استفاده می‌کنند که به آن تنفس نیتراتی گفته می‌شود. در نیترات‌زدایی، تولید نیتروکسید در مقابل نیتروژن گازی با تهویه و pH تغییر می‌کند، با افزایش pH و کاهش تهویه، نسبت تولید نیتروژن گازی به نیتروکسید افزایش می‌یابد. نیتریفیکاسیون یک واکنش شبه صفر[1] است؛ بنابراین سرعت واکنش به مقدار نیترات در محیط بستگی ندارد. سرعت نیترات‌زدایی تحت‌تأثیر pH ، تهویه، مواد آلی قابل‌تجزیه و درجه‌حرارت است. به علت بزرگ‌بودن ضریب انتشار مؤثر نیترات در خاک (D_e)، بیشتر نیترات در خاک می‌تواند با جریان توده‌ای به سطح ریشه منتقل شود؛ بنابراین بیشتر نیترات موجود در خاک می‌تواند توسط ریشه‌ها جذب شود و همچنین راندمان جذب نیترات در خاک بسیار بیشتر از پتاسیم و فسفر است (ضریب انتشار مؤثر پتاسیم و فسفر در خاک، کمتر از نیترات است).

نیترات‌زدایی (دنیتریفیکاسیون) و شستشوی نیترات از مکانیسم‌های عمده تلفات نیتروژن در خاک هستند. این دو مکانیسم با هم کاملاً متفاوت هستند؛ ولی نتیجه نهایی آنها یکسان است، همچنین تأثیر شرایط محیطی و عملیات مدیریتی بر این فرایندها تقریباً مشابه است. پتانسیل تلفات نیتروژن از خاک به کلاس زهکشی طبیعی خاک، نفوذپذیری خاک (سطحی و عمقی)، کلاس شیب و شکل آن و همچنین بافت خاک بستگی دارد. به‌طورکلی، نیترات‌زدایی در خاک‌های ماندآب، خاک‌های با تهویه ضعیف و خاک‌های بی‌هوازی بیشتر رخ می‌دهد. تهویه ضعیف خاک مهم‌ترین عامل مؤثر در افزایش پتانسیل نیترات‌زدایی از خاک است، اما عوامل دیگر مانند درجه‌حرارت، pH، مواد آلی به‌آسانی قابل‌تجزیه و مقدار نیترات در خاک نیز در پتانسیل نیترات‌زدایی مؤثر هستند. به‌طورکلی، تلفات نیتروژن به شکل شستشو یا نیترات‌زدایی، زمانی تشدید می‌شود که نیتروژن به شکل نیترات در خاک مصرف شده یا وجود داشته باشد و رطوبت خاک نیز در

[1]- Zero-order reaction

اثر بارندگی یا مصرف آب آبیاری، بسیار زیاد باشد؛ بنابراین مدیریت مصرف نیتروژن باید طوری طراحی شود که در ماه‌هایی از سال که بارندگی فراوان و رطوبت خاک خیلی زیاد است مصرف نیتروژن حداقل باشد. عواملی که باید در مدیریت مصرف نیتروژن در درختان میوه لحاظ شود شامل: زمان مصرف نیتروژن، منبع کود نیتروژنی، درجه‌حرارت خاک، وضعیت رطوبتی خاک و زمان نیاز درختان به کود نیتروژنی هستند.

تصعید نیتروژن (به شکل گاز آمونیاک) از سطح خاک، یکی دیگر از مکانیسم‌های تلفات نیتروژن در خاک است. وقتی کود اوره (NH_2CONH_2) به شکل سرک در خاک مصرف می‌شود، آنزیم اوره‌آز، واکنش اوره را با آب برای تشکیل کربنات آمونیوم ($(NH_4)_2CO_3$) کاتالیز می‌کند و کربنات آمونیوم نیز خیلی سریع به آمونیاک و دی‌اکسیدکربن هیدرولیز می‌شود. هیدرولیز کربنات آمونیوم در خاک، موجب تجمع یون آمونیوم و همچنین افزایش pH در محل مصرف کود می‌شود که می‌تواند تلفات بیشتر آمونیاک یا افزایش غلظت نیتریت را به دنبال داشته باشد.

$$NH_2CONH_2 + 2H_2O \rightarrow (NH4)_2CO_3 \rightarrow 2NH_3 + CO_2$$

مخلوط‌کردن اوره با خاک سطحی، بارندگی یا آبیاری سبک بلافاصله پس از مصرف اوره موجب انتقال اوره به داخل خاک و کاهش تلفات آن به شکل تصعید می‌شود. در مقابل، عدم انجام آبیاری یا مخلوط‌نکردن اوره با خاک سطحی، به علت نبود، پوشش مناسبی برای نگهداری آمونیاک حاصل از هیدرولیز اوره موجب افزایش تصعید گاز آمونیاک از سطح خاک می‌شود؛ بنابراین پخش سطحی اوره در خاک‌های آهکی می‌تواند منجر به تلفات حدود 50 درصد نیتروژن اوره، به شکل گاز آمونیاک شود. عواملی که بیشترین تأثیر در تلفات اوره به شکل تصعید از سطح خاک دارند شامل:

- باقی‌مانده‌های آلی در سطح خاک (باقی‌مانده‌های محصولات مختلف پس از برداشت) دارای آنزیم اوره‌آز هستند و موجب تشدید هیدرولیز اوره و همچنین تلفات آن به شکل آمونیاک می‌شوند.
- برخی خصوصیات شیمیایی سطح خاک مانند ظرفیت تبادل کاتیونی (ظرفیت بافری خاک) و pH لایه سطحی خاک بیشترین تأثیر را در تلفات اوره به شکل تصعید دارند. افزایش ظرفیت بافری خاک، موجب کاهش تلفات آمونیاک می‌شود در مقابل، افزایش

pH خاک موجب کاهش پایداری کربنات آمونیوم و افزایش تلفات آمونیاک از سطح خاک می‌شود.

- محیط سطح خاک (درجه‌حرارت و رطوبت لایه سطحی خاک و همچنین سرعت حرکت هوا در سطح خاک) نیز بر تلفات اوره از سطح خاک تأثیر دارند. افزایش درجه‌حرارت لایه سطحی خاک به بیشتر از 10 درجه سانتی‌گراد، موجب افزایش هیدرولیز اوره می‌شود. به‌طورکلی، با افزایش درجه‌حرارت خاک و سرعت حرکت هوا در سطح خاک، به‌ویژه در خاک‌های مرطوب موجب افزایش تبخیر آب از سطح خاک و در نتیجه تلفات بیشتر آمونیاک از *سطح خاک می‌شود*.

مصرف اوره به شکل چال کود یا نواری، موجب افزایش شدید pH در آن منطقه می‌شود به‌طوری‌که مانع تبدیل نیتریت به نیترات و موجب تجمع مقدار زیادی نیتریت در منطقه چال کود یا نوار می‌شود. همچنین برخی خصوصیات شیمیایی خاک مانند pH بالای خاک و ظرفیت بافری پایین خاک، تجمع نیتریت را تشدید می‌کند به‌طوری باعث سمیت و مرگ ریشه‌های درختان در آن منطقه شده و راندمان جذب کودها از چال کود یا نوار را به‌شدت کاهش می‌دهد؛ لذا توصیه می‌شود از مصرف کود اوره به شکل چال کود یا نواری برای درختان میوه (به‌ویژه در مناطق شمالی کشور) خودداری شود. منابع اوره‌آز شامل باقی‌مانده‌های گیاهی، باکتری‌ها و خاک هستند و هر خاک، ظرفیت مشخصی از اوره‌آز دارد و هیدرولیز اوره نیز تابعی از ظرفیت اوره‌آز خاک قبل از مصرف کود اوره در خاک است. عواملی که در فعالیت اوره‌آز در خاک بیشترین تأثیر را دارند شامل:

- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: با افزایش مواد آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و رس در خاک، فعالیت اوره‌آز نیز افزایش می‌یابد. در مقابل، با افزایش درصد شن در خاک، فعالیت اوره‌آز در خاک کاهش می‌یابد. در مورد تأثیر pH خاک در فعالیت اوره‌آز گزارش‌های بسیار متناقضی وجود دارد.
- محیط سطح خاک: با افزایش درجه‌حرارت خاک از 10 تا 70 درجه سانتی‌گراد، فعالیت اوره‌آز افزایش می‌یابد و درجه‌حرارت بیشتر از 70 درجه موجب کاهش فعالیت اوره‌آز می‌شود. به‌احتمال زیاد تهویه خاک تأثیر چندانی در فعالیت اوره‌آز در خاک ندارد.

- برخی عملیات کشت: مصرف کودهای آلی مانند کودهای حیوانی و باقیمانده‌های محصولات در خاک موجب افزایش موقتی فعالیت اوره‌آز می‌شود و سپس مقدار آن دوباره به حالت عادی بر می‌گردد.

2-7. تأثیر کربنات کلسیم ($CaCO_3$) در تغییر و تبدیل نیتروژن در خاک

به‌طورکلی pH خاک می‌تواند بر سرعت چندین واکنش شیمیایی و بیولوژی نیتروژن و همچنین راندمان استفاده آن در خاک تأثیر داشته باشد. نیتریفیکاسیون (تبدیل آمونیوم به نیترات توسط باکتری‌های خاک) در دامنه pH بین 7 تا 8 بیشترین سرعت را دارد و در مقابل در pH کمتر از 5، تقریباً به صفر می‌رسد. کودهای آمونیومی مصرف شده در خاک‌های آهکی، در طول چند روز تبدیل به نیترات می‌شوند که می‌توانند همراه با آب خاک به‌راحتی از منطقه ریشه خارج شوند. اسید تولید شده در طی نیتریفیکاسیون به‌سرعت توسط آهک بالای خاک خنثی می‌شود؛ اما ممکن است این اسید بتواند pH خاک را (به‌ویژه در خاک‌هایی که آهک کمتری دارند) به طور موضعی در برخی میکروسایت‌ها کاهش دهد. تصعید آمونیاک که تبدیل یون آمونیوم به گاز آمونیاک است، موجب تلف‌شدن نیتروژن و ورود آن به اتمسفر می‌شود. تصعید کودهای آمونیاکی تنها با مصرف کودهای آمونیاکی در خاک‌های با pH بیشتر از 7 در لایه سطحی خاک قابل‌ملاحظه است. این وضعیت در خاک‌های آهکی یا در شرایطی که تجزیه کودهای نیتروژن موجب ایجاد شرایط قلیایی شود رخ می‌دهد (برای مثال هیدرولیز کودهای اوره). معمولاً در باغ‌های احداث شده در خاک‌های آهکی که کودهای نیتروژنی آمونیاکی در سطح خاک مصرف می‌شوند تصعید نیتروژن به شکل آمونیاک یک چالش است. پس از این که کودهای خشک دارای نیتروژن آمونیاکی، در سطح خاک مصرف شدند این کودها باید بلافاصله توسط آبیاری، عملیات مکانیکی یا بارندگی، به منطقه ریشه منتقل شوند. هیدرولیز اوره، معمولاً موجب ایجاد شرایط قلیایی نزدیک ذرات کود می‌شود که تلفات نیتروژن را تشدید می‌کند؛ بنابراین توصیه می‌شود که پس از مصرف سطحی اوره، بلافاصله آبیاری انجام شود یا با انجام عملیات مکانیکی با خاک سطحی مخلوط شود.

فصل سوم
نیتروژن در درختان مرکبات

بیشترین مقدار نیتروژن در گیاهان درحال‌رشد در پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک وجود دارد. حدود 10 درصد نیتروژن به‌صورت اسیدهای نوکلئیک و 80 تا 85 درصد به شکل پروتئین است. این ترکیبات، نقش کلیدی در همه فرایندهای فعال در گیاه دارند. پروتئین‌ها به طور عمده به شکل آنزیم‌ها برای فرایندهایی مانند جذب عناصر غذایی، فتوسنتز، حرکت و انتقال کربوهیدرات‌ها و تقسیم سلولی عمل می‌کنند. اسیدهای نوکلئیک در مولکول‌های RNA و DNA، ساختمان ژنتیکی گیاهان را تشکیل می‌دهند.

نیتروژن، بیشتر در بخش‌هایی موردنیاز است که رشد گیاه به طور فعال انجام می‌شود و به‌ویژه در فرایندهایی که در آنها تقسیم سلولی رخ می‌دهد. همچنین به مقدار زیادی در دانه‌ها موردنیاز است آنجایی که مواد نیتروژنی ساخته می‌شوند، حرکت می‌کنند و ذخیره می‌شوند؛ بنابراین مقدار نیتروژن، در نوک سرشاخه‌های درحال‌رشد، برگ‌های درحال‌رشد، میوه‌های جوان و دانه‌ها، بسیار زیاد است. مقدار نیتروژن، در برگ‌های بالغ نیز نسبتاً زیاد است؛ زیرا فرایند فتوسنتز در این اندام‌ها به مقدار زیادی آنزیم نیاز دارد. اما نیتروژن در بافت‌های چوبی و در بافت‌های میوه تازه (در حال برداشت) زیاد نیست. میوه‌ها، در اواخر فاز دوم رشد میوه (نزدیک زمان بلوغ فیزیولوژی) به‌سرعت توسعه می‌یابند. این عمل، ناشی از انبساط سلولی در اثر جذب آب است و نیاز زیادی به فعالیت‌های آنزیمی، مانند تقسیم سلولی ندارد؛ بنابراین، مصرف زیاد نیتروژن برای درختان میوه نزدیک به زمان برداشت، به طور مستقیم تأثیر چندانی در اندازه میوه ندارد. با کمبود نیتروژن در درختان میوه، رشد سرشاخه‌ها و اندازه برگ‌ها کاهش می‌یابد. همچنین برگ‌های سبز کم‌رنگ نزدیک انتهای سرشاخه‌ها و برگ‌های زرد در پایه شاخه‌ها از علائم کمبود نیتروژن است که موجب تولید جوانه‌های گل کمتر و میوه‌های کوچک‌تر و پررنگ‌تر خواهند شد.

شکل مصرف نیتروژن، تأثیر چندانی در فراهمی نیتروژن برای درختان میوه ندارد؛ لذا انتخاب مواد کودی باید بر اساس سایر ویژگی‌ها و ملاحظات باشد. برای مثال، کودهای آمونیومی ارزان‌تر هستند؛ ولی تا زمانی که به نیترات تبدیل نشوند چندان قابل‌جذب توسط ریشه‌ها نیستند. آنها همچنین pH خاک را به طور موضعی کاهش داده و اگر بلافاصله با خاک مخلوط نشوند در معرض تصعید هستند. در مقابل، کودهای نیتراته به‌سرعت برای درختان قابل‌جذب هستند. کودهای آلی و حیوانی، موجب بهبود ساختمان خاک و نفوذ آب در خاک می‌شوند که ناشی از تأثیر آنها در هم‌آوری بیشتر ذرات خاک است. به‌هرحال، آزادسازی نیتروژن از این کودها نسبت به کودهای تجاری، بسیار کندتر است.

محلول‌پاشی برگی به‌تنهایی نمی‌تواند نیتروژن کافی را برای درختان میوه فراهم نماید مصرف در اواخر تابستان یا اوایل پاییز (پس از برداشت) و اوایل بهار بسیار مؤثر است. وقتی که‌برگ‌های درختان ریزش کرده است (درختان میوه خزان‌دار) یا فعالیت درختان در حداقل است (درختان مرکبات در مناطق مدیترانه‌ای و نیمه‌گرمسیری)، نیتروژن بسیار کمی جذب می‌کنند؛ بنابراین مصرف نیتروژن در فصل خواب و حداقل فعالیت، به‌ویژه در مناطق شمالی کشور به علت شستشو، تصعید و نیترات‌زدایی، کارایی بسیار پایینی دارد و در برخی موارد، تقریباً غیرکارا خواهد بود. همچنین مصرف زیاد نیتروژن در فاز اول رشد میوه (تقسیم سلولی)، رشد رویشی درختان را تشدید می‌کند.

مقدار مصرف نیتروژن در هکتار برای درختان میوه، می‌تواند با عملکرد درختان، وضعیت نیتروژن درختان، نوع خاک، پوشش گیاهی، رقم و روش آبیاری تغییر کند. در حالت کمبود شدید درختان، به مقدار بیشتری از نیتروژن نیاز است. از طرف دیگر، کوددهی درختان با رشد رویشی زیاد باید برای یک تا دو سال متوالی کاهش یابد تا مقدار نیتروژن برگ آنها به حد بالای دامنه کفایت در برگ کاهش یابد. نوع خاک نیز در حاصلخیزی طبیعی خاک باغ تأثیر دارد و پوشش گیاهی می‌تواند مقداری نیتروژن به خاک اضافه کند یا با درختان برای جذب نیتروژن رقابت کند که به چگونگی مدیریت این پوشش گیاهی بستگی دارد. به‌طورکلی، ارقام زودرس نسبت به ارقام میان‌رس یا دیررس نیاز به نیتروژن کمتری دارند.

مصرف کودهای نیتروژن، توسط سیستم آبیاری قطره‌ای نشان داده است که این روش دارای راندمان جذب بسیار بیشتری است؛ بنابراین در شرایط یکسان، مقدار نیتروژن توصیه شده به روش پخش سطحی (تحت شرایط آبیاری کرتی و غرقابی)، حدود 1/5 تا 2 برابر نیتروژن مصرفی به روش کودآبیاری (سیستم آبیاری قطره‌ای) است. نیتروژن زیاد، موجب به تاخیر انداختن بلوغ میوه، کاهش رنگ، زیادی رشد رویشی و زیادی شاخ و برگ می‌شود که موجب سایه‌اندازی شاخه‌ها (روی شاخه‌های داخلی و پایین‌تر) و مرگ چوب‌های میوه‌ده پایینی و داخلی درختان می‌شود که در بیشتر اوقات، عملکرد و اندازه میوه را کاهش می‌دهد. مصرف زیاد نیتروژن در درختان میوه می‌تواند علائم سوختگی کود در این درختان را به همراه داشته باشد. علائم این ناهنجاری، شامل سوختگی برگ‌ها، ریزش برگ‌ها، تیره شدن آوندهای چوبی (در آوند آبکشی هیچ گونه علائمی ظاهر نمی‌شود) و حتی مرگ درختان است.

نیترات وارد شده به ریشه و دیگر اندام‌های درختان میوه توسط آنزیم نیترات ردوکتاز (یک آنزیم کمپلکس با وزن مولکولی نسبتاً زیاد و دارای فلاوین‌آدنین‌دی‌نوکلوتید (FAD)، سیتوکروم آهن و مولیبدن) در سیتوپلاسم سلول به نیتریت تبدیل می‌شود. فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به انرژی (NADPH به‌عنوان دهنده الکترون) نیاز دارد که می‌تواند از فرایند فتوسنتز یا تنفس تأمین شود. سپس نیتریت، توسط آنزیم نیتریت ردوکتاز در کلروپلاست‌ها و دیگر پلاست‌های سلول، به آمونیوم تبدیل می‌شود و در این مسیر، فردوکسین به‌عنوان دهنده الکترون عمل می‌کند که به‌وسیله دستگاه نوری ساخته می‌شود و در تاریکی از طریق تنفس فراهم می‌شود. در بافت‌های ریشه، فردوکسین وجود ندارد و ماده‌ای دیگر به‌عنوان ناقل الکترون عمل می‌کند. نیتریت ردوکتاز دارای وزن مولکولی کم است و در برگ‌ها، در کلروپلاست‌ها و در ریشه‌ها به‌احتمال زیاد در پلاست‌های آغازین قرار دارد. اما باوجود جدایی فضای محل فعالیت نیترات ردوکتاز (در سیتوپلاسم سلول) و نیتریت ردوکتاز (در کلروپلاست سلول)، نیتریت به‌ندرت در درختان سالم انباشته می‌شود که به‌احتمال زیاد ناشی از فعالیت بیشتر آنزیم نیتریت ردوکتاز نسبت به آنزیم نیترات ردوکتاز است. نیترات در برگ‌ها و ریشه می‌تواند به آمونیوم احیا شود. مقدار نسبی احیای آمونیوم در هر بخش به غلظت نیترات در منطقه ریشه، گونه و سن درختان بستگی دارد. اگر غلظت نیترات در منطقه

ریشه کم باشد بیشتر نیترات در ریشه به آمونیوم احیا می‌شود. ظرفیت احیای نیترات در ریشه‌ها محدود بوده و عامل محدودکننده آن، مقدار قندهای ریشه است (احیای نیترات به مقدار زیادی قند نیاز دارد). اما در بیشتر درختان میوه، ظرفیت احیای نیترات در ریشه‌ها بسیار زیاد است.

نیترات توسط آوندهای چوبی، از ریشه‌ها به اندام هوایی و برگ‌ها منتقل می‌شود. در واقع، نیترات در آوندهای چوبی بسیار متحرک است و در مقابل، در آوندهای آبکشی تقریباً غیر متحرک است. احیای نیترات در برگ‌ها، معمولاً بیشتر به سن برگ‌ها بستگی دارد. در زمان جهش‌های رشدی درختان میوه و در برگ‌های درحال‌توسعه، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز حداکثر بوده و سپس با کامل‌شدن جهش‌های رشدی سرشاخه‌ها و رشد برگ‌ها، فعالیت آنزیم کاهش می‌یابد؛ بنابراین نیترات وارد شده به برگ‌های مسن (که دارای فعالیت سوخت و سازی پایین هستند)، ممکن است چندان در رشد مؤثر نباشد. اما در برگ‌های با فعالیت سوخت و سازی مناسب، نیترات به آمونیوم تبدیل شده و سپس آمونیوم به ساختار اسیدهای آمینه و آمیدها وارد شده و همراه با کاتیون‌های متحرک در آوندهای آبکشی مانند پتاسیم و منیزیم به سایر اندام‌های مریستمی و درحال‌رشد مانند ریشه‌ها، میوه‌ها و برگ‌های جوان منتقل می‌شود. جابه‌جایی مجدد آنیون‌های اسیدهای آلی، به طور عمده مالات همراه با پتاسیم به ریشه‌ها، موجب رهاشدن یک آنیون (یون هیدروکسیل یا بی‌کربنات) به ریزوسفر ریشه می‌شود که می‌تواند تا حدودی pH منطقه ریشه را افزایش دهد. به علت عدم تحرک نیترات در آوندهای آبکش، مشکل تجمع نیترات در میوه‌های درختان چوبی وجود ندارد. آمونیوم وارد شده به ریشه درختان میوه، یا توسط سلول‌های ریشه جذب می‌شود یا به ساختار اسیدهای آمینه و آمیدها وارد شده و هم زمان برای تعادل بار الکتریکی در گیاه، به مقدار مساوی (اکی‌والان بار الکتریکی) پروتون از ریشه به ریزوسفر رها می‌شود که موجب کاهش pH ریزوسفر ریشه می‌شود. تقریباً همه آمونیوم جذب شده می‌تواند به شکل اسیدهای آمینه، آمیدها و دیگر ترکیبات مشابه، به اندام هوایی منتقل و مصرف شود. مصرف آمونیوم در ریشه‌ها به علت نیاز به اسکلت‌های کربن برای ساخت اسیدهای آمینه و آمیدها، به مقدار زیادی قند (مواد فتوسنتزی) نیاز دارد که باید از برگ‌ها (منبع) به ریشه‌ها (مخزن) انتقال یابد. تقریباً همه آمونیومی که از جذب آمونیوم یا

جذب نیترات وارد گیاه می‌شود توسط مسیر گلوتامین سینتتاز و گلوتامات سینتتاز، به ترکیبات آلی وارد می‌شود. اسیدآمینه گلوتامین سینتتاز، به‌عنوان گیرنده آمونیوم عمل کرده و گلوتامین تشکیل می‌شود. آنزیم دیگری که در مصرف آمونیوم دخالت دارد گلوتامات سینتتاز است که جابه‌جایی گروه آمیدی ($-NH_2$) از گلوتامین به اگزوگلوتارات را کاتالیز می‌کند (برای این واکنش فردوکسین از دستگاه فتوسنتزی یا NADPH از دستگاه تنفسی لازم است). گلوتامات سینتتاز، تولید دو مولکول گلوتامات می‌کند که یکی از آنها برای نگهداری چرخه مصرف آمونیوم لازم است و دیگری معمولاً برای ساخت پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها مصرف می‌شود.

3-1. پاسخ درختان مرکبات به مصرف کودهای نیتروژنی

مبنای اولیه برای ارزیابی نیاز سالانه نیتروژن، مقدار نیتروژن و توزیع آن در اندام‌های مختلف درختان مرکبات است. به‌طورکلی به دلیل مشکلات میدانی در تعیین وزن ریشه‌های درختان میوه، داده‌های چندانی در مورد کل ماده خشک، مقدار و توزیع نیتروژن وجود دارد. به‌طورکلی وزن ماده خشک یک درخت بالغ مرکبات بین 100 تا 300 کیلوگرم است و 70 تا 90 درصد از این ماده خشک به اندام‌های دائمی مانند شاخه‌ها، تنه و ریشه‌ها اختصاص دارد. اما حدود 30 تا 60 درصد از کل نیتروژن درختان در اندام‌های سالانه درختان (میوه ها و برگ‌ها) وجود دارد (بخش بزرگی از برگ های مرکبات سالانه تجدید می شوند). اما باتوجه‌به وضعیت درختان، محتوای نیتروژن بخش‌های مختلف درختان در سال‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد (داسبرگ، 1987).

برای تخمین نیاز کودی نیتروژن درختان با استفاده از این داده‌ها، باید به دو سؤال مهم پاسخ داده شود: چه مقدار نیتروژن در سال در بخش‌های دائمی درخت ذخیره می‌شود و چه بخشی از نیتروژن برگ‌ها، شکوفه‌ها، میوه‌های ریزش کرده و اندام‌های هرس‌های شده در کف باغ می‌تواند مجدداً از خاک بازیافت شود. بر اساس پژوهش‌های متعدد میدانی حدود 30 تا 60 گرم نیتروژن در بخش‌های دائمی هر درخت (معادل 20 کیلوگرم در هکتار) ذخیره می‌شود که کمتر از یک‌دهم نیتروژن موجود در میوه‌ها و برگ‌ها است (داسبرگ، 1987؛ فیگنبام و همکاران، 1986). میوه‌های درختان نیز دارای

مقدار زیادی نیتروژن است که با برداشت میوه، این بخش نیتروژن از باغ و سیستم خارج می‌شود. نیتروژن آلی موجود در خاک نیز متناسب با شرایط اقلیمی و مدیریتی به‌تدریج به تعادلی پایدار در خاک می‌رسد (استیونسون، 1982). این که چه مقدار از نیتروژن اندام‌های مختلف درختان هرس شده یا ریخته شده در کف باغ مجدداً بازیافت می‌شود یا به شکل ترکیبات فرار نیتروژن (N_2، NH_3 یا N_2O) تصعید یا به شکل نیترات به لایه‌های پایین خاک شسته می‌شود. داده‌های چندانی در این مورد وجود ندارد؛ اما بر اساس گزارش‌های امبلتون و جونزل (1978) حدود 75 درصد نیتروژن این اندام‌ها پس از تجزیه تصعید می‌شود.

پاسخ عملکردی مرکبات به مصرف نیتروژن در مناطق مختلف جهان متغیر است (داسبرگ، 1987). بر اساس گزارش‌های میدانی بلندمدت با پرتقال والنسیا در فلوریدا مصرف نیتروژن بیشتر از 150 کیلوگرم در هکتار تأثیری در افزایش عملکرد نداشت (روتر و همکاران، 1957). در کالیفرنیا، بیشترین عملکرد از مصرف 100 تا 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال حاصل شد (اسمیت، 1971). در آفریقای جنوبی هیچ پاسخ عملکردی با مصرف بیشتر از 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال گزارش نشده است (دوپلیسس، 1977). در ژاپن مصرف 150 تا 250 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال برای باغ‌های نارنگی ساتسوما توصیه می‌شود (والاس و همکاران، 1954). گزارش آزمایش‌های طولانی‌مدت میدانی در باغ‌های مرکبات در استرالیا نشان داده است که درختان مرکبات به بیشتر از 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال پاسخ نداده‌اند (کری و ویرت، 1977). گزارش آزمایش‌های بلندمدت میدانی در باغ‌های مرکبات در ایران، مصرف حداکثر 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای باغ‌های با عملکرد کم و 200 کیلوگرم برای باغ‌های با عملکرد بالا به روش کودآبیاری توصیه می‌شود؛ اما برای باغ‌های بدون کودآبیاری (سرک خاکی) به ترتیب 200 و 250 کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه می‌شود (اسدی کنگرشاهی، 1398). به‌طورکلی این داده‌های به‌دست‌آمده از نقاط مختلف جهان نشان می‌دهد که از نظر عملکرد میوه، درختان مرکبات به مصرف زیاد نیتروژن پاسخ نمی‌دهند و مصرف بیشتر از 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال اغلب موجب کاهش کیفیت میوه می‌شود. گزارش‌های محدودی افزایش عملکرد با مصرف حدود 300

کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال نیز وجود دارد که احتمالاً به دلیل مصرف مداوم نیتروژن همراه با آب آبیاری است.

2-3. تحرک نیتروژن در درختان میوه

نظر به راندمان پایین مصرف کودهای نیتروژنی در درختان میوه، به‌ویـژه در اوایـل فصل رشد، همچنین به علت نیاز شدید درختان به نیتروژن در زمان گلدهی و این کـه جذب توسط ریشه‌ها در این زمان در حداقل می‌باشد مصرف زیاد کودهای شیمیایی در اواخر زمستان و اوایل بهار، اغلب موجب هدررفت سرمایه باغداران، آلودگی آب‌های زیر زمینی و در نهایت، کاهش درآمد و اقتصاد باغدار می‌شود. یکی از راه‌های مهم و کلیدی در افزایش عملکرد و کاهش تناوب باردهی درختان میوه، افزایش درصد تشکیل میـوه است. پژوهش‌های متعدد نشان داده است که درختان میوه در زمان گل‌دهی، بیشترین نیاز به نیتروژن دارند و این نیتروژن، عمدتاً از نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های درخت (به‌ویژه ریشه‌های فیبری و شاخه‌های جوان) تأمین می‌شود. در مقابل، نیتروژن مصرفی در طول فصل رشد، بیشتر در اندام‌هایی از درخت ذخیره می‌شود که انتقال مجـدد آن بسیار ناچیز است و نمی‌تواند نیاز گل‌ها را در زمان خـاص تـأمین کنـد. امـا نیتـروژن مصرفی به‌صورت محلول‌پاشی در انتهای فصل رشد، پس از گل آغازی و قبل از تمـایز جوانه‌های گل، بیشتر مؤثر است. از طرف دیگر، به علت اختلاف‌فاز رشدی که بین رشد ریشه‌ها و رشد فلش‌های قسمت هوایی درخت وجود دارد در زمان شروع رشد فلش‌های بهاره و گل‌دهی، فعالیت ریشه بسیار پـایین اسـت و حـداقل جـذب از خـاک صـورت می‌گیرد و راندمان مصرف کودهای نیتروژنی در این زمان به‌ویـژه در اسـتان مازنـدران کمتر از 20 درصد است. از طرفی، نیتروژن مصرفی در پاییز مـی‌توانـد در شـاخه‌هـای جوان، جوانه‌ها و ریشه‌های فیبری ذخیره شده و در بهار سال بعد، نیاز فلش‌های اوایل فصل، جوانه‌های گل و رشد اولیه میوه چه‌ها را تأمین کند.

در بیشتر گیاهان چوبی، نیتروژن موردنیاز بافت‌های جدید در اوایل فصل رشد، توسط نیتروژن آلی از دیگر بافت‌های درختان (مانند برگ‌ها، جوانه‌ها، سرشاخه‌ها و ریشه‌ها) فراهم می‌شود. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که بیشتر از 70 درصد

نیاز نیتروژن بافت‌های جدید در اوایل فصل رشد از نیتروژن ذخیره شده در بافت‌های قدیمی تأمین می‌شود. در مورد گل‌ها، بیشتر از 80 درصد نیتروژن موردنیاز، از نیتروژن ذخیره شده در بافت‌های قدیمی تأمین می‌شود. با افزایش سن بافت‌های جدید، نقش نیتروژن محلول خاک در تأمین نیتروژن موردنیاز آنها افزایش می‌یابد.

پاییز شاید مناسب‌ترین زمان مصرف برخی عناصر غذایی، برای درختان میوه باشد به‌ویژه، اگر این عناصر برای این درختان محدودکننده باشند. نیتروژن موردنیاز برای رشد اوایل فصل، جوانه‌های گل و رشد اولیه میوه چه‌ها، از اندام‌های ذخیره درخت و دیگر بافت‌های چوبی گیاهان تأمین می‌شود؛ بنابراین، برای باغدار اهمیت دارد که درختان با نیتروژن کافی به حداقل فعالیت زمستانی یا خواب بروند. تحرک نیتروژن در بافت‌های درختان میوه نشان داده است که آزادسازی نیتروژن از اندام‌های ذخیره برای رشد فصل جاری تا حدود دو ماه پس از شکوفایی گل‌ها ادامه دارد. در درختان میوه، دوره گل‌دهی و تشکیل میوه از حیاتی‌ترین مراحل توسعه میوه است و بیشترین تأثیر را بر عملکرد و کیفیت نهایی میوه دارند. در این مراحل بیشترین تقاضا برای عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن وجود دارد. در مقابل، درجه‌حرارت خاک در این زمان معمولاً پایین است. این درجه‌حرارت پایین منطقه ریشه، موجب کاهش فعالیت‌های متابولیک ریشه، حلالیت عناصر غذایی در محلول خاک و انتقال آنها در گیاه می‌شود؛ بنابراین توانایی درختان برای استفاده از عناصر غذایی خاک به بسیاری از عوامل دیگر غیر از تقاضای گیاه بستگی دارد و این عوامل ارتباطی با تقاضای گیاه ندارند.

باتوجه‌به نیاز زیاد درختان میوه به نیتروژن و راندمان استفاده پایین آن به‌ویژه در اوایل فصل رشد، ارائه روش‌های مناسب برای افزایش راندمان استفاده و کاهش هدررفت آن، یکی از اهداف بیشتر برنامه‌های تحقیقاتی در جهان است. یکی از روش‌های بهبود راندمان استفاده نیتروژن در درختان میوه به‌ویژه در اوایل فصل رشد، محلول‌پاشی پاییزه اوره در درختان میوه پس از برداشت است که می‌تواند مصرف خاکی نیتروژن در اوایل فصل رشد سال بعد را کاهش داده یا حتی در بیشتر موارد، جایگزین آن شود. در این روش، نیتروژن با کارایی بالا توسط برگ‌های این درختان جذب می‌شود. این نیتروژن جذب شده توسط برگ‌ها در همه اندام‌های درختان از جمله ریشه‌ها توزیع

می‌شود و به‌آسانی برای گل‌ها، میوه چه‌ها و رشد سرشاخه‌ها در بهار سال بعد قابل‌استفاده است. همچنین افزودن سولفات روی به محلول اوره موجب تحرک بیشتر اوره در بافت‌ها و اندام‌های دائمی درختان می‌شود (اسدی کنگرشاهی، 1401). بعضی شواهد نشان می‌دهد که محلول‌پاشی اوره بعد از برداشت، سرعت تجزیه و فساد برگ‌های کف باغ را افزایش داده و موجب کاهش برخی بیماری‌ها در سال بعد می‌شود.

جذب، انتقال و توزیع نیتروژن محلول‌پاشی شده به شکل اوره بعد از برداشت میوه در پاییز نشان داده است که بیشترین جذب نیتروژن توسط برگ‌ها در دو روز اول بعد از محلول‌پاشی رخ می‌دهد. همچنین غلظت آمینواسیدها در برگ‌ها، پوست و ریشه‌ها در تیمار محلول‌پاشی نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. راندمان جذب نیتروژن توسط برگ‌ها حدود 40 درصد است و 70 درصد از این نیتروژن جذب شده به اندام‌های ذخیره منتقل می‌شود. ریشه‌ها و پوست، مخزن‌های عمده نیتروژن محلول‌پاشی شده هستند.

محلول‌پاشی اوره در هر زمانی از فصل رشد، حتی در فصل حداقل فعالیت و خواب درختان میوه می‌تواند انجام شود. اما محلول‌پاشی اوره در پاییز، از بیشترین کارایی و بیشترین تأثیر در درختان میوه برخوردار است. محلول‌پاشی اوره پس از برداشت میوه در پاییز، می‌تواند ذخیره نیتروژن، گل‌دهی، تشکیل میوه و رشد درختان میوه را در فصل بعد افزایش دهد. ذخیره نیتروژن در بافت‌های دائمی در انتهای فصل رشد در درختان میوه از اهمیت زیادی برخوردار است. مقدار نیتروژن ذخیره در انتهای فصل رشد، در رشد و میوه‌دهی درختان در فصل بعد تأثیر زیادی دارد. برخی پژوهش‌ها نشان داده است که بین رشد رویشی و زایشی در اوایل بهار با مقدار نیتروژن ذخیره در بسیاری از گونه‌ها و ارقام درختان میوه، همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد، بنابراین افزایش ذخیره نیتروژن، یکی از اهداف مدیریت‌های نوین باغ‌ها برای افزایش تولید، پایداری تولید در باغ‌های میوه و کاهش مصرف کودهای نیتروژن در اوایل فصل و همچنین کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است.

به‌طورکلی منحنی نمادین پاسخ عملکردی درختان مرکبات به مصرف نیتروژن (شکل 3-1) نشان می‌دهد که کاهش بیشتری در فراهمی نیتروژن لازم است تا عملکرد

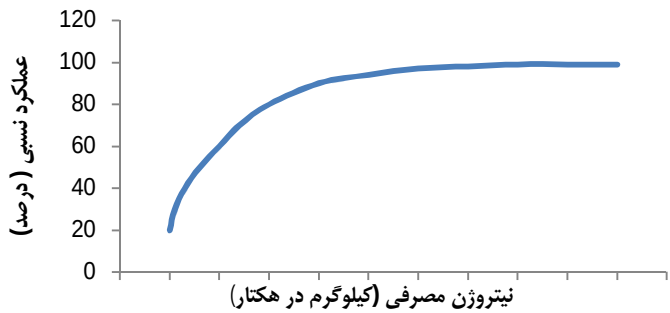
این درختان به طور شدید کاهش یابد. رابطه بین پاسخ عملکرد درختان و مقدار کود مصرفی، منحنی پاسخ عملکرد نامیده می‌شود. شکل این منحنی برای بیشتر محصولات در بیشتر شرایط اقلیمی و خاکی تقریباً مشابه است. رابطه افزایش عملکرد مرکبات با افزایش مصرف کود نیتروژن در دو شرایط مختلف در شکل 3-2 نشان داده شده است. این منحنی نشان می‌دهد که در سطوح پایین نیتروژن مصرفی، افزایش عملکرد به‌ازای افزایش هر واحد نیتروژن بسیار زیاد است اما همچنان که عملکرد افزایش می‌یابد با افزایش مصرف هر واحد کود نیتروژنی، افزایش عملکرد کمتری حاصل خواهد شد و این پاسخ کوچک‌تر به‌ازای افزایش هر واحد مصرف کود به قانون بازده نزولی معروف است. دو منحنی پاسخ در شکل 3-2، اثر مقدار مصرف کود نیتروژن را بدون عامل محدود کننده و با عامل‌های محدود کننده‌ی دیگر نشان می‌دهد. اگر پاسخ عملکرد، به وسیله یک عامل محدود کننده دیگر، به نصف کاهش یابد شکل این دو منحنی مشابه نخواهد بود و نرخ نیتروژن مصرفی، آن‌جایی‌که شیب تقریباً هموار می‌شود برای باغ‌های با تولید بالاتر، فقط مقدار کمی بیشتر خواهد بود.

منحنی پاسخ عملکرد نشان می‌دهد که این منحنی، هرگز کاملاً مسطح نمی‌شود و از نظر تئوری، همیشه مقدار نیتروژن بیشتر، مقدار افزایش عملکرد بیشتری (هر چند کوچک) را ایجاد خواهد کرد. به علت این‌که هزینه کود درگذشته، جزو کوچکی از هزینه تولید را تشکیل می‌داد به طور معمول میزان نیتروژن بیشتری مصرف می‌شد تا بیشترین عملکرد ممکن تولید شود. به‌هر حال، نتایج تحقیقات در باغ‌های مرکبات به ندرت نشان داده است که مصرف کود نیتروژن بیشتر از 200 کیلوگرم در هکتار بدون توجه به پتانسیل عملکرد، سودی برای باغ‌دار داشته باشد. در مقابل، چندین آزمایش نشان داده است که مصرف نیتروژن بیشتر از مقدار بهینه، معمولاً با کاهش عملکرد همراه بوده است (سریواستاوا و سینگ، 2003؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

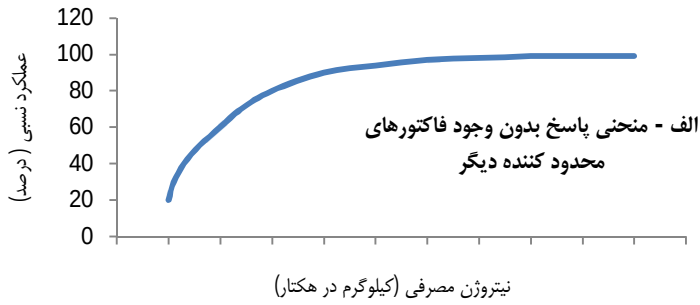
عناصر غذایی که توسط محصول از مزرعه خارج می‌شوند باید با مصرف کودها جایگزین شوند. مقدار عناصر غذایی که توسط محصول خارج می‌شوند از مقدار خیلی کم (کمتر از 500 گرم در هکتار) برای عناصر غذایی میکرو (کم مصرف) تا بیشتر از

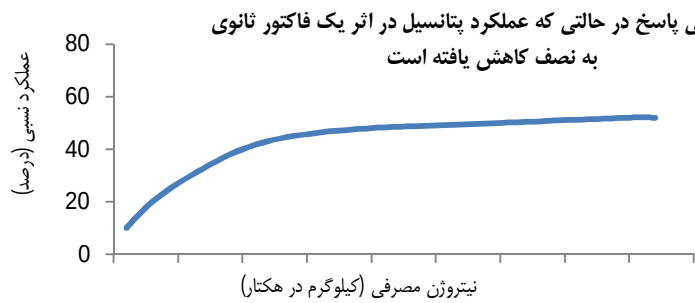
100 کیلوگرم در هکتار برای نیتروژن یا پتاسیم در باغ‌های با تراکم زیاد و تولید بسیار بالا تغییر می‌کند. برای پرتقال‌ها، تقریبا 1/5 کیلوگرم نیتروژن به‌ازای هر تن میوه با برداشت میوه خارج می‌شود؛ بنابراین دامنه خروج عناصر غذایی با برداشت میوه، از 30 کیلوگرم در هکتار به‌ازای 20 تن عملکرد در هکتار (باغ‌های با عملکرد ضعیف) تا حدود 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای باغ‌هایی که عملکرد آنها حدود 80 تن در هکتار می‌باشد، متفاوت است.

راندمان جذب عناصر غذایی از کودهای مصرف شده، صددرصد نیست؛ بنابراین عناصر غذایی بیشتری باید مصرف شود تا حداقل نیاز درختان فراهم شود. راندمان استفاده نیتروژن، مقدار نیتروژن برداشت شده توسط محصول، تقسیم بر مقدار نیتروژن مصرفی است که دامنه آن از 20 تا 40 درصد در باغ‌های با عملکرد پایین تا متوسط است. به‌هرحال، این راندمان در باغ‌های با عملکرد خوب، حدود 50 درصد است؛ بنابراین مصرف حدود 240 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، مقدار موردنیاز یک باغ پرتقال با عملکرد حدود 80 تن در هکتار را وقتی که راندمان استفاده نیتروژن حدود 50 درصد باشد، تأمین می‌کند. اما باغدارانی که از آخرین تکنولوژی‌های کوددهی (مانند سیستم هیدروپونیک باز، کودآبیاری و کودهای کندرها) با مدیریت آبیاری خوب استفاده نمایند، می‌توانند راندمان استفاده نیتروژن را به بیشتر از 70 درصد نیز افزایش دهند.



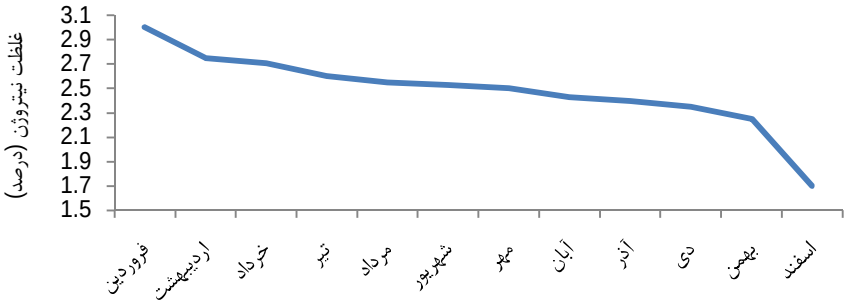
شکل 3-1. پاسخ کلی درختان مرکبات به مصرف نیتروژن (اسدی کنگرشاهی، 1393)





شکل 3-2. پاسخ کلی درختان مرکبات به مصرف کود نیتروژن (اسدی کنگرشاهی، 1393)

(الف –منحنی پاسخ، بدون فاکتور محدودکننده دیگر، ب –منحنی پاسخ، وقتی که یک فاکتور دیگر، عملکرد را به نصف کاهش داده است)



شکل 3-3. تغییرات غلظت نیتروژن برگ (با افزایش سن برگ) در درختان مرکبات

جدول 3-1. راهنمای تفسیر نتایج تجزیه برگ (شاخه‌های انتهایی میوه‌دار سیکل بهاره) درختان پرتقال (ناول‌ها) (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

عنصر	غلظت (درصد)				
	کمبود	کم	مناسب	زیاد	خیلی زیاد
نیتروژن	< 2	2/1-2/3	2/4-2/9	3-3/5	> 3/6

جدول 3-2. راهنمای تفسیر نتایج تجزیه برگ (شاخه‌های انتهایی بدون میوه سیکل بهاره) درختان پرتقال (ناول‌ها) (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

عنصر	غلظت (درصد)				
	کمبود	کم	مناسب	زیاد	خیلی زیاد
نیتروژن	< 2/2	2-2/4	2/5-2/7	2/8-3	> 3

جدول 3-3. راهنمای تفسیر نتایج تجزیه برگ درختان نارنگی (انشو) (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

عنصر	غلظت عناصر غذایی (درصد)				
	کمبود	کم	مناسب	زیاد	خیلی زیاد
نیتروژن	< 1/5	1/6-2/5	2/6-3	3-3/5	> 3/5

جدول 3-4. تنظیم برنامه کودی نیتروژن مرکبات بر اساس نتایج تجزیه برگ (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1398)

عنصر غذایی	اگر غلظت عنصر غذایی در برگ کمتر از مقدار مطلوب باشد.	اگر غلظت عنصر غذایی در برگ بیشتر از مقدار مطلوب باشد.
نیتروژن	1. عملکرد کنترل شود. 2. سلامت درختان کنترل شود. 3. مدیریت آبیاری باغ بازنگری شود. 4. مقدار مصرف کود نیتروژن بازنگری شود.	1. مواد آلی خاک کنترل شود. 2. مقدار مصرف کودهای نیتروژنی بازنگری شود.

3-3. تراز نیتروژن در باغ‌های مرکبات

گزارش‌های ارائه شده برای ایجاد تعادل نیتروژن در باغ مرکبات نشان می‌دهد که حتی در باغ‌های با عملکرد بالا، برداشت کل نیتروژن توسط درختان مرکبات (میوه، برگ، تنه و شاخه‌ها، ریشه‌ها) به‌ندرت بیشتر از 100 کیلوگرم در هکتار در سال است (جدول3). برداشت نیتروژن بیشتر (146 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) تنها در باغ‌های با عملکرد بسیار بالا (85 تن در هکتار) در مصرف‌های بسیار بالا نیتروژن حاصل شده است. این داده‌ها از این ایده حمایت می‌کنند که مصرف بیشتر از 200 کیلوگرم در هکتار در سال با در نظر گرفتن 20 کیلوگرم نیتروژن ذخیره در هکتار در سال در ساختار اسکلتی درختان غیر ضروری است و موجب افزایش تلفات نیتروژن می‌شود. همچنین داده‌های جدول3-5 نشان می‌دهد که در مواردی تراز منفی گزارش شده است که نشان می‌دهد مقدار نیتروژن برداشت شده توسط درختان از مصرف سالانه بیشتر است. این بدان معنی است که مقداری نیتروژن از خاک با معدنی شده نیتروژن مواد آلی تأمین شده است و همچنین در مواردی مقدار شستشوی نیتروژن از اختلاف ورودی نیتروژن به باغ توسط مصرف کود و خروجی نیتروژن توسط درختان بیشتر است که موجب ایجاد تراز منفی شده است. از سوی دیگر، تلفات بیش از حد نیتروژن، مانند آنچه در مصرف زیاد نیتروژن رخ داده است ممکن است موجب افزایش تثبیت نیتروژن توسط مواد آلی خاک یا افزایش ورود به اندام‌های ذخیره کننده در قسمت‌های مختلف درختان باشد (جدول3-5).

جدول 3-5. تراز نیتروژن در باغ‌های مختلف مرکبات (داسبرگ، 1987)

رقم	نیتروژن				
	مقدار مصرف (کیلوگرم در هکتار)	جذب شده (کیلوگرم در هکتار)	اختلاف بین مقدار مصرف و جذب شده (زیادی)	شستشو شده از پروفیل خاک	تراز
پرتقال والنسیا	156	60	106	67	39
پرتقال واشنگتن ناول	124	52	72	18	54
	368	61	308	58	249
لیموی لیسبون	57	73	-16	31	-47
	165	86	79	109	-30
	486	101	385	239	146
پرتقال شموتی	50	51	-1	48	-49
	250	53	197	80	117
پرتقال شموتی	108	74	34	21	13
	170	128	42	15	27
	308	146	162	61	101

3-4. ذخیره‌سازی و انتقال مجدد نیتروژن

به‌طورکلی مقدار ذخیره نیتروژن در اسکلت ساختاری درختان از 100 تا 500 کیلوگرم در هکتار متغیر است. این که چه مقداری از این نیتروژن قابلیت انتقال مجدد را دارد و چه مقدار می‌تواند در سوخت و ساز درختان مشارکت فعال داشته باشد یا پس از جابه‌جایی، بیشتر به کدام اندام‌ها منتقل می‌شود از نظر مدیریت مصرف نیتروژن اهمیت بسیار زیادی دارد (داسبرگ، 1987). استفاده از نیتروژن نشان‌دار (^{15}N) برای ردیابی جذب و انتقال مجدد نیتروژن در درختان مرکبات نشان داد که برگ‌های مسن درختان پرتقال قبل از ریزش دارای نیتروژن بسیار کمتری از برگ‌های جوان هستند و نشان داد که بیش از 50 درصد نیتروژن برگ‌ها قبل از ریزش، به سایر اندام‌های درختان منتقل می‌شود (والاس و همکاران، 1954). البته مطالعات بعدی این برآورد را زیاد گزارش کردند (امبلتون و همکاران، 1973). استفاده از نیتروژن نشان‌دار با درختان جوان مرکبات جوان نشان داد تنها 15 درصد از نیتروژن برگ‌های جوان در اوایل فصل از خاک جذب می‌شود و در مقابل بخش عمده‌ای از این نیاز نیتروژنی سرشاخه‌های جوان از ذخیره نیتروژن درختان تأمین می‌شود (والاس و همکاران، 1954). این پدیده در درختان خزان‌کننده به خوبی شناخته شده است، به این صورت که نیتروژن ذخیره شده در پارانشیم پوست و سلول‌های شعاعی آوندهای چوبی بیشترین تأثیر را در رشد و توسعه گل‌ها و سرشاخه‌ها در اوایل فصل دارد. اهمیت این نیتروژن ذخیره در درختان مرکبات کمتر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از ویژگی‌های تغذیه گیاهان چوبی، ذخیره مقدار زیادی از ترکیبات نیتروژن‌دار در اندام‌های خاص و متحرک شدن مجدد آن‌ها بر اساس یک نرخ ثابت سالانه است. معمولاً نیتروژن در طول پاییز و زمستان در این درختان ذخیره می‌شود و در رشد جدید در اوایل بهار مورداستفاده قرار می‌گیرد. در درختان مرکبات، برگ‌ها منبع اصلی نیتروژن در طول فصل بهار و تابستان هستند حدود دو سوم از نیتروژن خارج شده از برگ‌ها، از پروتئین‌ها و بقیه از نیتروژن محلول، احتمالاً از اسیدهای آمینه می‌آید، بنابراین هیدرولیز پروتئین در برگ‌ها، منبع عمده نیتروژن برای اندام‌های جدید را در طول کل رشد بهار و تابستان تضمین می‌کند. همچنین اسیدهای آمینه برگ‌های مسن به‌ویژه

پرولین، نیز نقش مهمی به‌عنوان ذخیره نیتروژن در مراحل اولیه رشد سرشاخه‌های بهاره ایفا می‌کند (مورنو و کارسیا- مارتیتز، 1984).

پژوهش‌های انجام شده در مورد زمان مصرف نیتروژن در درختان نارنگی انشو نشان داده است که بیشترین بازیابی کود نیتروژن از کوددهی تابستانه و کمترین آن از کوددهی پاییزی یا کوددهی اوایل فصل در بهار است. در کوددهی پاییزی یا اوایل فصل، نه‌تنها نیتروژن کمتری توسط درخت جذب می‌شود، بلکه مقدار کمتری از نیتروژن جذب شده توسط ریشه به سرشاخه‌ها، برگ‌ها و میوه‌ها منتقل می‌شود. این پژوهش همچنین نشان داد که کود نیتروژن عمدتاً توسط اندام‌های جدید جذب می‌شود، اما تبادل زیادی بین نیتروژن اندام‌های جوان و نیتروژن ذخیره در درختان مرکبات وجود دارد (ایواکری ناکارا، 1981). لیگاز و همکاران (1982) از درختان کالاموندین با بستر ماسه به‌عنوان مدلی برای مطالعات جذب و انتقال نیتروژن با نیتروژن نشان‌دار استفاده کردند و گزارش کردند که کود نیتروژن مصرفی در گلدهی ترجیحاً به اندام‌های جدید منتقل می‌شود، اما همچنین در اندام‌های ذخیره نیز جذب می‌شود. بخش عمده‌ای از نیتروژن میوه‌های درحال‌توسعه از اندام‌های ذخیره تأمین می‌شود. در طول گلدهی، درختان روزانه 30 میلی‌گرم نیتروژن به‌ازای هر کیلوگرم ماده خشک جذب می‌کنند در طول مرحله تشکیل میوه، میزان جذب نیتروژن به طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (لیگاز و همکاران، 1982). همچنین مطالعات جذب و انتقال نیتروژن با نیتروژن نشان‌دار با درختان چهارساله والنسیا در مراحل مختلف چرخه رشد نشان داد که کمترین جذب نیتروژن در طول دوره استراحت زمستانی، در مرحله گلدهی جذب نیتروژن شروع به افزایش کرد و در مرحله تشکیل میوه به بیشترین مقدار رسید. در طول دوره استراحت زمستانی، بخش اعظم نیتروژن جذب شده در ریشه‌ها تجمع می‌یابد، درحالی‌که در مرحله گلدهی و تشکیل میوه، بیشتر نیتروژن جذب شده به برگ‌ها و میوه‌ها وارد می‌شود (لیگاز و همکاران، 1981). جذب و انتقال نیتروژن با مصرف نیتروژن نشان‌دار در پاییز برای درختان جوان مرکبات با وزن خشک کمتر از یک کیلوگرم نشان داد که بیش از 50 درصد از نیتروژن جذب شده در اندام‌های قدیمی (ریشه، ساقه و برگ‌های مسن) در طول گلدهی به رشد جدید منتقل می‌شود و این نسبت به‌تدریج افزایش یافت تا اینکه در مرحله رشد سر شاخه‌های پاییزی تقریباً به 90 درصد رسید، ریشه‌ها و برگ‌های مسن بیشترین بخش ذخیره نیتروژن را در این درختان

داشتند. اما مصرف مجدد نیتروژن پس از مصرف نیتروژن نشان‌دار موجب شد اهمیت اندام‌های ذخیره در تأمین نیتروژن برای اندام‌های جوان درحال‌رشد به‌تدریج از 70 درصد در مرحله گلدهی به 30 درصد در مرحله رشد سرشاخه‌های پاییزی کاهش یافت. در درختان با کمبود نیتروژن، در همه مراحل رشد به‌شدت به نیتروژن ذخیره وابسته هستند (بیش از 80 درصد)؛ بنابراین تغییرات فصلی در جذب نیتروژن و توزیع آن در بین اندام‌های درخت به‌وضوح مشاهده می‌شود و این نیتروژن ذخیره در بافت‌های مسن‌تر برای رشد مناسب برگ‌ها و گل‌های جدید در بهار از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (لیگاز و همکاران، 1981).

بررسی سرنوشت جذب و توزیع نیتروژن در درختان بالغ مرکبات در طول فصل رشد با مصرف کم (340 گرم نیتروژن) و مصرف زیاد نیتروژن (1000 گرم نیتروژن) نشان‌دار به‌ازای هر درخت نشان داد که گرچه همه درختان وزن خشک کل یکسانی داشتند، اما درختان با مصرف کم نیتروژن، سیستم ریشه بزرگتر و میوه و برگ کمتری داشتند و مقدار کل نیتروژن در درختان با مصرف کم نیتروژن به‌ویژه در میوه‌ها و شاخه‌ها کمتر بود (جدول‌های3-6 و 3-7). بازیابی کل نیتروژن برای دو مورد مشابه بود، اما در درختان با مصرف کم نیتروژن، باقیمانده کود نیتروژن در خاک فقط 5 درصد بود در حالی در درختان مصرف زیاد نیتروژن این باقیمانده حدود 16 درصد بود. بازیابی بیشتر کود نیتروژن در درختان با مصرف کم نیتروژن به‌ویژه در برگ‌ها، ریشه‌ها و شاخه‌ها ظاهر شده بود. جالب بود که حتی در درختان با مصرف زیاد کود نیتروژن، 23 درصد از نیتروژن میوه و 21 درصد نیتروژن به طور مستقیم از کود تأمین شده بود و حدود 80 درصد نیتروژن موردنیاز بافت‌های جوان درحال‌رشد از نیتروژن ذخیره درختان تأمین می‌شد. اندام‌های دائمی درختان با مصرف کم نیتروژن، درصد بیشتری از نیتروژن موردنیاز برگ‌ها و میوه‌های درحال‌رشد را (حدود 84 درصد) تأمین کردند. این درختان همچنین راندمان جذب ظاهری نیتروژن بسیار کمتری را در ریشه‌ها و شاخه‌ها نشان دادند که می‌توان آن را به‌عنوان تخلیه نیتروژن از این اندام ها به نفع میوه‌ها، شاخه‌ها و برگ‌های درحال‌رشد توضیح داد (فیگنبام و همکاران، 1986). این داده‌ها با نتایج به دست آمده با درختان جوان مرکبات با بستر شن و ماسه مطابقت دارد(ایواکری و ناکارا، 1981؛ لیگاز و همکاران، 1981 و 1982؛ والاس و همکاران، 1954). نتایج گزارش‌های لیگاز و همکاران (1982)

نشان داد که نیتروژن موردنیاز برگ‌های جدید، سرشاخه‌های جدید، گل‌ها و میوه‌چه‌های جوان عمدتاً از نیتروژن ذخیره شده در برگ‌های مسن، سرشاخه‌های سال گذشته، ساقه و بازوها، ریشه‌ها تأمین می‌شود و کمتر از 3 درصد نیتروژن مورد نیازشان از کوددهی سال جاری تأمین می‌شود.

جدول 3-6. وزن خشک کل و اندام‌های مختلف درختان بالغ مرکبات

رقم	سن درختان	وزن خشک (درخت/کیلوگرم)	توزیع وزن خشک (درصد)			
			میوه	برگ	تنه و شاخه‌ها	ریشه‌ها
پرتقال والنسیا	10	80	16	19	49	16
پرتقال شموتی	20	320	13	7	55	24
گریپ‌فروت	19	273	3	6	57	34
نارنگی انشو	30	498	18	8	53	21
پرتقال تامسون	21	256	12	7	49	32

جدول 3-7. مقدار نیتروژن کل و توزیع آن در اندام‌های مختلف درختان بالغ مرکبات

رقم	نیتروژن کل (درخت/گرم)	توزیع نیتروژن (درصد)			
		میوه	برگ	تنه و شاخه‌ها	ریشه‌ها
پرتقال والنسیا	734	21	41	28	10
پرتقال شموتی	2379	20	22	42	15
گریپ‌فروت	2061	6	18	33	43
نارنگی انشو	3597	27	23	38	22
پرتقال تامسون	1845	18	27	26	29

تصویر جامع‌تری از منابع فراهمی نیتروژن و تعادل آنها در باغ مرکبات بر اساس داده‌های آزمایشی اخیر در جدول 3-8 نشان داده شده است (داسبرگ و همکاران، 1983و 1984؛ فینگبام و همکاران، 1986). ماده آلی خاک، بزرگترین منبع فراهمی نیتروژن (بیش از دو تن نیتروژن در هکتار) است. نیتروژن معدنی به شکل نیترات (NO_3) مستقیماً توسط ریشه قابل جذب است است، فقط حدود 4 تا 5 درصد از این منبع بزرگ نیتروژن را تشکیل می‌دهد.

نیتروژن مصرفی به‌صورت کود در دو تیمار آزمایشی حدود 140 و 416 کیلوگرم در هکتار بود در حالی میزان توصیه شده حدود 200 کیلوگرم در هکتار در سال است مقدار نیتروژن جذب شده توسط درختان از کود مصرفی در آن سال به ترتیب معادل 80 و 166 کیلوگرم در هکتار است و راندمان جذب به ترتیب حدود 57 و 40 درصد بود. این مقادیر نیتروژن تنها بخش کوچکی از مقدار کل نیتروژن موجود در درختان بالغ است و مقدار کل نیتروژن در درختان بالغ حدود چهار تا پنج برابر بیشتر از میانگین مصرف کود سالانه است. همچنین مقدار نیتروژنی که از مصرف کود به اندام‌های سالانه درختان وارد می‌شود در مقایسه با نیتروژن مصرف شده بسیار کم است. همه اینها اهمیت دو منبع اصلی نیتروژن (ماده آلی خاک و اسکلت درختان) را نشان می‌دهد. با مقایسه درختان آزمایشی با نیتروژن کم و زیاد می‌توان دریافت که چگونه از این منابع نیتروژن برای حفظ رشد و پایداری تولید در باغ‌های با مصرف کم نیتروژن استفاده کرد علی‌رغم این واقعیت که راندمان جذب نیتروژن در درختان با مصرف نیتروژن کمتر، نسبتاً بیشتر و نیترات موجود در خاک نیز کمتر است و شستشوی نیتروژن اگرچه با سرعت کمتر، ولی ادامه دارد.

جدول 3-8. ذخیره و تعادل نیتروژن در باغ‌های مرکبات

تیمارها	نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	
	کم	زیاد
نیتروژن در مواد آلی خاک (کیلوگرم در هکتار)	2080	2140
نیتروژن نیتراتی خاک (کیلوگرم در هکتار)	85	113
نیتروژن کل درختان (کیلوگرم در هکتار)	861	990
نیتروژن مصرفی به‌صورت کود (کیلوگرم در هکتار)	140	416
نیتروژن درختان تأمین شده از کوددهی فصل جاری (کیلوگرم در هکتار)	80	166
نیتروژن میوه تأمین شده از کوددهی فصل جاری (کیلوگرم در هکتار)	15	22
نیتروژن برگ‌ها تأمین شده از کوددهی فصل جاری (کیلوگرم در هکتار)	27	47
نیتروژن شسته شده (نیترات) به زیر منطقه ریشه (کیلوگرم در هکتار)	37	64
راندمان جذب (درصد)	57	40

فصل چهارم
مهم‌ترین وظایف نیتروژن در درختان میوه

▪ **تحریک رشد رویشی:** مصرف زیاد کودهای نیتروژنی در اوایل فصل رشد باعث افزایش جهش‌های رشدی سرشاخه‌ها می‌شود. این افزایش رشد در درختان بارده موجب افزایش رقابت با میوه چه‌ها برای متابولیت‌ها و تشدید ریزش میوه چه‌ها خواهد شد. همچنین مصرف زیاد کودهای نیتروژنی موجب کاهش رشد طولی ریشه می‌شود.

▪ **بیوسنتز اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها:** نیتروژن موجود در گلوتامات و گلوتامین، در ساخت دیگر آمیدها، اسیدهای آمینه و ترکیبات با وزن مولکولی زیاد مانند پروتئین مورداستفاده قرار می‌گیرد. اسکلت‌های کربن برای ساخت این اسیدهای آمینه گوناگون، به طور عمده از حد واسط‌های فتوسنتز (اسید فسفوگلیسریک)، گلیکولیز و چرخه کربس فراهم می‌شوند. نیتروژن در ساختار آمینواسیدها، آمیدها، پروتئین‌ها، نوکلئیک‌اسیدها، نوکلوتیدها و کوآنزیم‌ها و هگزوزآنزیم‌ها و..... شرکت دارد. همچنین نیتروژن برای تقسیم سلولی، رشد و تنفس بهینه ضروری است که این اعمال بیشتر در پروتئین‌ها و نوکلئوپروتئین‌ها با تغییرات زیاد در مقدار آمین‌ها، اسیدهای آمینی، قندهای آمینی و غیره رخ می‌دهد. اغلب ترکیبات نیتروژنی فعال در پروتوپلاسم و هسته سلول‌های گیاهی وجود دارند.

▪ **ساخت ترکیبات نیتروژنی آلی با وزن مولکولی کم:** این ترکیبات نیتروژنی در جابه‌جایی گوگرد احیا شده در آوندهای آبکشی، جابه‌جایی (مسافت دور) برخی عناصر کم‌مصرف در آوندهای چوبی (مانند منگنز و مس)، ساخت ترکیبات چند آمینی و تنظیم اسمزی در شرایط تنش مؤثر هستند. برای تنظیم اسمزی، ترکیبات نیتروژنی با وزن مولکولی کم مانند پرولین و بتائین (ترکیباتی محلول هستند) در سیتوپلاسم تجمع می‌یابند. همچنین بتائین (گلیسین بتائین)، از غیرفعال‌شدن آنزیم‌ها در شرایط تنش

شوری محافظت می‌کند و در افزایش پایداری غشاهای سلولی در شرایط تنش گرمایی نقش زیادی دارد؛ بنابراین ترکیبات آلی نیتروژنی با وزن مولکولی کم در سازش گیاهان به شرایط تنش، اهمیت زیادی دارند.

- **فتوسنتز خالص و شاخص سطح برگ (سطح برگ به واحد سطح خاک):**

اگر مصرف نیتروژن، کمتر از حد مطلوب باشد با مصرف نیتروژن و واردشدن آن به ساختمان مواد آلی، ساخت اسیدهای آمینه و پروتئین و به دنبال آن رشد برگ‌ها و شاخص سطح برگ نیز افزایش می‌یابد. با افزایش سطح برگ، فتوسنتز خالص و ساخت کربوهیدرات‌ها نیز افزایش می‌یابد اما نیاز به کربوهیدرات‌ها (اسکلت‌های کربن) با مصرف نیتروژن، دیگر مسیرهای بیوسنتز مانند ساخت قندهای محلول، نشاسته، سلولز و چربی‌های ذخیره را تحت‌تأثیر قرار نمی‌دهد. با مصرف بیشتر کودهای نیتروژنی، بخشی از نیتروژن آلی به مکان‌های ذخیره‌ای می‌رود و با افزایش بیشتر شاخص سطح برگ، فتوسنتز خالص به علت سایه‌اندازی برگ‌ها و شاخه‌ها روی همدیگر افزایش نخواهد یافت. با مصرف بسیار زیاد کودهای نیتروژنی، جذب و مصرف بیشتر نیتروژن آلی موجب کاهش دیگر ترکیبات عمده مانند قندهای محلول و نشاسته می‌شود که سبب تشدید رقابت بین اندام‌های مختلف خواهد شد. به دنبال آن، ریزش شدید میوه چه‌ها در فاز اول ریزش (ریزش پس از تشکیل میوه) و فاز دوم ریزش (ریزش تابستانه)، کاهش اندازه و کیفیت میوه‌ها و کاهش انتقال کربوهیدرات‌ها به ریشه‌ها رخ می‌دهد. کاهش انتقال کربوهیدرات‌ها به ریشه، موجب کاهش رشد ریشه‌ها، تخلیه کربوهیدرات‌ها و کاهش تنفس می‌شود و کاهش تنفس نیز موجب کاهش فراهمی انرژی برای فرایندهای فعال مانند جذب برخی عناصر غذایی خواهد شد. همچنین کاهش جذب عناصر غذایی موجب به‌هم‌خوردن تعادل هورمونی (هر عنصر غذایی در تولید یک یا چند هورمون نقش دارد) و کاهش یا توقف فرایندهای گل انگیزی و تشدید تناوب باردهی درختان میوه می‌شود؛ بنابراین، این فرایند می‌تواند یکی از دلایل تناوب باردهی در درختان میوه باشد. یکی دیگر از دلایل تناوب باردهی، محصول (میوه) زیاد درخت در یک سال و کاهش انتقال کربوهیدرات‌ها به ریشه‌ها است که مکانیسمی مشابه دارد. همچنین در اثر مصرف زیاد نیتروژن، برخی از ترکیبات متابولیت ثانویه (مثل فنل‌ها) نیز کاهش می‌یابد که می‌تواند موجب تضعیف سیستم دفاعی گیاه شود.

- **تشکیل گل و میوه:** تشکیل گل در درختان میوه بیشتر تحت‌تأثیر زمان و شکل مصرف نیتروژن است (تا مقدار مصرف آن). محلول‌پاشی اوره (با بیورت پایین) در درختان مرکبات با غلظت حدود 10 در هزار به‌علاوه یک مویان با غلظت حدود 0/4 در هزار قبل از تمایز جوانه‌های گل، موجب افزایش تعداد گل‌ها در بهار سال بعد خواهد شد. محلول‌پاشی اوره تعداد شاخه‌های زایشی و همچنین تعداد گل‌ها در هر شاخه را به طور معنی‌داری افزایش (از 20 تا 30 درصد) می‌دهد. این اثر نیتروژن ناشی از نقش تغذیه‌ای آن نیست و این محلول‌پاشی، تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن برگ ندارد؛ بلکه به علت افزایش برخی اسیدهای آمینه و آمیدها در برگ درختان از جمله آرژنین و آسپراژین است. این ترکیبات مانند هورمون‌های گیاهی، نقش تسریع‌کننده‌ای در افزایش گل‌دهی دارند. یکی دیگر از عوامل مؤثر در تشکیل میوه، داشتن کیسه‌های جنینی (تخمدان‌های) مناسب است که با افزایش غلظت نیتروژن در جوانه‌های گل، کیفیت کیسه‌های جنینی آنها و درصد تشکیل میوه افزایش خواهد یافت.
- **ساخت و انتقال سایتوکنین‌ها:** نیتروژن (نسبت به دیگر عناصر غذایی) بیشترین تأثیر را بر رشد ریشه، تولید و انتقال سایتوکنین‌ها به اندام هوایی دارد.
- **اسید آبسیزیک:** با کمبود نیتروژن، مقدار اسید آبسیزیک (ABA) در همه بخش‌های اندام هوایی درختان میوه به‌شدت افزایش می‌یابد. اما در درختانی با مقدار کافی نیتروژن، مقدار اسید آبسیزیک در برگ‌های جوان بیشتر از برگ‌های بالغ و پیر است که نشان‌دهنده جابه‌جایی اسید آبسیزیک از برگ‌های پیرتر (منبع) به برگ‌های جوان (مخزن) است.
- **فعالیت روزنه‌ها:** در درختانی که کمبود نیتروژن دارند یا غلظت نیتروژن آنها کمتر از حد مطلوب است در اثر تنش آبی (خشکی)، روزنه‌ها سریع‌تر از درختان مشابه با نیتروژن کافی بسته می‌شوند. این پاسخ سریع‌تر روزنه‌ها، در درختان دارای کمبود نیتروژن، تنها به علت غلظت بیشتر اسید آبسیزیک نیست؛ بلکه ناشی از کاهش غلظت سایتوکنین‌ها نیز است (اسید آبسیزیک و سایتوکنین‌ها اثر متضادی در باز شدن و قطر دهانه روزنه‌ها دارند).

- **تنش خشکی:** درختان با غلظت زیاد نیتروژن به تنش خشکی حساس‌ترند و در مقابل، درختان با غلظت کمتر نیتروژن، متحمل‌تر به تنش خشکی هستند که به‌احتمال زیاد ناشی از موارد زیر است:
  - تغییر در شکل ظاهری و رشد ریشه
  - تغییر در ساختمان درونی برگ (مانند کوچک‌تر بودن پهنک‌برگ)
  - تغییرات فیزیولوژیکی (مانند تغییر نسبت اسید آبسیزیک به سایتوکنین)

فصل پنجم
علائم ظاهری کمبود نیتروژن در برگ درختان مرکبات

مهم‌ترین علائم ظاهری و روند توسعه کمبود نیتروژن

- برگ‌های جدید ابتدا علائم کمبود را نشان می‌دهند که شکل زردی عمومی سرشاخه‌های انتهای درختان بدون هیچ نقش‌ونگار خاصی ظاهر می‌شوند.
- علائم در برگ‌های مسن‌تر ظاهر می‌شوند و سپس به‌طرف برگ‌های جوان‌تر توسعه می‌یابند که دارای اندازه کوچک، نازک، شکننده و سبز روشن هستند.
- علائم توسط برگ‌های سبز متمایل به زرد روشن با رگبرگ‌های تا حدودی روشن‌تر از بافت‌های بین رگبرگ‌ها مشخص می‌شوند.
- برگ‌های سبز بالغ به‌آرامی رنگ‌پریده می‌شوند با لکه‌های سبز نامنظم با زمینه زرد که وقتی کامل زرد شدند شروع به ریزش می‌کنند.
- علائم اغلب همراه با کاهش رنگ پوست میوه است که معمولاً رنگ‌پریده و صاف می‌شوند.

اعمال متابولیکی نیتروژن

- در ساختار آمینواسیدها، آمیدها، پروتئین‌ها، نوکلئیک‌اسیدها، نوکلئوتیدها و کوآنزیم‌ها و هگزوزآنزیم‌ها و ... شرکت دارد.
- برای تقسیم سلولی، رشد و تنفس بهینه ضروری است که این اعمال بیشتر در پروتئین‌ها و کلئوپروتئین‌ها با تغییرات زیاد در مقدار آمین‌ها، اسیدهای آمینی، قندهای آمینی و غیره رخ می‌دهد.

- اغلب ترکیبات نیتروژنی فعال در پروتوپلاسم و هسته سلول‌های گیاهی وجود دارند.

علائم کمبود نیتروژن ابتدا در برگ‌های مسن ظاهر می‌شود و سپس به‌تدریج به‌طرف برگ‌های جوان‌تر پیشرفت می‌کند. کمبود نیتروژن به‌صورت برگ‌های سبز متمایل به زرد کم‌رنگ با رگبرگ‌های کمی روشن‌تر ظاهر می‌شود. برگ‌های جدید، کوچک، نازک، ترد، شکننده و دارای رنگ سبز روشن می‌شوند (شکل 5-1). درختانی که در خاک‌های با کمبود نیتروژن رشد می‌کنند ممکن است ظاهری تقریباً طبیعی داشته باشند اما اندازه آنها کوچک‌تر است. این درختان، میوه کمی دارند و در برخی موارد نیز ممکن است میوه‌ای تولید نکنند و همچنین تناوب باردهی شدید دارند. درختان مرکبات با کمبود نیتروژن، به طور پراکنده گل می‌دهند، فلش‌های رشدی (جهش‌های رشدی)، به طور نامنظم ظاهر می‌شوند و همچنین رشد برگ و شاخه‌های آنها محدود است. کمبود نیتروژن، موجب زردی کل شاخ و برگ می‌شود، این علائم به‌ویژه در درختانی که به خوبی تغذیه می‌شوند و سپس مصرف نیتروژن آنها به سرعت کاهش می‌یابد، ظاهر می‌شود. برگ‌های فلش‌های جدید، سبزتر از برگ‌های فلش‌های مسن هستند.

برگ‌های سبز بالغ به‌آرامی به شکل بلوک‌های زرد و سبز نامنظم تغییر می‌یابند سپس کاملاً زرد شده و می‌ریزند. همچنین رشد درختان متوقف می‌شود و میزان محصول کاهش می‌یابد و پوست میوه کم‌رنگ و صاف می‌شود. اگر کمبود نیتروژن در طول تابستان و پاییز، زمانی که میوه‌ها درحال‌توسعه و بالغ‌شدن هستند، رخ دهد بعضی از برگ‌ها زرد شده و ممکن است ریزش کنند (علائمی که تقریباً مانند کمبود منیزیم است). در درختان با کمبود نیتروژن، رشد شاخه‌های جوان خیلی کم و نامنظم می‌شود. خشکیدگی سرشاخه‌ها و مرگ شاخه‌های انتهایی رخ می‌دهد و تولید محصول کاهش می‌یابد. علائم کمبود نیتروژن ابتدا در برگ‌های مسن ظاهر می‌شود و سپس به‌تدریج به‌طرف برگ‌های جوان‌تر پیشرفت می‌کند. کمبود نیتروژن به‌صورت برگ‌های سبز متمایل به زرد کم‌رنگ با رگبرگ‌های کمی روشن‌تر ظاهر می‌شود. برگ‌های جدید، کوچک، نازک، ترد، شکننده و دارای رنگ سبز روشن می‌شوند (شکل 5-2). برگ‌های سرشاخه‌های جدید، سبزتر از برگ‌های شاخه‌های قدیمی هستند؛ ولی در برگ‌های سبز

بالغ، ابتدا به‌تدریج لکه‌های سبز نامنظم و زرد ظاهر شده و سپس کاملاً زرد می‌شوند. برای گل‌دهی قوی درختان مرکبات و تشکیل میوه مناسب، ذخیره مناسبی از نیتروژن در این درختان ضروری است. در زمان شکوفایی گل‌ها در بهار و تشکیل میوه، کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در ذخیره نیتروژن درختان رخ می‌دهد. این ذخیره نیتروژن در طول ماه‌های پاییز و زمستان گذشته در درخت ایجاد می‌شود. پژوهش‌های انجام شده، نشان داده است که میوه‌های درختان دارای کمبود نیتروژن، معمولاً آبدار و دارای پوست صاف، نازک و همچنین رنگ این میوه‌ها روشن‌تر است. تحت وضعیت کمبود شدید نیتروژن، شاخه‌های انتهایی دچار سر خشکیدگی و مرگ شده و رشد رویشی کاملاً متوقف می‌شود.

توانایی تشخیص، بین کمبود نیتروژن و کمبود دیگر عناصر غذایی برای باغدار از نظر مدیریت تغذیه باغ، بسیار مهم است. علائم کمبود منیزیم در مراحل آخر فصل رشد، معمولاً با کمبود نیتروژن اشتباه می‌شود، اما باید به‌خاطر داشت که‌برگ‌های زرد، همیشه شاخص کمبود نیتروژن نیستند. کمبود نیتروژن با زردشدن عمومی شاخ‌وبرگ در کل درخت، بدون نقش و نگارهای برگی خاص، مشخص می‌شود. همچنین کمبود نیتروژن، بیشتر بعد از گل‌دهی و قبل از شروع فصل تابستان ظاهر می‌شود. در بسیاری موارد، شاخ‌وبرگ چنین درختانی در طول فصل تابستان سبزتر می‌شوند به‌ویژه اگر درختان، میوه کمی داشته باشند. در مقابل، کمبود منیزیم، بیشتر در تابستان در مرحله دوم رشد میوه توسعه می‌یابد و ممکن است سبب زردی کامل برگ‌ها در پاییز یا اوایل زمستان شود (بدون سبزشدن مجدد برگ‌ها)، مگر این که کود منیزیم مصرف شود. دلیل اصلی کمبود نیتروژن در درختان میوه، کاهش فراهمی نیتروژن در خاک است که می‌تواند ناشی از عوامل مختلف زیر باشد:

- *شستشوی نیتروژن*: شستشوی نیتروژن از خاک، توسط بارندگی یا آبیاری‌های سنگین، به‌ویژه در خاک‌های با بافت سبک.
- *تنش مانداب و غرقاب*: موجب کمبود نیتروژن می‌شود که در بیشتر باغ‌های مرکبات مازندران از دلایل عمده کمبود نیتروژن، خشکیدگی سرشاخه‌ها، ریزش میوه چه‌ها و.... است.

- *سن درختان*: راندمان و ظرفیت جذب نیتروژن در درختان مرکبات، با افزایش سن کاهش می‌یابد بنابراین مصرف نیتروژن برای درختان ضعیف و مسن باید در طول فصل رشد به‌دفعات متعدد انجام شود.
- *مصرف زودهنگام کودهای نیتروژنی*: مصرف بخش عمده کودهای نیتروژنی قبل از شروع رشد فلش‌های بهاره و عدم تقسیط آن در طول فصل رشد، از دلایل اصلی کمبود نیتروژن در درختان میوه است. مصرف زیاد کودهای نیتروژنی در اواخر زمستان (کود پایه) در باغ‌های مرکبات شرق مازندران، درحالی‌که درختان در این زمان کمترین راندمان جذب را دارند، از دلایل اصلی کمبود نیتروژن و ریزش برگ در زمان گلدهی و تشکیل میوه است؛ بنابراین توصیه می‌شود مصرف کود پایه در این زمان حذف شده یا به حداقل رسانده شود و بیشتر نیتروژن موردنیاز درختان در فاز اول (پس از تشکیل میوه چه‌ها) و اوایل فاز دوم رشد میوه مصرف شود.

شکل 5-1. علائم کمبود نیتروژن در درختان مرکبات

شکل 5-2. علائم کمبود نیتروژن در درختان مرکبات

شکل 5-3. علائم زیادی و سمیت نیتروژن در درختان مرکبات

(سوختگی نوک برگ‌ها)

فصل ششم
مدیریت کوددهی نیتروژن برای درختان جوان و غیر بارده مرکبات

6-1. مقدار مصرف نیتروژن برای درختان جوان

مقدار مصرف نیتروژن برای درختان جوان نارنگی و پرتقال (به‌ازای هر درخت) به روش کودآبیاری در جدول 6-1 ارائه شده است (برای درختان جوان لایم، لمون، لیموشیرین و گریپ‌فروت که رشد رویشی بیشتری دارند مقدار مصرف نیتروژن 20 تا 30 درصد بیشتر توصیه می‌شود). این جدول، مقدار نیتروژن خالص بر اساس سن درختان و تراکم کاشت را نشان می‌دهد. مقدار مصرف سالانه کود نیتروژن خالص برای رسیدن به رشد رویشی و تاج مناسب، برای درختان 1ساله با تراکم حدود 300 تا 700 درخت در هکتار به ترتیب 42 و 98 کیلوگرم در هکتار، درختان 2 ساله 84 و 196 کیلوگرم در هکتار و درختان 3 ساله 120 و 280 کیلوگرم در هکتار توصیه می‌شود. مصرف کودها در چندین تقسیط، راندمان مصرف کودها را افزایش می‌دهد زیرا موجب حفظ پایدارتر قابلیت استفاده نیتروژن در خاک و کاهش پتانسیل شستشوی نیتروژن در خاک می‌شود. برای درختان جوان (1 تا 3 ساله) مصرف 6 تا 8 تقسیط در سال، از کودهایی مانند اوره، سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم توصیه می‌شود. اما اگر کودها به‌صورت کودآبیاری مصرف شوند مصرف 10 تا 12 تقسیط در سال توصیه می‌شود. اگر از کودهای کندرها استفاده شود مصرف 2 تا 3 بار در سال کافی است. برای درختان جوان، کودهای کندرها می‌توانند قبل از کاشت (مخلوط کردن با خاک منطقه ریشه)، پس از کاشت (مخلوط کردن با خاک سطحی حاشیه درختان) و یا پخش سطحی، مصرف شوند.

جدول 6-1. مقدار نیتروژن توصیه شده برای نهال‌های جوان مرکبات (یک تا سه سال) با توجه به تراکم کاشت به روش کودآبیاری، برای کوددهی سنتی، 20 تا 40 درصد افزوده شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1394).

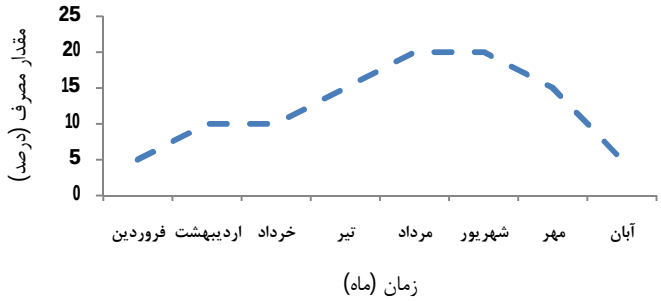
تراکم کشت (درخت در هکتار)	مقدار نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)		
	سال اول	سال دوم	سال سوم
300	42	84	120
320	45	90	128
340	48	96	136
360	51	101	144
380	54	107	152
400	56	112	160
420	59	118	168
440	62	124	176
460	65	129	184
480	68	135	192
500	70	140	200
520	73	146	208
540	76	152	216
560	79	157	224
580	82	163	232
600	84	168	240
620	87	174	248
640	90	180	256
660	93	185	264
680	96	191	272
700	98	196	280

6-2. مدیریت زمان مصرف کودهای شیمیایی درختان جوان

6-2-1. مدیریت کوددهی درختان جوان (1 تا 3 سال) در شمال کشور

باتوجه‌به این که راندمان مصرف کودها در درختان جوان، به‌ویژه در اوایل فصل رشد بسیار پایین است (به‌ویژه در مناطق شمالی کشور)، از طرف دیگر رشد شاخه‌های بهاره (جهش‌های رشدی در بهار)، بیشتر تحت‌تأثیر مواد غذایی ذخیره درختان است و این ذخیره، بیشتر به مدیریت کوددهی اواخر فصل رشد در سال گذشته بستگی دارد؛ بنابراین کوددهی در اوایل فصل رشد در سال جاری، تأثیر چندانی در افزایش مقدار ذخیره و رشد فلش‌های بهاره ندارد؛ لذا توصیه می‌شود که باغداران، کوددهی اوایل فصل را با حداکثر 5 الی 10 درصد نیاز سالانه درختان شروع نمایند و به‌تدریج، مقدار مصرف (درصدی از نیاز

سالانه) را افزایش داده و در اواسط تابستان به حداکثر مقدار مصرف ارتقا دهند. سپس مقدار مصرف کود، به‌تدریج کاهش داده شود و در اواخر فصل رشد برای بهبود تحمل درختان جوان نسبت به تنش‌های سرمایی، مصرف کودها را به حداقل مقدار کاهش دهند یا کوددهی را متوقف کنند. به‌طورکلی، این روند مصرف باید به‌گونه‌ای مدیریت شود که بافت‌های فلش‌های رشدی سوم (فلش‌های پاییزی)، فرصت زمانی کافی برای کامل‌شدن داشته باشند (شکل6-1). بر اساس کارهای پژوهشی و میدانی نگارندگان در مناطق میانه و شرق مازندران، برای درختان جوان این مناطق توصیه می‌شود مصرف کودهای نیتروژنی با 5 درصد نیاز سالانه در فروردین‌ماه شروع شود و در ماه‌های مرداد و شهریور به حداکثر مقدار (20 درصد نیاز سالانه)، افزایش داده شود و سپس در مهر و آبان کاهش یابد به‌طوری‌که در آبان‌ماه با مصرف 5 درصد نیاز سالانه، مصرف کودهای نیتروژنی متوقف شود. اما به علت نقش کودهای پتاسیمی در تحمل به تنش سرمای زمستانه و انتقال کربوهیدرات‌ها به بافت‌های ذخیره، کوددهی پتاسیم با 5 درصد نیاز سالانه در اوایل فصل (فروردین‌ماه) شروع شود و در شهریور و مهر به حداکثر مقدار (20 درصد نیاز سالانه) افزایش داده شود و در آبان‌ماه با مصرف 15 درصد مصرف سالانه، کوددهی متوقف شود.

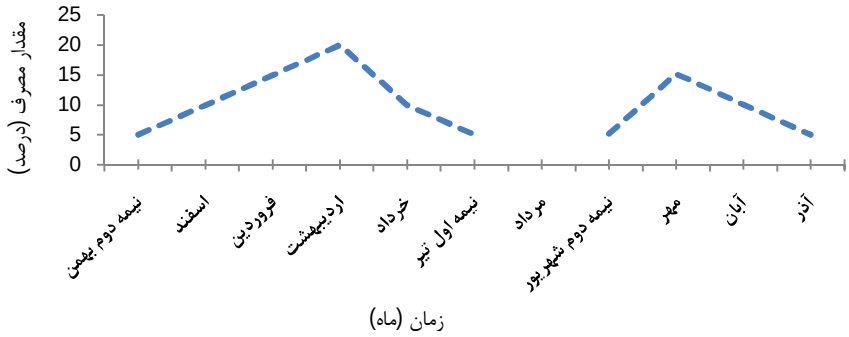


شکل 6-1. مدیریت مصرف نیتروژن برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 سال) در طول فصل رشد در مناطق شمالی کشور

6-2-2. مدیریت کوددهی درختان جوان (1 تا 3 سال) در جنوب کشور

باتوجه‌به گرمای شدید تابستان در مناطق جنوب کشور مانند حاجی‌آباد و ناز دشت بندرعباس، جیرفت، دزفول و .....، توصیه می‌شود تغذیه درختان مرکبات در دو مرحله

(فاز) انجام شود. کوددهی مرحله اول، از اواخر بهمن‌ماه شروع شود و تا اواخر خرداد یا اوایل تیرماه ادامه یابد سپس به دلیل گرمای شدید هوا، کوددهی متوقف شود. کوددهی مرحله دوم، از نیمه دوم شهریورماه، آغاز و تا اواخر آذرماه ادامه داده شود. مدیریت مصرف کودهای نیتروژن در هر دو مرحله کوددهی، در شکل 6-2 آورده شده است. بر اساس کارهای میدانی نگارندگان در بندرعباس (ابراهیم‌آباد و ناز دشت) و دزفول، توصیه می‌شود در مناطق جنوبی کشور، مصرف کودهای نیتروژنی با 5 درصد نیاز سالانه، از نیمه دوم بهمن‌ماه شروع شود و در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به حداکثر مقدار (به ترتیب با 15 و 20 درصد مصرف از کل نیاز سالانه)، افزایش داده شود و در اواخر خرداد یا حداکثر نیمه اول تیرماه با مصرف 5 درصد نیاز سالانه، مصرف کودهای نیتروژنی متوقف شود. سپس در نیمه دوم شهریورماه، کوددهی نیتروژن دوباره آغاز و تا آذرماه ادامه یابد. اما 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 بهمن‌ماه شروع شود و در اردیبهشت و خردادماه به حداکثر مقدار (به ترتیب 15 و 20 درصد نیاز سالانه) افزایش داده شود و در نیمه اول تیرماه، با مصرف 5 درصد نیاز سالانه، مصرف کودهای پتاسیمی متوقف شود. سپس در نیمه دوم شهریورماه با مصرف 5 درصد مصرف سالانه، کوددهی پتاسیم دوباره آغاز شود و در آبان‌ماه به حداکثر مقدار مصرف (15 درصد نیاز سالانه)، افزایش یابد و در آذرماه نیز کوددهی متوقف شود.



شکل 6-2. مدیریت مصرف نیتروژن 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 هفتم
فنولوژی رشد و مدیریت مصرف نیتروژن برای درختان بارده مرکبات

7-1. مقدار مصرف نیتروژن

به‌طورکلی نیتروژن می‌تواند به شکل نیترات، آمونیوم و همچنین اوره توسط ریشه درختان جذب شود. نیتروژن در خاک و گیاه متحرک است بنابراین می‌تواند در خاک به‌آسانی از منطقه ریشه خلرج شود همچنین در داخل درختان از اندامی یا بافتی به اندام یا بافتی دیگر منتقل شود. نیتروژن نیتراتی به‌آسانی توسط ریشه درختان میوه جذب می‌شوند اما قابلیت و سهولت جذب نیتروژن آمونیومی کمتر از نیتروژن نیتراتی است. قابلیت استفاده نیتروژن در خاک‌های با pH بالا، آهکی، شور و سدیمی، مرطوب و .... به‌شدت کاهش می‌یابد. مقدار کود نیتروژنی توصیه شده برای درختان مرکبات، باید نیتروژن کافی را برای توسعه تاج درختان (با یک اندازه کنترل شده) فراهم کند به طوری که حداکثر عملکرد اقتصادی با کیفیت مطلوب تولید شود. مقدار کود نیتروژن مصرفی برای درختان مرکبات بارده، بر اساس ویژگی‌های خاک (مقدار ماده آلی)، غلظت نیتروژن در برگ و پتانسیل عملکرد است. زمانی که درختان به اندازه‌ای رسیدند که فضای در نظر گرفته شده را پرکرده و رشد بیشتر تاج، مورد نظر نباشد مقدار مصرف عناصر غذایی می‌تواند ثابت شود و یا در موارد احتمالی، کاهش یابد.

مقدار مصرف سالانه کود نیتروژن، برای تأمین نیتروژن موردنیاز رشد رویشی و نیتروژن خارج شده توسط میوه است. مقدار نیتروژن مصرف شده، بر اساس نیاز درختان (که توسط تفسیر نتایج آزمون برگ نشان داده می‌شود)، ویژگی‌های خاک، ویژگی‌های کیفی میوه و پتانسیل عملکرد است. برای رسیدن به عملکرد بالا با

میوه‌های درشت، باغداران باید مقدار مصرفی کود نیتروژن را به‌گونه‌ای تنظیم کنند که غلظت نیتروژن برگ برای درختان پرتقال در دامنه 2/5 تا 2/7 درصد حفظ شود، برای درختان نارنگی در محدوده 3- 2/5 درصد و برای درختان گریپ‌فروت در حدود 2/2 درصد باشد. دامنه مناسب نارنگی‌ها و گریپ‌فروت، به ترتیب، بیشتر و کمتر از دامنه مناسب برای پرتقال‌ها است. مقدار نیتروژن توصیه شده برای درختان پرتقال 8 تا 11 سال، بر اساس پتانسیل عملکرد پیش‌بینی شده و برای درختان 12 سال و بیشتر، بر اساس متوسط عملکرد میوه 4 سال متوالی پیشین است. به‌طورکلی تمام محاسبات میزان نیاز به کودهای شیمیایی برای درختان بارده در این دستورالعمل کاربردی، برای باغ‌های دارای سیستم کودآبیاری انجام شده است در صورت مصرف کودها به روش پخش سطحی، چال کود یا کانال کود توصیه می‌شود حدود 20 تا 40 درصد به این توصیه‌ها افزوده شود.

مقدار نیتروژن توصیه شده برای باغ‌های بارده (به روش کودآبیاری با تقسیط‌های مناسب در طول فصل متناسب با فنولوژی رشد)، درصورتی‌که کوددهی به‌صورت تلفیقی (پخش سطحی یا چال کود در اوایل فصل رشد و سپس کودآبیاری) انجام شود حدود 40 تا 50 درصد به مقادیر زیر افزوده شود اما اگر کوددهی به روش چال کود و پخش سطحی انجام شود نیاز است باتوجه‌به مدیریت مصرف و شرایط درختان حدود 60 تا 100 درصد به آن‌ها افزوده شود. به طور میانگین یک باغ بارده یک هکتاری مرکبات دارای حدود 500 تا 1000 کیلوگرم نیتروژن است که حدود 40 تا 50 درصد آن در برگ‌های این درختان وجود دارد و به طور میانگین 15 تا 20 کیلوگرم نیتروژن در سال در ساختار اسکلتی این درختان رسوب و ذخیره می‌شود. بر اساس این نتایج و بر اساس بررسی بلندمدت آزمایش کوددهی با مرکبات در ایران و سایر نقاط مختلف جهان برای پایداری تولید، بهبود عملکرد و کیفیت میوه، رشد مناسب و سلامت درختان مصرف حدود 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال نیاز است که حدود 30 تا 50 از آن در تولید میوه‌ها مشارکت دارند، حدود یک دهم آن در ساختار درختان رسوب و ذخیره می‌شود و تعادل با شستشوی نیتروژن از پروفیل خاک و تلفات گازی نیتروژن ایجاد می‌شود. نتایج آزمایش با کودهای نشان‌دار نشان

داد که بیشترین راندمان جذب نیتروژن در درختان مرکبات از تشکیل میوه تا بلوغ میوه رخ می‌دهد و پس از برداشت و به‌ویژه در زمان حداقل فعالیت (زمستان) و اوایل فصل رشد راندمان جذب بسیار کم است؛ بنابراین ذخیره نیتروژنی در بافت‌های قدیمی‌تر، بیشترین نقش در رشد و توسعه برگ‌ها، سرشاخه‌ها، گل‌ها و میوه چه‌ها در اوایل فصل رشد (شروع رشد سرشاخه‌های، گلدهی و تشکیل میوه) دارند زمانی که جذب از خاک هنوز بسیار کم است. همچنین نیتروژن موجود در ماده آلی خاک (1000 تا 2000 کیلوگرم در هکتار در باغ‌های با 1 تا 2 درصد ماده آلی) است این نیتروژن و نیتروژن ذخیره درختان نقش مهمی در تنظیم عرضه نیتروژن به اندام جدید درحال‌رشد و توسعه به‌ویژه در شروع فصل رشد دارند؛ بنابراین هدف از کوددهی نیتروژن تضمین پایداری تولید، رشد مناسب درختان و بهبود عملکرد و کیفیت میوه است و کوددهی قبل از گلدهی و تشکیل میوه تاثیری در رشد سرشاخه‌های بهاره، گلدهی و تشکیل میوه در سال جاری ندارد. رشد سالانه و عملکرد میوه درختان مرکبات فقط دارای بخش کوچکی از کود نیتروژنی مصرفی در طول فصل رشد است. بیش از 80 درصد از نیتروژن موردنیاز برای رشد جدید از نیتروژن ذخیره درختان تأمین می‌شود؛ بنابراین کود نیتروژن مستقیماً به میوه‌ها وارد نمی‌شود، بلکه برای کل درخت استفاده می شود و برای حفظ و پایداری ذخیره نیتروژن در اندام‌های دائمی درختان (تنه، شاخه‌ها و ریشه‌ها) ضروری است که نشان می‌دهد که چرا عدم مصرف نیتروژن در یک سال همیشه منجر به کاهش عملکرد نمی‌شود و چرا درختان می‌توانند رشد قوی در بهار داشته باشند زمانی که جذب نیتروژن هنوز بسیار کم است. همچنین به نظر می رسد که شستشوی مقداری از نیتروژن مصرفی، اجتناب ناپذیر است، زیرا ریشه‌های مرکبات قادر به جذب تمام نیتروژن قابل استفاده موجود در خاک نیستند. نیتروژن برگ، فقط یک شاخصی از وضعیت نیتروژن درختان است اما به خودی خود فقط بخش کوچکی از نیتروژن کل درخت را نشان می‌دهد. بیشتر آزمایش‌های کود با درختان مرکبات نشان داد است که قبل از مشاهده تأثیر نیتروژن بر عملکرد میوه، تفاوت در محتوای نیتروژن برگ ظاهر می‌شود.

2-7. فنولوژی رشد درختان مرکبات

معمولاً در درختان میوه از جمله مرکبات از نظر زمانی، اختلاف‌فازی بین شروع رشد شاخه‌ها و اندام هوایی و شروع رشد ریشه (از 20 تا 30 روز) وجود دارد. از طرف دیگر، کودهای نیتروژنی (حتی کودهای آمونیومی)، پایداری کمی در خاک دارند و آمونیوم مصرف شده در خاک در اسفندماه، یا تبدیل به نیترات خواهد شد (در درجه‌حرارت بیشتر از 5 درجه سانتی‌گراد، تبدیل آمونیوم به نیترات شروع می‌شود و درجه مناسب برای این واکنش، حدود 20 درجه سانتی‌گراد است) یا توسط میکروب‌های منطقه ریشه مصرف می‌شود؛ بنابراین مدت زمان پایداری آمونیوم در خاک 20 تا 30 روز است؛ لذا باتوجه‌به نتایج بررسی‌های انجام شده، راندمان مصرف کودهای نیتروژنی در اسفند ماه (کود پایه) برای درختان میوه از جمله مرکبات، حدود 15 تا 20 درصد است و از طرفی برگ‌های قدیمی درختان مرکبات در این دوره زمانی، دارای مخزن بسیار قوی هستند و بخش عمده‌ی این مقدار کم نیتروژن جذب شده نیز به مصرف برگ‌های قدیمی می‌رسد. از این‌رو، مصرف کودهای نیتروژنی قبل از گل‌دهی در اواخر اسفندماه یا اوایل فروردین‌ماه (به اصطلاح کود پایه) نقش چندانی در بهبود وضعیت تغذیه‌ای درختان مرکبات ندارد؛ بنابراین، کیفیت گل‌ها و تشکیل میوه بیشتر تحت‌تأثیر نیتروژن ذخیره (تغذیه درازمدت درختان به‌ویژه تغذیه سال قبل) درختان است. ولی اندازه میوه و کیفیت میوه سال جاری، تحت‌تأثیر کیفیت گل‌ها و مدیریت تغذیه سال جاری است. بررسی راندمان مصرف خاکی نیتروژن برای درختان بارده مرکبات نشان داد که بیشترین راندمان مصرف نیتروژن، از کوددهی اواسط تابستان و کمترین راندمان، از کوددهی اواخر زمستان و اوایل بهار است. اما باغداران برای افزایش نیتروژن ذخیره ریشه‌های فیبری و دیگر اندام‌ها، باید کود نیتروژنی را پس از توقف رشد سرشاخه‌های پاییزه، در حدود 20 تا 30 روز قبل از کاهش درجه حرارت محیط به کمتر از صفر بیولوژیک درختان مرکبات (حدود 13 درجه سانتی‌گراد) مصرف نمایند. بخش عمده نیتروژن مصرفی در تابستان، وارد میوه‌ها و نیتروژن مصرفی در بهار، وارد اندام‌های رویشی و ریشه‌های تازه توسعه یافته می‌شود (جدول 27-2). مقدار نیتروژن در بخش‌های چوبی درختان (تنه، شاخه‌ها و ریشه‌های چوبی) نشان‌دهنده ذخیره اصلی

نیتروژن است و از کل نیتروژن در بخش چوبی درختان بالغ مرکبات، حدود 5 درصد آن در اوایل فصل، تخلیه شده و برای رشد جدید استفاده می‌شود. مقدار نیتروژن موردنیاز برای رشد سرشاخه‌های بهاره و تولید سرشاخه‌های سال جاری درختان بارده، حدود 100 الی 150 گرم نیتروژن به‌ازای هر درخت است. همچنین حدود 140 الی 160 گرم نیتروژن به‌ازای هر درخت، برای رشد سالانه ریشه‌های فیبری موردنیاز است. به‌طورکلی، مقدار نیتروژن در بافت‌های چوبی درختان (تنه، شاخه‌ها و ریشه‌های چوبی)، حدود 1500 الی 2000 گرم به‌ازای هر درخت بالغ است. بخش بسیار کمی از این نیتروژن ذخیره شده در بافت‌های چوبی می‌تواند برای رشد جدید در سال جاری استفاده شود و این مقدار نیتروژن تخلیه شده از بافت‌های چوبی، توسط کوددهی سال جاری جایگزین می‌شود. به طور متوسط، حدود 5 درصد از این نیتروژن در بافت‌های چوبی می‌تواند در اوایل فصل رشد، جابجا و برای رشد جدید استفاده شود. در درختان مرکبات، درصد نیتروژن تخمدان‌های گل، میوه‌چه و برگ‌ها بیشتر از دیگر اندام‌های ذخیره است. اگرچه وزن خشک برگ‌های درختان مرکبات حدود 10 درصد وزن کل ماده خشک درختان را تشکیل می‌دهد، اما بیشتر از 60 درصد از نیتروژن (عمدتا آلی) از شروع رشد تا تشکیل میوه، جذب می‌شود؛ بنابراین برگ‌های قدیمی، در مرحله گل‌دهی و تشکیل میوه، رفتاری مشابه برگ‌های جوان دارند که احتمالاً ناشی از برگشت مجدد نیتروژن پروتئینی است و این رفتار، در سایر اندام‌های قدیمی درختان مشاهده نشده است. به‌طورکلی، ریشه‌ها یا سیستم ریشه، ظرفیت بسیار کمی برای سنتز پروتئین قبل از تشکیل میوه دارند.

به‌طورکلی مراحل فنولوژی رشد رویشی و زایشی درختان مرکبات شامل توسعه جوانه‌ها، توسعه برگ‌ها، توسعه سرشاخه‌ها، توسعه گل‌آذین‌ها، توسعه گل‌ها، تشکیل میوه و توسعه میوه‌ها است. مراحل کلیدی فنولوژی ارقام مهم مرکبات در مناطق شمال و جنوب کشور در جدول‌های 7-1 تا 7-13 آورده شده است. مرحله گلدهی و تشکیل میوه (موج اول ریزش میوه چه‌ها) مهم‌ترین و حساس‌ترین مراحل توسعه میوه از دیدگاه باغداران هستند در طول این دوره، تشکیل میوه بیشتر و نگهداری بیشتر میوه چه‌ها با عملکرد نهایی میوه‌ها و همچنین اندازه و کیفیت میوه ارتباط مستقیم دارد. مرحله گل‌دهی و تشکیل میوه درختان مرکبات دوره‌ای با تقاضاهای زیاد عناصر غذایی

است. اما این مراحل زمانی رخ می‌دهند که درجه‌حرارت خاک، کم است (معمولاً کمتر از 15 درجه در منطقه ریشه). درجه‌حرارت کم خاک موجب کاهش فعالیت‌های متابولیک ریشه، کاهش حلالیت عناصر غذایی در محلول خاک و کاهش انتقال عناصر غذایی به اندام هوایی می‌شود؛ بنابراین، توانایی درختان برای جذب عناصر غذایی مصرف شده در خاک به عوامل زیادی (غیر از تقاضای عناصر غذایی) بستگی دارد.

رشد، عملکرد و پایداری تولید درختان میوه، به توانایی آنها برای توسعه مکانیسم‌های سازگاری برای اجتناب یا تحمل تنش‌ها بستگی دارد. شواهد مختلف نشان می‌دهد که وضعیت تغذیه‌ای درختان، بر توانایی سازگاری و تحمل آنها به وضعیت‌های نامساعد محیطی تأثیر دارد. به‌طورکلی، از عناصر غذایی ضروری گیاهان، نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، روی و بور در سازگاری و تحمل درختان میوه به تنش‌ها، اهمیت بیشتری دارند. برای باغ‌های مرکبات، مدیریت فشرده کودآبیاری همراه با بهبود دست‌کاری فیزیولوژی در همه مراحل رشد درختان و توسعه محصول، می‌تواند عملکرد درختان را به مقدار قابل‌توجهی افزایش دهد. به‌طورکلی، فراهم نمودن شرایط مطلوب برای بهره‌برداری مؤثرتر و کامل‌تر از پتانسیل درختان می‌تواند در افزایش راندمان استفاده از آب و عناصر غذایی و تجمع ریشه در منطقه آبیاری و کاهش شستشوی عناصر غذایی شود. اینکه آیا می‌توان از اصول شناخته شده فیزیولوژی گیاهی استفاده کرد و آنها را متناسب باهدف به کار گرفت. همچنین آیا می‌توان مراحل فیزیولوژی بحرانی درختان را شناخت و مدیریت درختان مطابق با آن مراحل باشد؛ بنابراین به‌کارگیری یک سیستم تلفیقی از عملیات مدیریت کوددهی و تغذیه، آبیاری و عملیات باغبانی می‌تواند در افزایش گل‌دهی و تشکیل میوه، عملکرد و بهبود کیفیت میوه بسیار مؤثر باشد. در سیستم کودآبیاری به علت این‌که آب و عناصر غذایی را مستقیماً به منطقه ریشه می‌رساند می‌تواند راندمان استفاده از آب و عناصر غذایی را افزایش دهد و قراردادن دقیق آب و عناصر غذایی در منطقه ریشه برای اطمینان از کفایت جذب آب و عناصر غذایی برای بهبود تولید میوه بسیار مهم است.

جدول 7-1. مراحل فنولوژی رشد نارنگی انشو پیش‌رس (میاگاوا)در شرق مازندران. میانگین زمان وقوع مراحل فنولوژی در سال‌های مختلف، ممکن است از 10 تا 15 روز تغییر کند (اسدی کنگرشاهی، 1398)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
	فلش بهاره	20- 10 فروردین
فاز اول	شروع گلدهی	10 - 5 اردیبهشت
	شروع تشکیل میوه	25- 15 اردیبهشت
	شروع ریزش تابستانه	20- 15 خرداد
	پایان ریزش تابستانه	30- 25 خرداد
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	30- 25 خرداد
	شروع فلش پاییزه	15- 10 شهریور
	شروع تغییر رنگ میوه	20- 15 شهریور
	بلوغ میوه	30- 25 شهریور
فاز سوم	رسیدن میوه	30- 1 مهر
	پایان فلش پاییزه	20 - 10 آبان

جدول 7-2. مراحل فنولوژی رشد پرتقال تامسون ناول در شرق مازندران (اسدی کنگرشاهی، 1398)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
	شروع فلش بهاره	25 اسفند تا15 فروردین‌ماه
فاز اول	شروع گلدهی	30- 20فروردین ماه
	تمام گل	15- 10 اردیبهشت‌ماه
	ریزش گلبرگ‌ها	25-15 اردیبهشت‌ماه
	پایان فلش بهاره	30-15 اردیبهشت‌ماه
	شروع ریزش تابستانه	15- 5 خردادماه
	پایان ریزش تابستانه	25 خرداد تا 10 تیرماه
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	15- 5 تیرماه
	شروع فلش پاییزه	20- 10 شهریور
	شروع تغییر رنگ میوه	30- 20شهریور ماه
	بلوغ فیزیولوژی میوه	20- 5 آبان‌ماه
	پایان فلش پاییزه	30 - 25آبان ماه
فاز سوم	رسیدن میوه	20- 10آذرماه

جدول 7-3. مراحل فنولوژی رشد نارنگی انشو (سوجی‌یاما) در شرق مازندران (اسدی کنگرشاهی، 1398)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
	شروع فلش بهاره	10-20 فروردین‌ماه
فاز اول	شروع گلدهی	5-15 اردیبهشت
	تمام گل	15 -20 اردیبهشت‌ماه
	ریزش گلبرگ‌ها	15-25 اردیبهشت‌ماه
	پایان فلش بهاره	20 اردیبهشت تا 10 خردادماه
	شروع ریزش تابستانه	15 -30 خردادماه
	پایان ریزش تابستانه	25 خرداد تا 10 تیرماه
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	30 خرداد تا 10 تیرماه
	شروع فلش پاییزه	10 -20 شهریور
	شروع تغییر رنگ میوه	25شهریور تا 20 مهرماه
	بلوغ فیزیولوژی میوه	5 -20 آبان‌ماه
	پایان فلش پاییزه	30 مهر تا 15 آبان‌ماه
فاز سوم	رسیدن میوه	20 آبان تا 10 آذرماه

جدول 7-4. مراحل فنولوژی رشد پرتقال والنسیا در جیرفت (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
-	فلش بهاره	15 -20 اسفند ماه
فاز اول	شروع گلدهی	20 -30 اسفند ماه
	شروع تشکیل میوه	1 -25 فروردین
	شروع ریزش تابستانه	15 -20 خرداد
	پایان ریزش تابستانه	10 -15 تیر
فاز دوم	شروع فلش پاییزه	15 -20 شهریور
	پایان فلش پاییزه	20 - 30 آبان
	شروع تغییر رنگ میوه	25 -30 آذر
	بلوغ میوه	25 -30 دی
فاز سوم	رسیدن میوه	10 -15 بهمن

جدول 7-5. مراحل فنولوژی رشد لایم ها و لمون ها در نواحی ساحلی و کم ارتفاع استان هرمزگان (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
-	فلش بهاره	اواخر بهمن تا اواسط اردیبهشت
فاز اول	شروع گلدهی	اواسط بهمن تا اوایل فروردین
	شروع تشکیل میوه	اواخر اسفند تا اوایل فروردین
	شروع ریزش تابستانه	اواسط اردیبهشت
	پایان ریزش تابستانه	اوایل خرداد
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	اواخر خرداد
	شروع فلش پاییزه	اوایل شهریور
	شروع تغییر رنگ میوه	اوایل مرداد
	بلوغ میوه	اواخر مرداد
فاز سوم	رسیدن میوه	اوایل شهریور
-	پایان فلش پاییزه	اوایل آذر

جدول 7-6. مراحل فنولوژی رشد نارنگی سیاهو و مرکبات پوست نارنجی در نواحی مرتفع استان هرمزگان (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
-	فلش بهاره	اواخر اسفند تا اوایل خرداد
فاز اول	شروع گلدهی	اواخر اسفند تا اواسط فروردین
	شروع تشکیل میوه	اوایل تا اواخر فروردین
	شروع ریزش تابستانه	اواخر اردیبهشت
	پایان ریزش تابستانه	اواسط خرداد
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	اواسط خرداد
	شروع فلش پاییزه	اواخر مرداد
	شروع تغییر رنگ میوه	اواسط شهریور
	بلوغ میوه	اواخر شهریور
فاز سوم	رسیدن میوه	اوایل مهر
-	پایان فلش پاییزه	اواخر آبان

جدول 7-7. مراحل فنولوژی رشد فنولوژی کلی مرکبات جنوب فارس (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	تاریخ
-	فلش بهاره	25-5 اسفند ماه
فاز اول	شروع گلدهی	20-10 فروردین‌ماه
	شروع تشکیل میوه	30-25 فروردین‌ماه
	شروع ریزش تابستانه	25-20 اردیبهشت‌ماه
	پایان ریزش تابستانه	25-20 خردادماه
فاز دوم	شروع انبساط طولی	20-15 خردادماه
	شروع فلش پاییزه	20-10 شهریورماه
	شروع تغییر رنگ میوه	15-5 آبان‌ماه
	بلوغ میوه	20-15 آذرماه
فاز سوم	رسیدن میوه	20 آذر -15 دی ماه
-	پایان فلش پاییزه	15-10 مهرماه

جدول 7-8. مراحل فنولوژی رشد نارنگی‌ها در استان فارس (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
-	فلش بهاره	اواخر اسفندماه
فاز اول	شروع گلدهی	اواخر فروردین‌ماه
	شروع تشکیل میوه	اواخر فروردین تا اوایل اردیبهشت‌ماه
	شروع ریزش تابستانه	اواخر اردیبهشت‌ماه
	پایان ریزش تابستانه	اوایل تا اواسط خردادماه
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	اواسط تا اواخر خردادماه
	شروع فلش پاییزه	اواسط شهریورماه
	شروع تغییر رنگ میوه	اواسط شهریورماه
	بلوغ میوه	اوایل مهرماه
فاز سوم	رسیدن میوه	اواسط آبان‌ماه
-	پایان فلش پاییزه	اوایل آذر

جدول 7-9. مراحل فنولوژی رشد پرتقال‌ها در استان فارس (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
-	فلش بهاره	اواسط اسفندماه
فاز اول	شروع گلدهی	اواسط فروردین‌ماه
	شروع تشکیل میوه	اواخر تا اوایل اردیبهشت‌ماه
	شروع ریزش تابستانه	اواخر اردیبهشت‌ماه
	پایان ریزش تابستانه	اوایل تا اواسط خردادماه
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	اواسط تا اواخر خردادماه
	شروع فلش پاییزه	اواسط شهریورماه
	شروع تغییر رنگ میوه	اواسط شهریورماه
	بلوغ میوه	اوایل مهرماه
فاز سوم	رسیدن میوه	اواخر آبان‌ماه
-	پایان فلش پاییزه	اوایل آذر

جدول 7-10. مراحل فنولوژی رشد گریپ‌فروت در استان فارس (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
-	فلش بهاره	اواخر اسفندماه
فاز اول	شروع گلدهی	اواسط فروردین‌ماه
	شروع تشکیل میوه	اواخر تا اوایل اردیبهشت‌ماه
	شروع ریزش تابستانه	اواخر اردیبهشت‌ماه
	پایان ریزش تابستانه	اوایل تا اواسط خردادماه
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	اواسط تا اواخر خردادماه
	شروع فلش پاییزه	اواخر شهریورماه
	شروع تغییر رنگ میوه	اوایل مهرماه
	بلوغ میوه	اواسط مهرماه
فاز سوم	رسیدن میوه	اوایل تا اواسط آذرماه
-	پایان فلش پاییزه	اوایل آذر

جدول 7-11. مراحل فنولوژی رشد لمون‌ها در استان فارس (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
-	فلش بهاره	اواسط تا اواخر اسفندماه
فاز اول	شروع گلدهی	اواسط تا اواخر فروردین‌ماه
	شروع تشکیل میوه	اوایل تا اواسط اردیبهشت‌ماه
	شروع ریزش تابستانه	اواخر اردیبهشت‌ماه
	پایان ریزش تابستانه	اوایل تا اواسط خردادماه
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	اواسط تا اواخر خردادماه
	شروع فلش پاییزه	اواخر شهریورماه
	شروع تغییر رنگ میوه	اواسط شهریور
	بلوغ میوه	اواخر شهریورماه
فاز سوم	رسیدن میوه	اواسط تا اواخر آبان‌ماه
-	پایان فلش پاییزه	اوایل آذر

جدول 7-12. مراحل فنولوژی رشد لایم ها در استان فارس (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	بازه زمانی
-	فلش بهاره	اوایل تا اواسط اسفندماه
فاز اول	شروع گلدهی	اوایل تا اواسط فروردین‌ماه
	شروع تشکیل میوه	اواخر فروردین تا اواسط اردیبهشت‌ماه
	شروع ریزش تابستانه	اواخر اردیبهشت‌ماه
	پایان ریزش تابستانه	اوایل تا اواسط خردادماه
فاز دوم	شروع انبساط سلولی	اواسط خردادماه
	شروع فلش پاییزه	اوایل شهریور
	شروع تغییر رنگ میوه	اوایل شهریور
	بلوغ میوه	اواخر شهریورماه
فاز سوم	رسیدن میوه	اوایل مهرماه
-	پایان فلش پاییزه	اوایل آذر

جدول 7-13. مراحل فنولوژی رشد مرکبات در شرق استان فارس، میانگین زمان وقوع مراحل فنولوژی در سال‌های مختلف، ممکن است از 10 تا 15 روز تغییر کند (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

توسعه میوه	فنولوژی رشد	زمان
-	فلش بهاره	25-5 اسفند ماه
فاز اول	شروع گلدهی	20-10 فروردین‌ماه
	شروع تشکیل میوه	30-25 فروردین‌ماه
	شروع ریزش تابستانه	25-20 اردیبهشت‌ماه
	پایان ریزش تابستانه	25-20 خردادماه
فاز دوم	شروع انبساط طولی	20-15 خردادماه
	شروع فلش پاییزه	20-10 شهریورماه
	شروع تغییر رنگ میوه	15-5 آبان‌ماه
	بلوغ میوه	20-15 آذرماه
فاز سوم	رسیدن میوه	20 آذر-15 دی ماه
-	پایان فلش پاییزه	15-10 مهرماه

7-3. فنولوژی رشد میوه مرکبات و مدیریت تغذیه

به‌طورکلی، رشد میوه درختان مرکبات شامل دو مرحله (فاز) است:

7-3-1. مرحله یا فاز اول رشد میوه

در این مرحله افزایش اندازه میوه چه‌ها، از طریق افزایش تقسیم سلولی است که از شروع گل‌دهی تا پایان ریزش تابستانه[1] است. ریزش بعد از تشکیل میوه[2] و ریزش تابستانه نیز در این مرحله قرار دارند. ریزش پس از تشکیل میوه، بیشتر تحت‌تأثیر نیتروژن ذخیره و تغذیه دراز مدت (به طور عمده تغذیه سال قبل) درختان است (جدول 7-14). اما ریزش تابستانه، بیشتر تحت‌تأثیر تغذیه سال جاری و تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی و تنش گرمایی (درجه‌حرارت بالا) رخ می‌دهد؛ بنابراین در فاز اول

[1] - June drop
[2] - Post setting

رشد میوه، بزرگ شدن میوه چه‌ها ناشی از تقسیم سلولی است و سلول‌ها از نظر اندازه، رشد چندانی ندارند. باتوجه‌به این که در فرایند تقسیم سلولی، آنزیم‌ها بیشترین نقش را دارند و این آنزیم‌ها به طور مرتب تولید و مصرف می‌شوند. همچنین آنزیم‌ها، پروتئین‌هایی هستند که نیتروژن در ساختمان آن‌ها نقش اساسی دارد از این‌رو، در فاز اول رشد میوه، مدیریت مصرف نیتروژن اهمیت زیادی دارد. همچنین مصرف فسفر برای تأمین انرژی (ATP) بسیار حیاتی است. کلسیم و پتاسیم نیز نقش زیادی در بهبود تقسیم سلولی و کیفیت میوه چه‌ها دارند؛ بنابراین در فاز اول رشد میوه توصیه می‌شود:

- محلول‌پاشی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و بور (با غلظت 2 تا 4 در هزار) همراه با یک مویان با غلظت 0/5 در هزار از زمان شروع رشد سرشاخه‌ها (فلش‌های بهاره) بلافاصله تا گلدهی.
- محلول‌پاشی نیترات کلسیم یا کربوکسیلات کلسیم (با غلظت 2 در هزار) با اسید بوریک (با غلظت یک در هزار) و اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) به‌علاوه مویان با غلظت نیم در هزار ازتشکیل میوه تا پایان ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه).
- محلول‌پاشی مونو پتاسیم فسفات (با غلظت 3 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) 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) حدود 10 تا 15 روز پس از محلول‌پاشی کلسیم.

2-3-7. مرحله یا فاز دوم رشد میوه

از نظر زمانی، پس از پایان ریزش تابستانه، شروع و تا زمان بلوغ میوه‌ها ادامه دارد. در این مرحله، تقسیم سلولی متوقف شده و تعداد سلول‌های میوه چه‌ها تقریبا ثابت است و بزرگ شدن میوه‌ها، ناشی از انبساط و بزرگ شدن سلول‌ها است؛ بنابراین برای درشت شدن میوه‌ها، جذب آب و متابولیت‌های فتوسنتزی ضروری است. همچنین برخی عناصر غذایی از جمله پتاسیم، منیزیم و کلسیم، بیشترین نقش را در ایجاد پتانسیل اسمزی، جذب آب و متابولیت‌ها دارند؛ بنابراین در این مرحله توصیه می‌شود:

- محلول‌پاشی نیترات کلسیم یا کربوکسیلات کلسیم (با غلظت 2 در هزار) با اسید بوریک (با غلظت 1در هزار) و اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) به‌علاوه مویان با غلظت نیم در هزار در اوایل فاز دوم میوه به‌منظور افزایش زمان انبارمانی میوه‌ها برای میوه‌های که قرار است در انبار نگهداری و بعدا به بازار ارائه شوند.
- محلول‌پاشی مونو پتاسیم فسفات (با غلظت 3 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) 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 اواسط تا اواخر فاز دوم رشد میوه.
- مصرف خاکی سولفات منیزیم، سولوپتاس و سولفات پتاسیم (با حلالیت زیاد) متناسب با نوع رقم، شدت کمبود و عملکرد میوه درختان که معمولاً بهتر است از اواخر تیرماه تا اواخر شهریورماه در 2 تا 3 سرک به شکل کودآبیاری در باغ‌های دارای کمبود منیزیم و پتاسیم استفاده شوند (مصرف سرک‌ها در هر مرحله، بین 100 تا 200 گرم سولوپتاس و 100 تا 150 گرم سولفات منیزیم به‌ازای هر درخت توصیه می‌شود).

جدول 7-14. راندمان مصرف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد مرکبات و توزیع آن در اندام‌های مختلف (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1394)

زمان مصرف نیتروژن	جذب نیتروژن توسط اندام‌های مختلف مرکبات (%)				راندمان جذب (%)
	اندام هوایی			ریشه	
	برگ‌ها	میوه‌ها	شاخه‌ها	ریشه‌ها	
کود پایه (قبل از گل‌دهی)	50	6/5	16/5	30	20
فاز اول رشد میوه	37	44	10/5	8/5	65
فاز دوم رشد میوه	37	30	14	18	84
آخر فصل رشد (رسیدن میوه)	37/8	2/1	28/4	31/7	42

نظر به راندمان پایین مصرف کودها در درختان میوه به‌ویژه در اوایل فصل رشد، همچنین به علت نیاز شدید درختان به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در زمان گل‌دهی و اینکه جذب، توسط ریشه‌ها در این زمان در حداقل می‌باشد مصرف زیاد کودهای شیمیایی

در اواخر زمستان و اوایل بهار، اغلب موجب هدررفت سرمایه باغداران، آلودگی آب‌های زیر زمینی، ..... و در نهایت، کاهش درآمد و اقتصاد باغدار می‌شود. یکی از راه‌های مهم و کلیدی در افزایش عملکرد و کاهش تناوب باردهی درختان میوه، افزایش درصد تشکیل میوه است. تحقیقات متعدد نشان داده است که درختان میوه در زمان گل‌دهی بیشترین نیاز را به نیتروژن دارند و این نیتروژن، به طور عمده از نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های درخت (به‌ویژه ریشه‌های فیبری و شاخه‌های جوان) تأمین می‌شود اما نیتروژن مصرفی در طول فصل رشد، بیشتر در اندام‌هایی از درخت ذخیره می‌شود که انتقال مجدد آن بسیار ناچیز است و نمی‌تواند نیاز گل‌ها را در زمان خاص تأمین نماید. نیتروژن مصرفی به‌صورت محلول‌پاشی بعد از گل القایی و قبل از تمایز جوانه‌های گل تأثیر بیشتری دارد. از طرف دیگر، به علت اختلاف‌فاز رشدی که بین رشد ریشه‌ها و رشد سرشاخه‌های قسمت هوایی درخت وجود دارد، در زمان شروع رشد فلش‌های بهاره و گل‌دهی، فعالیت ریشه بسیار پایین است و کمترین جذب از خاک صورت می‌گیرد و راندمان مصرف نیتروژن در این زمان به‌ویژه در استان مازندران کمتر از 20% است. از طرفی، تحقیقات متعدد نشان داده است که کوددهی بعد از برداشت، مناسب‌ترین زمان برای مصرف برخی عناصر غذایی و تأمین نیاز درختان میوه در سال پر بار می‌باشد و این نیتروژن مصرف شده، بیشتر در شاخه‌های جوان، جوانه‌ها و ریشه‌های فیبری ذخیره شده و در بهار سال بعد، نیاز فلش‌های اوایل فصل، جوانه‌های گل و رشد اولیه میوه چه‌ها را تأمین می‌کند؛ لذا به‌منظور به‌حداقل‌رساندن مصرف کودهای شیمیایی در اواخر زمستان و اوایل بهار، همچنین افزایش تشکیل میوه، افزایش عملکرد، بهبود کیفیت میوه و باردهی منظم باغ‌های منطقه، مدیریت مصرف کودهای شیمیایی در طول فصل رشد درختان میوه پیشنهاد می‌شود.

مدیریت زمانی مصرف کودها به روش کودآبیاری برای باغ‌های دارای سیستم کودآبیاری و بدون سیستم کودآبیاری متناسب با فنولوژی درختان مرکبات در جدول‌های 7-15 و 7-16 آورده شده است. مدیریت محلول‌پاشی‌های ضروری برای باغ‌های مرکبات نیز در جدول 8-17 نشان داده شده است. در مناطق جنوبی کشور از جمله استان هرمزگان (میناب، رودان، حاجی‌آباد و ...)، استان کرمان (جیرفت، بم و ...)، استان خوزستان (دزفول) و استان کرمانشاه (قصرشیرین) با تابستان‌های بسیار گرم، به‌طورکلی توصیه می‌شود از اواسط تیرماه تا اواخر مرداد یا اوایل شهریورماه عملیات کوددهی کاهش یابد یا متوقف شود.

جدول 7-15. مدیریت تغذیه (کودآبیاری) متناسب با فنولوژی درختان مرکبات برای باغ‌های دارای سیستم کودآبیاری در مناطق شمال کشور (اسدی کنگرشاهی، 1397)

مراحل فنولوژی	مدیریت تغذیه (کودآبیاری)
قبل از تمایز جوانه‌های گل	-
از شروع رشد سرشاخه‌ها تا گل‌دهی	مصرف 20 درصد نیتروژن و 20 درصد فسفر موردنیاز سالیانه درختان.
پس از تشکیل میوه	مصرف 40 درصد نیتروژن، 30 درصد فسفر و 20 درصد پتاسیم و منیزیم موردنیاز سالیانه درختان
شروع ریزش تابستانه تا پایان ریزش تابستانه	مصرف 20 درصد نیتروژن، 20 درصد فسفر و 30 درصد پتاسیم و منیزیم موردنیاز سالیانه درختان
توسعه میوه	مصرف 20 درصد نیتروژن، 30 درصد فسفر و 50 درصد پتاسیم و منیزیم موردنیاز سالیانه درختان
شروع رنگ‌گیری تا برداشت	-

جدول 7-16. مدیریت تغذیه (مصرف خاکی) متناسب با فنولوژی درختان مرکبات برای باغ‌های بدون سیستم کودآبیاری در مناطق شمال کشور(اسدی کنگرشاهی، 1397)

مراحل فنولوژی	مدیریت تغذیه (کوددهی خاکی بدون سیستم کودآبیاری، چال کود و غیره)
قبل از تمایز جوانه‌های گل	-
از شروع رشد سرشاخه‌ها (فلش‌های بهاره) تا گلدهی	مصرف 30 درصد نیتروژن، 100 درصد فسفر، 20 درصد پتاسیم و منیزیم موردنیاز سالیانه درختان به همراه حداقل یک کیلوگرم گوگرد کشاورزی و حدود 20 کیلوگرم کودهای حیوانی مناسب (یا کودهای آلی دیگر مانند کمپوست‌ها و .....)
گل‌دهی	-
پس از تشکیل میوه	مصرف 40 درصد نیتروژن و 30 درصد پتاسیم و منیزیم موردنیاز سالیانه درختان
شروع ریزش تابستانه تا پایان ریزش تابستانه	-
توسعه میوه	مصرف 30 درصد نیتروژن از اوایل تا اواسط فاز دوم رشد میوه ، 50 درصد پتاسیم و منیزیم موردنیاز سالیانه درختان
شروع رنگ‌گیری تا برداشت	-

جدول 7-17. مدیریت تغذیه (محلول‌پاشی‌های ضروری)متناسب با فنولوژی درختان برای باغ‌های مرکبات در مناطق شمال و جنوب کشور(اسدی کنگرشاهی، 1397)

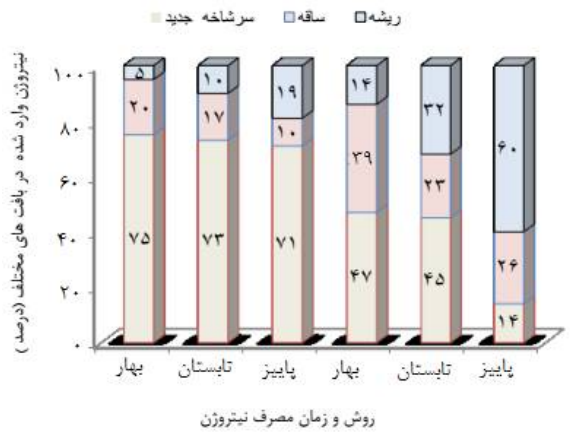
مراحل فنولوژی	مدیریت تغذیه (محلول‌پاشی)
شروع رشد سرشاخه‌ها (فلش‌های بهاره)	محلول‌پاشی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و بور (با غلظت 2 تا 4 در هزار).
گل‌دهی	حجم آب آبیاری کم با دور برگشت کوتاه (پالسی) و اجتناب از تنش‌ها (به‌ویژه تنش خشکی، مانداب منطقه ریشه و تنش گرمایی).
از تشکیل میوه تا پایان ریزش فیزیولوژیک (ریزش تابستانه)	1. محلول‌پاشی نیترات کلسیم یا کربوکسیلات کلسیم (با غلظت 2 در هزار) با اسید بوریک (با غلظت یک در هزار) و اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) به‌علاوه مویان با غلظت نیم در هزار. 2. محلول‌پاشی مونو پتاسیم فسفات (با غلظت 3 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) 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) حدود 10 تا 15 روز پس از محلول‌پاشی کلسیم. 3. آبیاری با حجم کم با دور برگشت کوتاه (پالسی) و اجتناب از تنش‌ها (به‌ویژه تنش خشکی، مانداب منطقه ریشه و تنش گرمایی).
از شروع انبساط سلولی تا بلوغ فیزیولوژی میوه	1. محلول‌پاشی نیترات کلسیم یا کربوکسیلات کلسیم (با غلظت 2 در هزار) با اسید بوریک (با غلظت 1در هزار) و اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) به‌علاوه مویان با غلظت نیم در هزار در اوایل فاز دوم میوه به‌منظور افزایش زمان انبارمانی میوه‌ها برای میوه‌های که قرار است در انبار نگهداری و بعدا به بازار ارائه شوند. 2. محلول‌پاشی مونو پتاسیم فسفات (با غلظت 3 در هزار) با اوره (با غلظت 2 تا 3 در هزار) و مویان مناسب (با غلظت نیم در هزار) 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 اواسط تا اواخر فاز دوم رشد میوه
شروع رنگ‌گیری تا برداشت	-
پس از برداشت	محلول‌پاشی مونو پتاسیم 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.

4-8. مدیریت تغذیه جهت انتقال و ذخیره عناصر غذایی در اندام‌های مختلف درختان میوه

نتایج بررسی روش‌های مختلف کوددهی (محلول‌پاشی برگی و مصرف خاکی) در زمان‌های مختلف در طی فصل رشد درختان میوه (شکل 7-1) نشان می‌دهد که در محلول‌پاشی برگی، معمولاً بخش عمده نیتروژن جذب شده در سرشاخه‌ها مصرف می‌شود و مقدار کمتری از آن به ساقه (تنه و شاخه‌های اصلی) منتقل می‌شود. به طوری که، نتایج محلول‌پاشی برگی نیتروژن در اوایل فصل رشد (بهار) نشان داد که از کل نیتروژن جذب شده توسط برگ‌ها، حدود 75 درصد آن در سرشاخه‌ها مصرف شده، حدود 20 درصد به تنه و شاخه‌های اصلی و حدود 5 درصد آن به ریشه‌ها وارد می‌شود. اما محلول‌پاشی در فصل تابستان نشان داد که حدود 73 درصد از نیتروژن جذب شده به شاخه‌ها، 17 درصد به تنه و شاخه‌های اصلی و 10 درصد به ریشه‌ها منتقل می‌شود. اما نتایج محلول‌پاشی در اواخر فصل رشد (پاییز) نشان داد که در پاییز، سهم بخش انتقالی به ریشه‌ها نسبت به زمان مصرف در بهار و تابستان بیشتر است به طوری که، از کل نیتروژن جذب شده حدود 71 درصد آن در سرشاخه‌ها مصرف و ذخیره شد، حدود 10 درصد در تنه و شاخه‌های اصلی و حدود 19 درصد به ریشه‌ها انتقال یافت؛ بنابراین به‌طورکلی، در روش محلول‌پاشی بخش عمده عناصر غذایی محلول‌پاشی شده در طی فصل رشد، در اندام هوایی (سرشاخه‌ها) مصرف و ذخیره می‌شود و در مورد محلول‌پاشی نیتروژن، بیش از 70 درصد نیتروژن جذب شده در سرشاخه‌ها ذخیره می‌شود. مدیریت محلول‌پاشی عناصر غذایی می‌تواند در بهبود راندمان جذب عناصر غذایی، افزایش عملکرد، اندازه و کیفیت میوه، افزایش تشکیل میوه و کاهش تناوب باردهی، افزایش رشد رویشی درختان جوان و افزایش تحمل درختان به تنش‌های محیطی بسیار مؤثر باشد.

در مقابل، نتایج مصرف خاکی نیتروژن (کودآبیاری) در زمان‌های مختلف در طی فصل رشد درختان مرکبات نشان داد که از مقدار کل نیتروژن جذب شده در اوایل فصل رشد (بهار)، حدود 14 درصد به ریشه‌ها، 39 درصد به تنه و شاخه‌های اصلی و 41 درصد به سرشاخه‌ها منتقل شد. اما از کل نیتروژن جذب شده در تابستان، حدود 32 درصد در ریشه‌ها مصرف و ذخیره شد، 23 درصد آن به تنه و شاخه‌های اصلی و 45 درصد به

سرشاخه‌ها انتقال یافت و از کل نیتروژن جذب شده در اواخر فصل رشد (پاییز)، بخش عمده آن (حدود 60 درصد) در ریشه‌ها مصرف و ذخیره شد، 26 درصد به تنه و شاخه‌های اصلی وارد شد و فقط حدود 14 درصد از کل نیتروژن جذب شده به سرشاخه‌ها انتقال یافت؛ بنابراین، بخش عمده کودهای نیتروژنی مصرفی در اواخر فصل رشد در ریشه‌ها ذخیره می‌شود و این مقدار زیاد نیتروژن ذخیره شده در ریشه‌ها (که بخش عمده آن در ریشه‌های فیبری سال جاری ذخیره می‌شود)، در مدیریت مصرف کودهای نیتروژنی در سال بعد (اوایل فصل رشد) بسیار مهم است. نتایج پژوهش‌های متعدد نشان داده است این نیتروژن ذخیره شده در ریشه‌های فیبری، بیشترین نقش را در تأمین نیاز جوانه‌های گل، فلش‌های رشدی بهاره، تشکیل میوه و کاهش ریزش میوه چه‌ها در بهار سال بعد دارد. همچنین نتایج پژوهش‌های نگارندگان نشان داده است که کوددهی اواخر اسفند و اوایل بهار نقشی در تأمین نیاز جوانه‌های گل، فلش‌های رشدی بهاره، تشکیل میوه و کاهش ریزش میوه چه‌ها در بهار سال بعد ندارد و نیتروژن موردنیاز این اندام‌ها به طور عمده، از نیتروژن ذخیره درختان تأمین می‌شود؛ بنابراین به باغداران توصیه می‌شود از مصرف زودهنگام کودهای شیمیایی، به علت راندمان جذب بسیار پایین و همچنین عدم تأثیر آن در تشکیل گل و میوه و همچنین تأثیر بسیار کم آن در اندازه و کیفیت میوه‌ها، اجتناب نمایند.



شکل 7-1. تأثیر روش کودهی (خاکی و محلول‌پاشی) و زمان مصرف (بهار، تابستان و پاییز) نیتروژن بر مقدار انتقال آن به اندام‌های مختلف (ریشه، ساقه و تنه اصلی، سرشاخه‌ها)

5-8. مدیریت تغذیه و تناوب باردهی در مرکبات

یکی از مشکلات اصلی باغداران در بعضی از ارقام مرکبات، تناوب باردهی است. درختان دارای تناوب باردهی، در سال‌های متوالی محصول منظمی تولید نمی‌کنند. معمولاً عملکرد زیاد در یک سال همراه با عملکرد بسیار کم یا فقدان عملکرد در سال بعد است. در سال پرمحصول، درختان دارای تعداد زیادی میوه کوچک هستند و این میوه‌ها به علت بازارپسندی نامناسب، از سود اقتصادی کافی برخوردار نیستند. ازطرف دیگر در سال کم محصول، تعداد میوه تشکیل شده بسیار اندک است. بنابراین، به دلیل کاهش عملکرد، سال‌های کم محصول هم برای باغدار صرفه اقتصادی لازم را ندارند. پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که در سال پرمحصول وجود تعداد زیادی میوه روی درخت که اندام‌های مصرف‌کننده (سینک) هستند، سبب مصرف قسمت اعظم کربوهیدرات‌ها در اندام‌های هوایی شده و درنتیجه انتقال مواد غذایی و کربوهیدرات‌ها به ریشه کاهش می‌یابد. در این حال، ریشه دچار گرسنگی شدید شده و توان ریشه‌ها برای جذب عناصر غذایی کاهش می‌یابد. کاهش توان ریشه‌ها برای جذب عناصر غذایی موجب کمبود عناصر غذایی شده و کمبود عناصر غذایی، موجب اختلال در توازن هورمونی می‌شود و مجموع این عوامل سبب جلوگیری از تشکیل جوانه‌های گل در سال کم محصول می‌شود. در سال کم محصول، درختان دوباره توانایی خود را برای سال آینده افزایش می‌دهند. روش‌هایی که بتوانند رقابت را در سال پرمحصول، کاهش و اندازه میوه را در این سال افزایش دهند و در مقابل، تشکیل جوانه گل را در سال کم محصول افزایش دهند موجب تعدیل سیکل تناوب باردهی و افزایش سود اقتصادی می‌گردند (شکل 9-2).

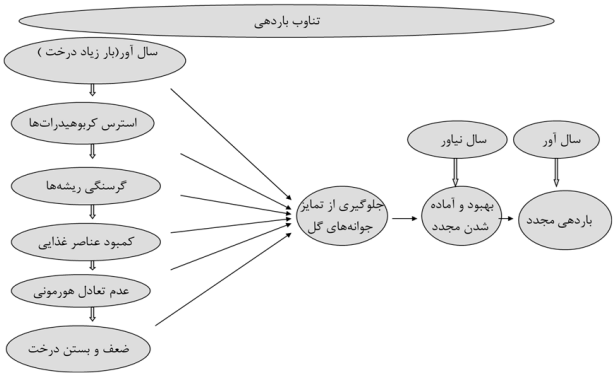
فاکتورهای داخلی، نقش زیادی در تحریک و ایجاد تناوب باردهی دارند و باردهی منظم، نتیجه یک توازن خوب بین رشد زایشی و رویشی است و هرگونه اختلالی در این موازنه، احتمال تناوب باردهی را در ارقام حساس افزایش می‌دهد. بنابراین کمبود گل‌ها، زیادی میوه یا رشد رویشی نامناسب می‌تواند درخت را به سمت رفتار چرخه‌ای سوق دهد. محرک اولیه ممکن است فاکتورهای خارجی مثل یخبندان، گرده‌افشانی نامناسب، خشکی، بیماری، کمبود عناصر غذایی و... باشد که به طور طبیعی، چرخه را با حذف محصول سال اول شروع می‌کند. ارقامی که تولید گل‌های زیادی می‌کنند و مکانیسم خود

تنک‌کنندگی کارآمدی ندارند و مجبور هستند که میوه زیادی تولید کنند معمولاً سال بعد، سال کم محصول خواهند داشت. ازآنجایی‌که اکثر درختان میوه از جمله مرکبات، گل‌های زیادی تولید می‌کنند وجود یک مکانیسم خود تنک کنندگی برای آنها بسیار مهم است و اکثر روش‌های موفق برای کاهش تناوب باردهی، بر پایه تنک میوه هستند. پیشرفت روش‌های باغداری نوین مانند مدیریت آبیاری، تغذیه، هرس، کنترل آفات و همچنین مصرف تنظیم‌کننده مناسب، امکان باردهی منظم را افزایش داده و تأثیر تنش‌های محیطی در تناوب باردهی را به حداقل رسانده است. ارقام با باردهی منظم نیز، گاهی توازن خود را با عوامل محیطی و خارجی از دست می‌دهند اما به‌سرعت توازن خود را به دست می‌آوردند. ولی ارقام حساس به‌تناوب باردهی، عادت به ناپایداری بیشتری دارند و وقتی توازن خود را از دست دادند برای سال‌های زیادی به‌تناوب باردهی ادامه می‌دهند و برای تنظیم باردهی نیاز به مدیریت مناسب تغذیه، هرس و آبیاری دارند.

در درختان مرکبات، غلظت زیاد نیتروژن در برگ موجب تجمع نشاسته در کلروپلاست برگ و کاهش تثبیت خالص دی‌اکسیدکربن (نسبت به زمانی که غلظت نیتروژن در برگ در حد کفایت است) می‌شود. چنین حالتی ممکن است در درختانی که میوه آنها برداشت شده است یا آنهایی که در سال کم محصول (سال نیاور) هستند رخ دهد و این تجمع نشاسته می‌تواند موجب کاهش نسبی بیش از 40 درصد تثبیت دی‌اکسیدکربن شود. از طرف دیگر، تجمع نشاسته معمول‌ترین علامت در کلروپلاست گیاهان دارای کمبود نیتروژن نیز است. تجمع نشاسته در کلروپلاست، موجب صدمه و تغییر شکل تیلاکوئیدها می‌شود که منجر به کاهش فتوسنتز خواهد شد؛ بنابراین در برگ‌های دارای کمبود نیتروژن، کاهش شدید در تثبیت دی‌اکسید کربن و فتوسنتز رخ می‌دهد که به‌احتمال زیاد ناشی از اختلال در تثبیت دی‌اکسیدنیتروژن و تخریب کلروفیل است.

ساخت نشاسته در درختان دارای کمبود نیتروژن، به علت افزایش قابلیت استفاده هگزوفسفات به‌علاوه افزایش فعالیت برخی آنزیم‌های مؤثر در ساخت نشاسته مانند ADP-گلوکز پیروفسفوریلاز است؛ بنابراین، مقدار زیادی نشاسته در درختان دارای کمبود نیتروژن، تجمع می‌یابد و تجمع زیاد دانه‌های بزرگ نشاسته به طور فیزیکی موجب اختلال در یکنواختی ساختمان کلروپلاست‌ها می‌شود و انتشار دی‌اکسیدکربن از فضای

داخل سلولی به استرومای کلروپلاست کاهش می‌یابد. همچنین در کمبود نیتروژن، مقدار کلروفیل و تثبیت دی‌اکسیدکربن در برگ‌های مرکبات کاهش می‌یابد. برگ‌های دارای کمبود نیتروژن، کلروپلاست کوچک‌تر دارند و همچنین غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ کمتر است. کاهش در غلظت کلروفیل و تثبیت دی‌اکسیدکربن در برگ‌های دارای کمبود نیتروژن با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن درون‌سلولی در مزوفیل و تجمع دانه‌های بزرگ نشاسته در کلروپلاست همراه است. تجمع نشاسته موجب کاهش غلظت کلروفیل و تثبیت دی‌اکسیدکربن در برگ‌های دارای کمبود نیتروژن می‌شود.



شکل 8-2. نمایش تصویری فرایندهای داخلی مؤثر در تناوب باردهی (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

در مرکبات، افزایش عملکرد با کوددهی نیتروژن، به طور عمده، به علت افزایش تعداد میوه‌ها نسبت به افزایش اندازه میوه‌ها است و این ناشی از افزایش تولید کربوهیدرات‌ها توسط فتوسنتز است. در بیشتر گیاهان، محصول نهایی فتوسنتز، نشاسته و ساکارز است. ساکارز، بخش اصلی کربوهیدرات قابل‌انتقال و نشاسته، ذخیره موقتی کربوهیدرات است. در برگ‌های مرکبات، نشاسته ذخیره اصلی کربوهیدرات است و ممکن است به بیش از 12 درصد وزن خشک برگ نیز برسد. از آنجایی که نشاسته در طول روز در کلروپلاست تجمع می‌یابد و در طول تاریکی، تخلیه می‌شود، ثبات نشاسته تجمع یافته در کلروپلاست‌ها، که نشانه کاهش انتقال آن است می‌تواند موجب صدمه شدیدی به

ساختمان کلروپلاست و وظایف آن شود. در درختان نارنگی، بررسی غلظت نشاسته و قندهای محلول در سال پرمحصول (on) و کم محصول (off) نشان داد که غلظت نشاسته در سال کم محصول (off) در برگ‌ها 3/6 برابر و در ریشه‌ها 17/4 برابر سال پر محصول (on) است. همچنین اندازه‌گیری کل قندهای محلول و نشاسته (کل ماده خشک) برای هر درخت نشان داد که درختان در سال پرمحصول به طور میانگین 2/95 کیلوگرم نشاسته و 6/75 کیلوگرم قندهای محلول دارند (جدول 7-18).

به طور معمول، مقدار قابل‌ملاحظه‌ای از ماده خشک تولید شده در فتوسنتز در دیواره‌های سلولی (سلولز، همی‌سلولز و لیگنین) رسوب می‌کند؛ بنابراین، در فصل بعدی برای گیاه قابل‌استفاده نخواهند بود؛ اما نشاسته و قندهای محلول، ذخیره‌هایی هستند که می‌توانند برای رشد رویشی و زایشی فصل بعد مورداستفاده قرار گیرند. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که بیش از 40 درصد نشاسته در سال کم محصول در ریشه‌ها ذخیره می‌شود؛ اما در سال پرمحصول، این مقدار به کمتر از 10 درصد کاهش می‌یابد.

برخی ارقام مرکبات از جمله بیشتر نارنگی‌ها و برخی پرتقال‌ها مانند سانگین‌ها و ارقام ایتالیایی، عادت به باردهی نامنظم دارند. در مقابل، بیشتر پرتقال‌ها (مانند پرتقال تامسون ناول) باردهی منظم دارند. اما حتی ارقام با باردهی نامنظم که از نظر ژنتیکی عادت به‌تناوب باردهی دارند در اوایل باردهی که درختان جوان هستند و تغذیه مناسب و رشد بهینه دارند، معمولاً تناوب باردهی ندارند و با افزایش سن درختان، به علت مدیریت نامناسب، درختان به‌تدریج ضعیف می‌شوند و تحت‌تأثیر یک محرک خارجی (مانند تنش سرما، تنش مانداب، بیماری و غیره) تناوب باردهی در آنها شروع می‌شود. در این ارقام اگر تناوب باردهی شروع شود، برگشت به حالت اولیه مشکل بوده و به زمان زیاد، مدیریت دقیق و فشرده‌ای نیاز دارند. در مقابل، در ارقام با باردهی منظم، اگر درختان وارد چرخه تناوب باردهی شوند برگشت آنها به باردهی منظم به‌آسانی امکان‌پذیر بوده و به زمان و مدیریت کمتری نیاز است.

محلول‌پاشی زمستانه اوره با بیورت پایین (کمتر از 0/25 درصد وزنی) موجب افزایش تجمع پلی‌آمین‌ها و آرژینین (arginine) در برگ شده و گل‌دهی را افزایش می‌دهد. بین غلظت آمونیوم و متابولیت‌های آن (پلی‌آمین‌ها و ...) با شدت گل‌دهی و تشکیل میوه،

همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. همچنین بین غلظت آمونیوم در برگ‌ها، تعداد گل‌ها و تعداد شاخه‌های زایشی در درختان مرکبات در طول دوره گل‌انگیزی تا تمایز جوانه‌های گل، همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. ازاین‌رو، محلول‌پاشی اوره در پایان تنش سرما یا در زمان بروز یا اعمال تنش آبی، موجب افزایش غلظت آمونیوم در برگ، افزایش تعداد شاخه‌های گل‌دهنده[1] و تعداد گل‌ها در هر شاخه خواهد شد. محلول‌پاشی اوره در توسعه تخمدان‌ها (ovary) و تشکیل میوه نیز مؤثر است و تشکیل میوه را افزایش می‌دهد. به‌طورکلی، هر تنشی موجب کاهش یا توقف رشد و تجمع آمونیا[2] می‌شود و غلظت حدود 160 میلی‌گرم در کیلوگرم آمونیا در برگ مرکبات برای گل‌آغازی[3] کفایت می‌کند. تجمع آمونیا در طی بروز تنش، موجب افزایش بیوسنتز آرژینین، پلی‌آمین‌ها و سپس افزایش تقسیم سلولی بعد از رفع تنش در درختان مرکبات می‌شود. این تغییرات فیزیولوژی و افزایش سریع تقسیم سلولی، مقدمه‌ای برای گل آغازی در درختان مرکبات است.

7-5-1. خلاصه راهکارهای عملی برای کاهش تناوب باردهی مرکبات

- مدیریت مناسب تغذیه و آبیاری متناسب با فنولوژی رشد زایشی و رویشی درختان.
- تغذیه پس از برداشت (محلول‌پاشی و مصرف خاکی متناسب با رقم).
- محلول‌پاشی زمستانه اوره قبل از تمایز جوانه‌های گل.
- هرس سبک در بهار سال آور، جهت تحریک رشد رویشی و افزایش چوب‌های میوه ده (سرشاخه‌های که میوه روی آنها تشکیل خواهد شد).
- هرس زمستانه مناسب درختان، پس از رفع تنش سرما.
- محلول‌پاشی کودهای نیترات پتاسیم و نیترات منیزیم در اواخر فاز دوم رشد میوه.
- مصرف اسید جیبرلیک (GA_3) در مراحل خاصی از رشد (جهت کاهش تعداد گل‌ها و میوه در سال‌پربار و افزایش تشکیل گل و میوه در سال کم‌بار یا نیاور).
- اجتناب از تنش مانداب و غرقاب با زهکشی مناسب کف باغ.

---

[1] - Floral shoots
[2] - NH_3-NH_4^+
[3] - Induction

جدول 7-18. غلظت کربوهیدرات‌ها (قندهای محلول و نشاسته) در اندام‌های مختلف درختان در سال کم محصول و پرمحصول (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

اندام	کربوهیدرات‌ها (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	
	سال پرمحصول	سال کم محصول
برگ‌ها	34	122
سرشاخه‌ها	26	97
شاخه‌ها	19	76
تنه	42	88
ریشه‌ها	15	156

فصل هشتم
نیتروژن و کیفیت میوه مرکبات

با مدیریت مناسب می‌توان استاندارد کیفیت میوه مرکبات مازندران را به سطح مطلوب استاندارد کیفیت میوه در دنیا افزایش داد. مهم‌ترین فاکتورهای کیفی میوه برای باغداران مرکبات، کارخانه‌های فراوری و انبار کننده‌های میوه شامل میزان عصاره میوه، غلظت اسید یا قند (TSS)، نسبت قند (TSS) به اسید، اندازه و رنگ میوه می‌باشند. باغداران مرکبات باید بین کیفیت میوه برای تازه‌خوری و فراوری تمایز قائل شوند. برای مثال، اندازه، شکل، رنگ و تاریخ بلوغ میوه برای مصرف‌کنندگان میوه تازه، بسیار مهم است. اما میزان عصاره، مواد جامد محلول (TSS) بالا، برای میوه‌های فراوری شده از اهمیت بیشتری برخوردار است. کیفیت میوه تحت‌تأثیر فاکتورهایی مانند رقم، پایه، آب‌وهوا، خاک، آبیاری، تغذیه و آفات می‌باشد.

مدیریت تغذیه و آبیاری، بیشترین تأثیر را بر کیفیت میوه مرکبات دارد و برای افزایش سودآوری، افزایش پایداری تولید و افزایش توان رقابت در دنیا، نیاز است مدیریت مناسب تغذیه و آبیاری توسط باغداران مرکبات به‌خوبی درک و در باغ لحاظ شود. زیادی آبیاری و کوددهی، کیفیت میوه را کاهش می‌دهد بنابراین مصرف بهینه عناصر غذایی و استفاده از تکنولوژی‌های برنامه‌ریزی آبیاری مناسب باید اولویت نخست هر باغدار باشد. باغ‌های مرکبات به طراحی، راه‌اندازی و نگهداری یک سیستم مناسب آبیاری و یک برنامه منظم مصرف متعادل عناصر غذایی، جهت تأمین نیازهای ویژه درختان در مراحل مختلف رشد، همچنین برای پایداری سلامت باغ و رسیدن به عملکرد پتانسیل و حصول کیفیت مناسب میوه نیاز دارند. آبیاری یک جزو عمده از کارایی برنامه کوددهی است. درختان مرکبات با آب و تغذیه مناسب، رشد رویشی قوی‌تر، تحمل بیشتر به تنش‌ها و آفات، عملکرد پایدارتر و میوه‌ای باکیفیت بالاتر خواهند داشت. به‌عبارت‌دیگر، زیادی مصرف آب آبیاری یا کود یا

کمبود آنها موجب کاهش عملکرد و کیفیت میوه خواهد شد. مهم‌ترین عملیات مدیریتی که بر کیفیت میوه تأثیر دارند شامل آبیاری و تغذیه نیتروژن، پتاسیم و فسفر است. برخی عناصر غذایی میکرو (کم‌مصرف) مانند بور و مس نیز ممکن است بر کیفیت میوه تأثیر بگذارند البته اگر کمبود آنها وجود داشته باشد. به‌طور کلی، وقتی که کمبود شدید هر عنصر غذایی وجود داشته باشد عملکرد و کیفیت میوه کاهش می‌یابد. روند پاسخ کیفیت میوه به افزودن نیتروژن و مصرف آب آبیاری به‌طور خلاصه در زیر تشریح شده است. تأثیر مصرف کودهای شیمیایی بر کیفیت داخلی (عصاره) و کیفیت بیرونی میوه به‌طور خلاصه در جدول 8-1 و 8-2 آمده است. این نتایج بر اساس تعداد زیادی از آزمایش‌های مزرعه‌ای که در سال‌های متوالی در پاسخ به عملیات آبیاری و کوددهی ارزیابی شده، نوشته شده است و برخی نیز می‌تواند وابسته به منطقه و اقلیم باشد. این اطلاعات در کمک به برنامه‌ریزی هدفمند باغداران، کشت و صنعت‌ها، برای بهبود کیفیت میوه در ارقام مختلف در مناطق مختلف بسیار مفید باشد.

8-1. تأثیر مصرف نیتروژن بر کیفیت میوه

- افزایش حجم عصاره
- افزایش رنگ عصاره
- افزایش کل مواد جامد محلول
- افزایش غلظت اسید در میوه.
- افزایش قند به‌ازای واحد وزن میوه (به هر حال مصرف زیاد نیتروژن به‌ویژه با آب آبیاری ناکافی موجب کاهش عملکرد و قند می‌شود).
- کاهش اندازه میوه
- کاهش وزن میوه.
- افزایش تعداد میوه سبز در زمان برداشت (مصرف نیتروژن زیاد ممکن است رنگ‌گیری را به تأخیر بیندازد و سبزی مجدد در میوه برخی از ارقام را نیز افزایش دهد).

- افزایش چین‌خوردگی و لکه در برخی ارقام حساس، اما لکه‌های پوست مانند ساییدگی ناشی از باد، زنگار ناشی از آفات و پارگی پوست میوه در هنگام برداشت کاهش می‌یابد. به‌طورکلی کمبود یا زیادی نیتروژن منجر به کاهش کیفیت میوه می‌شود.
- کاهش پوسیدگی انتهایی گلگاه و کپک سبز میوه در انبار

جدول 8-1. تأثیر نیتروژن بر کیفیت ظاهری میوه (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

فاکتورهای کیفی	کیفیت خارجی میوه				لکه‌های پوستی			
	اندازه میوه	وزن میوه	میوه‌های سبز	ضخامت پوست	ساییدگی باد	پارگی پوست	اسکپ	چین‌خوردگی
نیتروژن	-	-	+	+	-	-	+	+

علائم: + (افزایش)؛ - (کاهش)؛ * (عدم تأثیر) و ؟ (نامشخص و درحال حاضر اطلاعاتی وجود ندارد).

جدول 8-2. تأثیر نیتروژن بر کیفیت عصاره و انبارمانی (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

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

علائم: + (افزایش)؛ - (کاهش)؛ * (عدم تأثیر) و ؟ (نامشخص و درحال حاضر اطلاعاتی وجود ندارد).

فصل نهم
منابع کودی نیتروژن
(مصرف خاکی، کودآبیاری و محلول‌پاشی و امکان اختلاط آنها در تانک کود)

کودآبیاری، مصرف کودهای محلول با آب آبیاری است که به طور معمول توسط سیستم‌های تحت‌فشار مانند آبیاری قطره‌ای انجام می‌شود. کودهای اوره، سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم از معمول‌ترین کودهای نیتروژنی 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 نیتروژن مناسب برای محلول‌پاشی، کودآبیاری و مصرف خاکی (چال کود یا مصرف نواری) با فرمول شیمیایی و حلالیت آن‌ها در آب (کیلوگرم در مترمکعب) در جدول‌های 9-1 تا 9-4 آورده شده است. به‌طورکلی کارشناسان و باغداران توجه داشته باشند که در هنگام مصرف کودهای محلول نیتروژنی توسط سیستم‌های آبیاری تحت فشار (آبیاری قطره‌ای) یا در تانک کود برای محلول‌پاشی از اختلاط این کودها با کودهای که ناسازگار یا موجب کاهش حلالیت می‌شوند اجتناب کنند زیراکه امکان رسوب و گرفته شدن دریپرها را افزایش می‌دهد و همچنین در محلول‌پاشی موجب کاهش راندمان جذب و در مواردی امکان خسارت به میوه را تشدید می‌کنند؛ بنابراین توصیه می‌شود در هنگام اختلاط کودهای با سایر کودها در تانک کود برای کودآبیاری یا در تانک محلول‌پاشی دقت شود که از کودهایی استفاده شود که امکان اختلاط داشته باشند و به اصطلاح، با هم سازگاری داشته باشند. در جدول‌های 9-5 و 9-6، 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 به‌عنوان جدول راهنما

برای اختلاط کودهای نیتروژنی با سایر کودهای شیمیایی برای کودآبیاری یا محلول‌پاشی استفاده کنند(اسدی کنگرشاهی، 1398). کودهای نیتروژنی شامل کودهای معدنی (مانند سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم، منوآمونیم فسفات، دی‌آمونیم فسفات،)، کودهای آلی مصنوعی (مانند اوره)، کودهای آلی طبیعی (مانند کودهای حیوانی) هستند. کودهای نیتروژنی معدنی و آلی مصنوعی که دارای خلوص بیشتری هستند برای مصرف در باغ‌های مرکبات مقرون به‌صرفه‌تر هستند. این کودها، خیلی سریع برای درختان قابل استفاده هستند مگر این که پوشش داده شوند (کودهای پوشش‌دار) که جزو کودهای کندرها دسته‌بندی می‌شوند. اما مواد آلی طبیعی، به آرامی برای درختان قابل استفاده بوده و درجه خلوص بسیار کمتری دارند بنابراین مقدار بسیار بیشتری از این کودهای آلی برای تأمین نیاز درختان در مقایسه با کودهای با درجه خلوص بالا، موردنیاز است. به همین دلیل کودهای آلی به‌ازای واحد نیتروژن، معمولاً گران‌تر از کودهای معدنی هستند.

جدول 9-1. منابع کودی نیتروژن مناسب برای محلول‌پاشی درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، 1398)

کود	فرمول شیمیایی	درصد نیتروژن (N)
اوره	$CO(NH_2)_2$	46

جدول 9-2. منابع کودی نیتروژن برای کودآبیاری درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، 1398)

کود	فرمول شیمیایی	درصد نیتروژن (N)
اوره	$CO(NH_2)_2$	46
سولفات آمونیوم	$(NH_4)_2\ SO_4$	21
نیترات آمونیوم	NH_4NO_3	34
نیترات کلسیم	$Ca\ (NO_3)_2,\ 4H_2O$	15
نیترات پتاسیم	KNO_3	13
منوآمونیم فسفات	$NH_4\ H_2PO_4$	11
دی آمونیوم فسفات	$(NH_4)_2\ HPO_4$	18

جدول 9-3. منابع کودی نیتروژن برای مصرف خاکی (سرک، نواری و چال کود) درختان مرکبات (اسدی کنگرشاهی، 1398)

کود	فرمول شیمیایی	درصد نیتروژن (N)	روش مصرف
اوره	$CO(NH_2)_2$	46	سرک
نیترات آمونیوم	NH_4NO_3	34	سرک، نواری و چال کود
سولفات آمونیوم	$(NH_4)_2\ SO_4$	21	نواری و چال کود
منوآمونیم فسفات	$NH_4\ H_2PO_4$	11	نواری و چال کود
دی آمونیوم فسفات	$(NH_4)_2\ HPO_4$	18	نواری و چال کود

جدول 9-4. حلالیت برخی منابع کودهای نیتروژنی در آب (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

نام کود	حلالیت در آب (کیلوگرم در مترمکعب)
اوره	630
نیترات آمونیوم	110
سولفات آمونیوم	670
مونو آمونیوم فسفات	405
دی آمونیوم فسفات	235
نیترات کلسیم	1200
نیترات پتاسیم	120

جدول 9-5. منابع کودی نیتروژنی که اختلاط آنها با سایر کودها موجب رسوب یا کاهش حلالیت آن‌ها در آب (کودآبیاری یا محلول‌پاشی) می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

اختلاط کودها	رسوب (ناسازگار) یا کاهش حلالیت در آب
نیترات کلسیم با سولفات آمونیوم	کاهش حلالیت
سولفات آمونیوم با سولفات پتاسیم (یا سولوپتاس)	کاهش حلالیت
نیترات کلسیم با سولفات پتاسیم (یا سولوپتاس)	رسوب (ناسازگار)
نیترات کلسیم با فسفات آمونیوم	رسوب (ناسازگار)
نیترات کلسیم با سولفات آهن	رسوب (ناسازگار)
نیترات کلسیم با سولفات منگنز	رسوب (ناسازگار)
نیترات کلسیم با سولفات روی	رسوب (ناسازگار)
نیترات کلسیم با سولفات مس	رسوب (ناسازگار)
فسفات آمونیوم با سولفات آهن،	رسوب (ناسازگار)

ادامه جدول 9-5. منابع کودی نیتروژنی که اختلاط آنها با سایر کودها موجب رسوب یا کاهش حلالیت آن‌ها در آب (کودآبیاری یا محلول‌پاشی) می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

اختلاط کودها	رسوب (ناسازگار) یا کاهش حلالیت در آب
فسفات آمونیوم با سولفات منگنز	رسوب (ناسازگار)
فسفات آمونیوم با سولفات روی	رسوب (ناسازگار)
فسفات آمونیوم با سولفات مس	رسوب (ناسازگار)
نیترات کلسیم با سولفات منیزیم	رسوب (ناسازگار)
فسفات آمونیوم با سولفات منیزیم	رسوب (ناسازگار)
نیترات کلسیم با اسید فسفریک	رسوب (ناسازگار)
نیترات کلسیم با اسیدسولفوریک	رسوب (ناسازگار)
کلات‌های آهن با اسید نیتریک	رسوب (ناسازگار)
کلات‌های منگنز با اسید نیتریک	رسوب (ناسازگار)
کلات‌های روی با اسید نیتریک	رسوب (ناسازگار)
کلات‌های مس با اسید نیتریک	رسوب (ناسازگار)

جدول 9-6. سازگاری و امکان اختلاط کودهای نیتروژنی با سایر کودها و ترکیبات شیمیایی معمول برای کودآبیاری و محلول‌پاشی (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

کود	سولفات آمونیوم	نیترات آمونیوم	اسید نیتریک	نیترات کلسیم	کلرید کلسیم	نیترات منیزیم	فسفات آمونیوم	سولفات آهن	سولفات منگنز	سولفات پتاسیم
اوره	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
کود	سولفات روی	سولفات مس	کلات‌های آهن	کلات‌های منگنز	کلات‌های روی	کلات‌های مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	
اوره	√	√	√	√	√	√	√	√	√	

√- سازگار (قابل‌اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیرقابل‌اختلاط)

کود	اوره	نیترات آمونیوم	اسید نیتریک	نیترات پتاسیم	کلرید پتاسیم	نیترات کلسیم	فسفات آمونیوم	سولفات آهن	سولفات منگنز	سولفات پتاسیم
سولفات آمونیوم	√	√	√	√	√	R	√	√	√	R
کود	سولفات روی	سولفات مس	کلات‌های آهن	کلات‌های منگنز	کلات‌های روی	کلات‌های مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	اسید نیتریک
سولفات آمونیوم	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

√- سازگار (قابل‌اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیرقابل‌اختلاط)

کود	اوره	سولفات پتاسیم	سولفات آمونیوم	نیترات پتاسیم	کلرید پتاسیم	نیترات کلسیم	فسفات آمونیوم	سولفات آهن	سولفات منگنز	فسفات پتاسیم
نیترات آمونیوم	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
کود	سولفات روی	سولفات مس	کلاته‌ی آهن	کلات‌های منگنز	کلات‌های روی	کلاته‌ی مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	اسید نیتریک
نیترات آمونیوم	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

√- سازگار (قابل‌اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیرقابل‌اختلاط)

کود	اوره	نیترات آمونیوم	سولفات آمونیوم	نیترات کلسیم	کلرید کلسیم	سولو پتاس	نیترات منیزیم	سولفات آهن	سولفات منگنز	سولفات پتاسیم
نیترات پتاسیم	√	R	√	R	√	R	R	√	√	√
کود	سولفات روی	سولفات مس	کلات‌های آهن	کلاته‌ی منگنز	کلاته‌ی روی	کلاته‌ی مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	اسید نیتریک
نیترات پتاسیم	√	√	√	√	√	√	√	√	√	R

√- سازگار (قابل‌اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیرقابل‌اختلاط)

کود	اوره	نیترات آمونیوم	سولفات آمونیوم	نیترات پتاسیم	کلرید پتاسیم	سولو پتاس	فسفات آمونیوم	سولفات آهن	سولفات منگنز	سولفات پتاسیم
نیترات کلسیم	√	√	R	√	√	X	X	X	X	X
کود	سولفات روی	سولفات مس	کلات‌های آهن	کلات‌های منگنز	کلات‌های روی	کلاته‌ی مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	اسید نیتریک
نیترات کلسیم	X	X	R	R	R	R	X	X	X	√

√- سازگار (قابل‌اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیرقابل‌اختلاط)

کود	اوره	نیترات آمونیوم	اسید نیتریک	نیترات پتاسیم	کلرید پتاسیم	نیترات کلسیم	سولفات آمونیوم	سولفات آهن	سولفات منگنز	سولفات پتاسیم
فسفات آمونیوم (منو و دی)	√	√	√	√	√	X	√	X	X	√

کود	سولفات روی	سولفات مس	کلات‌های آهن	کلات‌های منگنز	کلات‌های روی	کلات‌های مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک
فسفات آمونیوم (منو و دی)	X	X	R	R	R	R	X	√	√

√- سازگار (قابل‌اختلاط)، R- کاهش حلالیت، X- ناسازگار (غیرقابل‌اختلاط)

فصل دهم
مدیریت مصرف نیتروژن برای درختان مرکبات
(مقدار، زمان و روش مصرف)

به‌طورکلی از مهم‌ترین عملیات مدیریتی برای بهینه‌کردن نیتروژنی، مصرف به‌اندازه بهینه، در زمان نیاز محصول، مکان مناسب و به روش مناسب است. یکی نکات کلیدی برای افزایش راندمان استفاده از کودهای نیتروژنی، تطابق زمان مصرف با نیاز محصول است. اگر زودتر مصرف شوند یا سرعت قابلیت استفاده آن خیلی سریع باشد، نیتروژن می‌توانند به‌آسانی در دسترس درختان خارج شود در مقابل، زمان مصرف با نیاز محصول تطابق نداشته باشد این کود می‌تواند در معرض فرایندهای تلفات مختلف باشد. اگر وضعیت محیطی به‌گونه‌ای باشد که منجر به تلف‌شدن کود نشود، مشکلی وجود ندارد. اما اگر سرعت قابلیت استفاده، خیلی کند باشد یا دیرهنگام مصرف شود جذب آن توسط محصول کاهش می‌یابد و موجب کاهش عملکرد خواهد شد.

10-1. مقدار مناسب مصرف

درختان میوه (باتوجه‌به رقم، عملیات مدیریتی، آب و هوا و غیره)، به مصرف مقدار مشخصی از کودهای شیمیایی برای رسیدن به پتانسیل عملکرد نیاز دارند. مصرف بیشتر یا کمتر، موجب کاهش راندمان مصرف عناصر غذایی و کاهش عملکرد و کیفیت محصول خواهد شد. آزمون خاک، یکی از روش‌های مناسب برای تعیین ظرفیت تهیه عناصر غذایی از خاک است. اما برای این که در توصیه کودی نیز استفاده شود به داده‌های واسنجی نیاز است. معمولاً آزمون خاک در همه مناطق، به علت در دسترس نبودن آزمایشگاه‌ها، قابل انجام نیست. از طرف دیگر، در صورت امکان انجام آزمون خاک و فراهمی نتایج آن،

داده‌های واسنجی برای درختان میوه مختلف، وجود ندارد؛ بنابراین یکی از روش‌های مناسب و امکان‌پذیر برای تعیین مقدار مناسب کودهای شیمیایی برای درختان میوه در هر منطقه، پیش‌بینی عملکرد و مقدار عناصر غذایی برداشت شده توسط محصول است؛ لذا برای جلوگیری از کاهش تدریجی حاصلخیزی خاک، کاهش عملکرد و کیفیت میوه، تشدید تناوب باردهی و زوال درختان، باید حداقل مقدار عناصر غذایی برداشت شده توسط محصول، هر سال به خاک برگردانده شود.

- توزیع نیتروژن در اندام‌های مختلف یک درخت بالغ با حدود 100 کیلوگرم میوه شامل: میوه‌ها حدود 500 گرم؛ برگ‌ها حدود 480 گرم ؛ شاخه‌ها حدود 280 گرم ؛ تنه اصلی حدود 55 گرم و ریشه‌ها حدود 489 گرم نیتروژن دارند
- توزیع وزن خشک اندام‌های مختلف یک درخت بالغ با حدود 100 کیلوگرم میوه شامل: میوه‌ها 30 درصد ؛ برگ‌ها 10 درصد؛ شاخه‌ها 26 درصد؛ تنه اصلی 6 درصد و ریشه‌ها 17 درصد وزن خشک درختان را شامل می‌شوند.

برای تخمین صحیح نیاز نیتروژنی درختان، به دو سؤال باید پاسخ داده شود: سالانه چه مقدار نیتروژن در اسکلت درخت ذخیره می‌شود و چه بخشی از نیتروژن برگ‌ها، شکوفه‌ها، میوه‌ها و اندام‌های هرس‌های شده مجدداً در خاک بازیافت می‌شود. نیتروژن و در نهایت معدنی شده است. بر اساس داده‌های آزمایشی سالانه حدود 30 تا 60 گرم نیتروژن (معادل 20 کیلوگرم در هکتار) در اسکلت درخت ذخیره می‌شود و این مقدار کمتر از یک دهم نیتروژن موجود در میوه ها و برگ‌ها است. مقدار نیتروژن موجود در میوه‌ها، را می‌توان خروج قطعی نیتروژن از سیستم در نظر گرفت. به‌طورکلی پاسخ عملکرد درختان مرکبات به مصرف نیتروژن متغیر است. نتایج بیشتر آزمایش‌های طولانی مدت با پرتقال والنسیا نشان داده است که مصرف نیتروژن بیشتر از 150 کیلوگرم در هکتار تاثیری در افزایش عملکرد ندارد البته برخی آزمایش‌ها نیز پاسخ عملکردی را تا 180 کیلوگرم در هکتار گزارش کرده‌اند . داده های جدیدتر پاسخ عملکرد مشخصی را در سه رقم تا یک کاربرد سالانه 202 کیلوگرم در هکتار نشان می‌دهد. در کالیفرنیا، سالانه 100-150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار مصرف می‌شود تا حداکثر عملکرد حاصل شود. در

آفریقای جنوبی هیچ پاسخ عملکردی با مصرف بیش از 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست نیامده است. در ژاپن 150-250 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال برای مرغوب نارنگی‌های ساتسوما توصیه می‌شود. یک آزمایش طولانی مدت بر روی مدیریت مصرف نیتروژه در باغ در مرکبات در استرالیا نشان داده است که درختان مرکبات تا حدود 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار پاسخ می‌دهند. همه این نتایج آزمایش و داده‌های به‌دست‌آمده از نقاط مختلف جهان نشان می‌دهد که از نظر عملکرد میوه، درختان مرکبات به مصرف نیتروژن بیشتر از 200 کیلوگرم در هکتار پاسخ نمی‌دهند و مصرف سالانه بیشتر از 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، موجب کاهش کیفیت میوه می‌شود؛ بنابراین به‌طورکلی بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش‌های کوددهی نیتروژن درختان بالغ مرکبات از نقاط مختلف جهان، به این نتیجه رسید که مصرف سالانه 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای حفظ عملکرد خوب و رشد بهینه درخت مرکبات کافی است که حدود نیمی از آن در میوه‌ها و یک دهم آن در درختان ذخیره می‌شود.

به طور معمول، برای تعیین بودجه سالانه نیتروژن درختان میوه، موارد زیر باید در نظر گرفته شوند:

- تعیین نیاز عناصر غذایی درختان (در کل سال) برای رشد مناسب و عملکرد بالا.
- تعیین قابلیت استفاده نیتروژن طبیعی در خاک.
- ارزیابی قابلیت استفاده نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های چوبی درختان و امکان تحرک دوباره آن.
- تعیین نیاز نیتروژنی درختان علاوه بر نیتروژن طبیعی خاک و نیتروژن ذخیره شده در بافت‌ها.
- برآورد راندمان مصرف کودهای نیتروژنی.

همه موارد بالا، با این فرض ارائه شده‌اند که محیط فیزیکی و بیولوژی خاک (مانند رطوبت، زهکشی، pH و غیره) برای رشد و تولید محصول مناسب است. مدیریت مناسب آبیاری در درختان میوه بر رشد و تحرک عناصر غذایی تأثیر زیادی دارد. به‌طورکلی، جذب فعلی نیتروژن از خاک، در رشد درختان در همان زمان مؤثر نیست؛ بنابراین

باغداران می‌توانند از کوددهی درختان میوه در زمان‌های خاصی از فصل رشد که راندمان جذب پایین است، اجتناب کنند. نیتروژن ذخیره در برگ‌ها و یا بافت‌های چوبی می‌تواند نیاز درختان را در اوایل فصل رشد به‌خوبی تأمین کند و نیازی به جذب نیتروژن از خاک در اوایل فصل رشد نیست؛ بنابراین یک فاصله زمانی (اختلاف‌فاز) بین رشد درخت و جذب نیتروژن وجود دارد. به‌هرحال، ظرفیت سایت‌های ذخیره نیتروژن در درختان مرکبات، برای تأمین نیاز نیتروژنی درختان در اوایل فصل (زمان گل‌دهی و تشکیل میوه) کافی است، اما بسیار کمتر از نیاز نیتروژنی برای دوره رشد سریع، در اواخر بهار و تابستان است؛ بنابراین پس از گل‌دهی و تشکیل میوه، مصرف کودها باید به‌تدریج افزایش یابد. ژنوتیپ درختان (نه عملیات مدیریتی باغدار)، تعیین‌کننده تغییرات در مقدار نیتروژن است درختان، ظاهراً ظرفیت محدودی برای استفاده از نیتروژن قابل‌استفاده خاک دارند و هر بار که این ظرفیت به هم می‌خورد درختان به طور خود تنظیمی نیتروژن جذب می‌کنند؛ بنابراین، ازآنجایی‌که زیادی نیتروژن نمی‌تواند به‌اجبار وارد درختان شود، محاسبه مقدار واقعی کود نیتروژن موردنیاز برای رشد رویشی و تولید میوه می‌تواند قدم مؤثری، برای بهبود راندمان مصرف نیتروژن در درختان میوه باشد؛ لذا مصرف نیتروژن، بدون درنظرگرفتن نیاز و تقاضای نیتروژنی درختان (رشد یا ذخیره) در اوایل بهار یا پاییز، هدررفت کودهای نیتروژنی را از منطقه ریشه (توسط شستشو یا دنیتریفیکاسیون) افزایش می‌دهد؛ بنابراین تخمین نیتروژن قابل‌استفاده خاک، توسط معدنی شدن نیتروژن از مواد آلی خاک در طول سال، برای پیش‌بینی کمیت نیتروژن قابل‌استفاده خاک، بسیار باارزش است. همچنین ارزیابی وضعیت نیتروژن درختان در بهار برای مدیریت کوددهی درختان، بسیار مؤثر است. به‌طورکلی، توسعه روش‌های با هزینه کمتر برای افزایش مواد آلی خاک می‌تواند به افزایش قابلیت استفاده نیتروژن خاک، بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک و کاهش شستشوی نیترات کمک کند. عوامل زیادی، جذب نیتروژن را کاهش می‌دهند که شامل غیر متحرک[1] شدن، نیترات‌زدایی[2]، شستشو[3]، تصعید[4] و روان آب سطحی[5] هستند.

[1] - Immobilization
[2] - Denitrification
[3] - Leaching
[4] - Volatilization
[5] - Run off

به‌طورکلی، افزایش‌دهنده‌های راندمان کودها، حساسیت کودها را به یک یا چند مورد از مسیرهای تلفات کود، کاهش می‌دهند. نیتروژن، به طور عمده به شکل نیترات یا آمونیوم توسط درختان جذب می‌شود و مقدار محدودی نیز به شکل اوره توسط تغذیه برگی جذب می‌شود.

10-2. زمان مناسب مصرف

هماهنگی بیشتر بین نیاز درختان و مصرف عناصر غذایی برای افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی ضروری است (به‌ویژه نیتروژن). تقسیط نیتروژن در طی فصل رشد، بیشتر از مصرف زیاد و یک باره آن در اوایل فصل رشد، در افزایش راندمان مصرف نیتروژن مؤثر است. آزمون برگ و کلروفیل‌متر، روش‌های تشخیص مناسبی برای مدیریت مصرف نیتروژن در طی فصل رشد هستند. همچنین استفاده از چارت‌های رنگ برگ، در راهنمایی و مدیریت مصرف نیتروژن در طی فصل رشد، بسیار مفید است. یکی دیگر از روش‌ها، برای هم‌زمانی و هماهنگ کردن مصرف کودهای نیتروژنی متناسب با نیاز درختان میوه، استفاده از کودهای نیتروژنی با رهاسازی کنترل شده و کودهای کندرها است. کودهای با رهاسازی کنترل شده، معمولاً شامل مخلوطی از کودهای با حلالیت کم و کودهای محلول در آب پوشش‌دار هستند. کودهای کندرها، معمولاً گران‌تر از کودهای نیتروژنی محلول در آب هستند و بیشتر برای محصولات باغبانی با ارزش اقتصادی بالا مصرف می‌شود. البته امروزه با پیشرفت تکنولوژی، هزینه ساخت این کودها کاهش یافته است و امکان تهیه و مصرف آنها آسان‌تر شده است. نویدبخش‌ترین روش مصرف کودهای نیتروژنی در باغبانی، استفاده از کودهای با پوشش پلیمری است که می‌توانند متناسب با زمان و شدت نیاز درختان، طراحی و ساخته شوند. مقدار عناصر غذایی رها شده از کود می‌تواند توسط خصوصیات پوشش پلیمری و متوسط درجه‌حرارت و وضعیت رطوبتی خاک تغییر کند. به‌طورکلی مدیریت زمانی کوددهی نیتروژن برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه مرکبات در مناطق مختلف کشور:

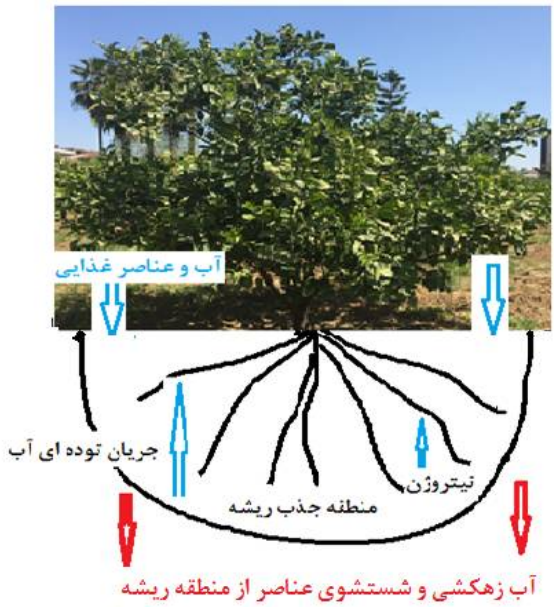
10-2-1. زمان مناسب مصرف نیتروژن در مناطق شمالی: از کل نیتروژن موردنیاز درختان حدود 30 درصد آن اردیبهشت، 30 درصد خرداد، 20 درصد تیر و 20 درصد مرداد (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) مصرف شود.

10-2-2. زمان مناسب مصرف نیتروژن در مناطق جنوبی (استان فارس و کرمان): از کل نیتروژن موردنیاز درختان حدود 20 درصد آن فروردین، 30 درصد اردیبهشت، 30 درصد خرداد و 20 درصد تیر (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) مصرف شود.

10-2-3. زمان مناسب مصرف نیتروژن در مناطق جنوبی (هرمزگان): از کل نیتروژن موردنیاز درختان حدود 20 درصد اسفند، 30 درصد فروردین30 درصد اردیبهشت و 20 درصد خرداد (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) مصرف شود.

10-3. مکان مناسب

تعیین جایگذاری مناسب کودها به اندازه تعیین مقدار مصرف مناسب آنها برای درختان میوه اهمیت دارد (شکل10-1). روش‌های مصرف متعددی وجود دارد که شامل مصرف سطحی، نواری و کودآبیاری است. مناسب‌ترین روش برای درختان میوه (برای باغ‌های با سیستم آبیاری تحت فشار)، کودآبیاری در طی فصل رشد است. در صورتی که امکان کودآبیاری نباشد، تلفیق سطحی و نواری مناسب است، مشروط به این که شروع کوددهی (با مصرف حداکثر 20 درصد نیاز سالانه) هم زمان با شروع رشد رویشی در اواخر زمستان یا اوایل بهار باشد. از مصرف کودهای شیمیایی برای درختان خزان‌کننده، زمانی که درختان برگ ندارند، اجتناب شود و در درختان مرکبات، شروع کوددهی، هم زمان با شروع رشد سرشاخه‌های بهاره باشد. به‌طورکلی، بررسی‌های نگارندگان نشان داده است که کوددهی زودهنگام، یکی از دلایل اصلی راندمان بسیار پایین کودهای شیمیایی در درختان مرکبات شمال کشور است.



شکل 10-1. منطقه جذب، انتقال نیتروژن با جریان توده‌ای به سطح ریشه درخت

10-4. روش مناسب مصرف

10-4-1. مصرف خاکی (پخش سطحی، نواری یا چال کود)

به‌طورکلی برخی پژوهش‌ها در مورد درختان میوه نشان داده است که نیتروژن مصرفی در اوایل بهار، بیشتر به رشد رویشی سرشاخه‌ها اختصاص پیدا می‌کند درحالی‌که نیتروژن مصرفی در آخر فصل بیشتر به اندام‌های ذخیره مانند پوست ریشه‌ها و تنه درختان می‌رود و مقدار کمی هم به جوانه‌های درحال‌توسعه منتقل می‌شود و محلول‌پاشی پس از برداشت یکی از راهکارهای عملی برای افزایش نیتروژن ذخیره جوانه‌ها در اواخر فصل رشد است (کارناکا و همکاران، 2018؛ زوبیر و همکاران، 2017؛ سنچز و همکاران،2006). گزارش‌های سنچز (1990) نشان می‌دهد که عدم رعایت زمان و نیاز واقعی مصرف نیتروژن در تولید محصول در کالیفرنیا، موجب می‌شود که سالانه چندین هزار تن نیتروژن از این اراضی شسته و به آب‌های زیرزمینی منتقل‌شود. درختان مرکبات در زمان گل‌دهی بیشترین نیاز به نیتروژن را دارند درحالی‌که راندمان مصرف

خاکی نیتروژن در این زمان، حداقل است؛ بنابراین، نیتروژن ذخیره شده در برخی اندام‌ها است که نیاز نیتروژن جوانه‌های گل و تشکیل میوه را تأمین می‌کند. امّا به‌تدریج با افزایش فعّالیت درختان و رشد فلش‌های بهاره، راندمان مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد و در زمان توسعه فلش‌های تابستانه به حداکثر و سپس به‌تدریج مجدداً شروع به کاهش می‌کند. در فاز اول رشد میوه‌ها که به‌تدریج راندمان مصرف افزایش می‌یابد، مدیریت مصرف نیتروژن باید به‌گونه‌ای باشد که بین رشد فلش‌های بهاره و رشد میوه چه‌ها تعادل برقرار باشد و مصرف زیاد نیتروژن معمولاً موجب تشدید رشد فلش‌های بهاره و افزایش ریزش میوه چه‌ها خواهد شد؛ بنابراین توصیه می‌شود مصرف نیتروژن در باغ‌های مرکبات با حداقل مقدار در آغاز رشد فلش‌های بهاره شروع و به‌تدریج با توسعهٔ میوه‌ها و سرشاخه‌های سال جاری افزایش یابد، به‌طوری‌که در اوایل فاز دوم رشد میوه به حداکثر مقدار برسد و سپس به‌تدریج کاهش و در زمان بلوغ میوه متوقف شود. پس از برداشت میوه، مجدداً مصرف نیتروژن جهت تکمیل فلش‌های پاییزه، افزایش نیتروژن ذخیره بافت‌های مختلف، کاهش تناوب باردهی و بهبود توانایی درختان در مقابل تنش‌های مختلف توصیه می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1394).

به‌طورکلی در درختان میوه از جمله مرکبات از نظر زمانی، اختلاف‌فازی بین شروع رشد فلش‌های اندام هوایی و شروع رشد ریشه (از 20 تا 30 روز) وجود دارد. از طرف دیگر، کودهای نیتروژنی (حتی کودهای آمونیومی)، پایداری کمی در خاک دارند و به طور میانگین حدود 20 تا 30 روز پایدار هستند. همچنین راندمان مصرف کودهای نیتروژنی در اسفند ماه (کود پایه) برای درختان مرکبات، حدود 15 تا 20 درصد است. از طرفی برگ‌های قدیمی درختان مرکبات در این دوره زمانی، دارای سینک بسیار قویی هستند و بخش عمده‌ی این مقدار کم نیتروژن جذب شده نیز به مصرف برگ‌های قدیمی می‌رسد. از این‌رو، مصرف کودهای نیتروژنی قبل از گل‌دهی در اواخر اسفندماه یا اوایل فروردین‌ماه (به اصطلاح کود پایه) نقش چندانی در کیفیت گل‌ها و بهبود تشکیل میوه ندارند و کیفیت گل‌ها و تشکیل میوه بیشتر تحت‌تأثیر نیتروژن ذخیره (تغذیه درازمدت درختان به‌ویژه تغذیه سال قبل) درختان است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ اسدی کنگرشاهی و همکاران 1390 و کاتو و همکاران، 1981).

نتایج پژوهش‌های تدین و همکاران (1394) نشان داد که مدیریت مصرف نیتروژن، نقش تعیین کننده‌ای در کاهش تناوب باردهی مرکبات دارد. نتایج تیمارهای مدیریت مصرف نیتروژن و زمان برداشت بر تناوب باردهی نارنگی سیاهو نشان داد که بکارگیری تیمارها به‌تدریج نوسان عملکرد و تناوب باردهی را کاهش داد و محلول‌پاشی نیتروژن در آبان‌ماه بیشترین تأثیر در کاهش تناوب باردهی داشت. به‌طورکلی نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های دیگر همخوانی دارد که گزارش کردند مصرف نیتروژن در اواخر فصل رشد (پس از برداشت) بیشترین تأثیر در تعدیل تناوب باردهی، ذخیره نیتروژن، تأمین نیاز نیتروژنی جوانه‌های گل، فلش‌های رشد و میوه‌چه‌های جوان در سال بعدی دارد به طوری که بخش عمده‌ای از این نیتروژن در شاخه‌های جوان، جوانه‌ها و ریشه‌های فیبری ذخیره شده و در بهار سال بعد، نیاز فلش های اوایل فصل، جوانه های گل و رشد اولیه میوه‌چه‌ها را تأمین می‌کند (حسینی و رضازاده، 1394؛ اخلاقی امیری و اسدی کنگرشاهی، 1390؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ لوات و همکاران، 1992؛ موژار و همکاران، 2007).

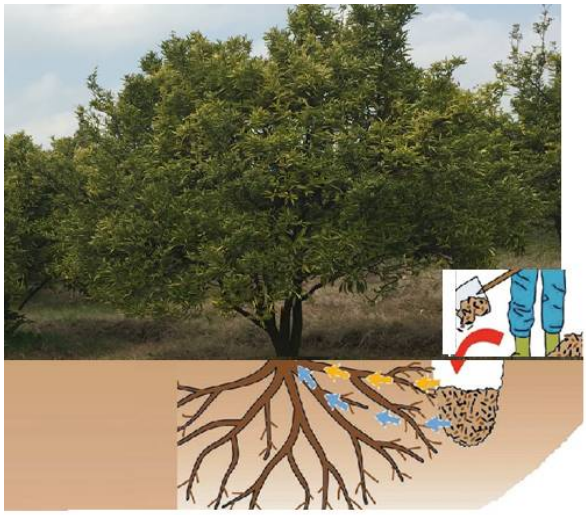
نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف بخش عمده نیتروژن در اوایل فصل (قبل از شروع توسعه برگ‌ها)، تناوب باردهی را تشدید می‌کند. این نتایج با پژوهش‌های مختلف دیگر همخوانی دارد که گزارش کردند مصرف بخش عمده نیتروژن قبل از شروع رشد و در اوایل فصل رشد، به دلیل راندمان جذب پایین تأثیر چندانی در تأمین نیتروژن درختان ندارد در مقابل مصرف آن در طی فصل رشد به‌ویژه مصرف تابستانی و پاییزی آن از راندمان جذب بیشتری است و علاوه بر تأمین نیاز میوه‌های سال جاری در رشد و تشکیل چوب‌های میوه ده برای سال بعد و همچنین تأمین نیتروژن ذخیره جوانه‌های در سال آتی، افزایش تشکیل میوه و عملکرد تأثیر زیادی دارد (لوات و همکاران، 1988 و 1992؛ لیگاز و همکاران، 1995؛ گلداشمیت، 2005؛ ترکتاز و همکاران، 2013). اسدی کنگرشاهی و همکاران (1396) گزارش کردند که مصرف کودها قبل از گلدهی از راندمان جذب کمی برخوردار هستند و مصرف آنها متناسب با فنولوژی رشد در مناطق مختلف توصیه می‌کنند.

به‌طورکلی نتایج پژوهش‌های بلندمدت اسدی کنگرشاهی (1398) در مورد مدیریت مصرف نیتروژن متناسب با فنولوژی رشد در درختان مرکبات نشان داد که کوددهی اوایل فصل رشد قبل از رشد سرشاخه‌ها، تأثیر چندانی در افزایش تشکیل گل، میوه و رشد فلش‌های بهاره ندارد؛ لذا توصیه می‌شود که باغداران، کوددهی اوایل فصل را با حداکثر 10 الی 15 درصد نیاز سالانه درختان شروع نمایند و به‌تدریج، مقدار مصرف (درصدی از نیاز سالانه) را افزایش داده و در اوایل یا اواسط تابستان (باتوجه‌به رقم) به حداکثر مقدار مصرف ارتقا داده شود سپس مصرف کودها به‌تدریج کاهش یابد و در اوایل پاییز (پایان رشد فلش‌های پاییزی) متوقف شود؛ لذا به‌منظور افزایش راندمان مصرف کودهای شیمیایی، افزایش تشکیل میوه، افزایش عملکرد و باردهی منظم باغ‌های منطقه، توصیه می‌شود از کوددهی اواخر فصل زمستان یا اوایل فصل رشد اجتناب یا به حداقل مقدار تقلیل دهند و در مقابل کوددهی بر اساس تقاضای تغذیه‌ای درختان مرکبات در طول سال انجام شود. به‌طورکلی بیشترین عملکرد از مدیریت زمانی مصرف کودهای نیتروژنی 15 درصد در قبل از گلدهی (اوایل اردیبهشت‌ماه)؛ 35 درصد بین تشکیل میوه چه‌ها و شروع ریزش تابستانی میوه چه‌ها (از اواخر اردیبهشت تا اواسط خردادماه)؛ 20 درصد در شروع ریزش تابستانی تا اوایل فاز دوم رشد میوه‌ها (اواخر خرداد تا اواسط تیرماه)؛ 15درصد در فاز دوم رشد میوه اواخر تیر تا اواسط مردادماه و 15 درصد پس از برداشت میوه (مهرماه) حاصل شد. اما بر اساس داده‌های این آزمایش، برنامه زمانی مصرف کودهای نیتروژنی برای حداقل تناوب باردهی در چهار مرحله: مرحله اول، 15 درصد در قبل از گلدهی (اوایل اردیبهشت‌ماه)؛ مرحله دوم، 30 درصد بین تشکیل میوه چه‌ها و شروع ریزش تابستانی میوه چه‌ها (از اواخر اردیبهشت تا اواسط خردادماه)؛ 30 درصد در شروع ریزش تابستانی تا اوایل فاز دوم رشد میوه‌ها (اواخر خرداد تا اواسط تیرماه)؛ و 25 درصد پس از برداشت میوه (مهرماه) توصیه می‌شود (اسدی کنگرشاهی، 1398).

10-4-1-1. مصرف نواری یا چال کود

روش چال کود، نوع خاصی از جای‌گذاری موضعی کودهای شیمیایی و حیوانی است که بیشتر برای خاک‌های سبک‌وسنگین با آهک بالا توصیه می‌شود. در این روش

باتوجه‌به سن درختان، 3 تا 6 چاله در یک‌سوم قسمت انتهایی سایه‌انداز درختان حفر شده و سپس چاله‌ها با مخلوطی از کودهای حیوانی پوسیده و کودهای شیمیایی توصیه شده، پر می‌شوند. عرض چاله‌های حفر شده حدود 50 سانتی‌متر، طول آن‌ها حداقل 60 سانتی‌متر و عمق آنها حدود 50-30 سانتی‌متر (باتوجه‌به عمق پراکنش ریشه درختان) است. چال کودها در سیستم آبیاری قطره‌ای در زیر قطره‌چکان‌ها و در سیستم آبیاری سطحی، در مسیر حرکت آب، حفر می‌گردند و هرسال می‌توان کودهای شیمیایی موردنیاز را به سطح چاله‌ها افزود و نشست سطح چال کودها را با مواد آلی، جایگزین کرد. اما پس از گذشت چند سال، به دلیل افزایش قطر تاج و سایه‌انداز درختان، چال کودهای جدید باید حفر شود که در درازمدت می‌تواند باعث اصلاح موضعی خاک منطقه ریشه شود (شکل10-2).



شکل 10-2. محل احداث چال کود برای درختان بارده مرکبات

روش نواری، نوع دیگری از جای‌گذاری موضعی کودهای شیمیایی و حیوانی است که در بیشتر خاک‌های توصیه می‌شود. در این روش در طرفین درختان در یک‌سوم قسمت انتهایی سایه‌انداز درختان نواری با عمق حدود 50-30 سانتی‌متر (باتوجه‌به عمق پراکنش ریشه درختان) و با عرض حدود 40 سانتی‌متر و با طولی متناسب تا تاج درختان حفر

شده و سپس این نوارها را با مخلوطی از کودهـای حیـوانی پوسـیده و کودهـای شـیمیایی مناسب پر می‌شوند. نوارها در سیستم آبیاری قطره‌ای در زیر قطره‌چکـان‌هـا و در سیسـتم آبیاری سطحی، در مسیر حرکت آب، حفر می‌گردند؛ امـا پـس از گذشـت چنـد سـال، بـه دلیل افزایش قطر تاج و سایه‌انداز درختان، نوارهای جدید باید حفر شود کـه در درازمـدت می‌تواند باعث اصلاح موضعی خاک منطقه ریشه نیز شود.

به‌طورکلی مصرف حدود 20 درصد نیاز نیتروژنی سـالانه درختـان بـه شـکل سـولفات آمونیوم، به‌صورت چال کود یا نواری در اوایل فصـل رشـد توصـیه مـی‌شـود. ضـمنا تأکیـد می‌شود از مصرف کود اوره، و دیگر کودهای شیمیایی با حلالیت زیاد به شکل چال کود یـا نواری برای درختان میوه اجتناب شود. مصرف اوره به شکل چـال کـود یـا نـواری موجـب افزایش شدید pH و تجمع نیتریت در منطقه چال کـود یـا نـوار مـی‌شـود بـه طـوری کـه می‌تواند موجب سمیت و مرگ ریشه‌های درختان شوند. همچنین بـه علـت بارنـدگی‌هـای زیاد در اواخر اسفند ماه و اوایل بهار و از طرف دیگر فعالیت پایین ریشه‌هـا در اوایـل فصـل رشد، راندمان مصرف کودهـای نیتروژنـی و جـذب آن‌هـا توسـط ریشـه، در ایـن زمـان در حداقل است؛ بنابراین مصرف کودهـای نیتروژنـی در اواخـر زمسـتان و اوایـل بهـار، اغلـب موجب هدر رفت سرمایه باغداران، آلودگی آب‌های زیر زمینـی، .....و در نهایـت، کـاهش درآمد و اقتصاد باغ‌دار می‌شود. مصرف کودهای نیترژنی با حلالیت بالا و همچنین مصـرف آن‌ها به مقدار زیاد و به شکل تـوده‌ای و انباشـته در داخـل چـال کـود، شستشـوی آنهـا را تشدید می‌کند. همچنین مصرف زیاد کودهای محلول مانند اوره، سولفات آمونیوم، نیتـرات آمونیوم در منطقه ریشه (کود پایه) به‌صورت چال کود یا نواری همراه با کودهای حیـوانی و آلی دیگر با شوری زیاد، می‌تواند موجب افزایش شوری منطقه ریشـه درختـان شـود و اگـر این افزایش شوری منطقه ریشه، با افزایش دمای محیط و افزایش فعالیـت درختـان همـراه باشد موجب تشدید ریزش برگ، خشکیدگی سرشاخه‌ها و علائم زوال درختان متناسـب بـا شدت تنش شوری خواهد شد. به‌طورکلی اگر امکان کودآبیاری برای درختان میـوه فـراهم باشد از مصرف کودهای نیتروژنی به شکل چال کود یا نواری اجتناب شود و این کودهـا در تقسیط‌های متوالی متناسب با فنولوژی و فیزیولوژی رشـد درختـان بـه شـکل کودآبیـاری مصرف شوند.

10-4-1-2. پخش سطحی کودهای نیتروژنی و تصعید آمونیاک

هدررفت کودهای نیتروژنی به‌صورت تصعید آمونیاک، یک نگرانی در باغ‌های مرکبات است؛ زیرا منابع کود جامد، معمولاً در سطح خاک مصرف شده و به‌ندرت با خاک سطحی مخلوط می‌شوند. به‌طورکلی، اگر کودهای جامد اوره یا کودهای دارای آمونیوم در سطح خاک مصرف شوند تا 50 درصد از نیتروژن این کودها می‌تواند به اتمسفر تصعید شوند.

تحت شرایط زیر، تصعید کودهای نیتروژنی از باغ‌های مرکبات زیاد است:

- منابع کود آمونیومی، اگر به طور سطحی در خاک‌های آهکی مصرف شوند.
- اوره، اگر به طور سطحی در خاک‌های اسیدی یا قلیایی مصرف شود.

آمونیاک به‌آسانی از اوره هدر می‌رود، زیرا اوره پس از مصرف در سطح خاک، به‌سرعت به کربنات آمونیوم تبدیل می‌شود. اگر اوره با خاک سطحی مخلوط نشود یا پس از مصرف آن، آبیاری انجام نشود کربنات آمونیوم به‌سرعت تجزیه شده و به آمونیاک و گاز دی‌اکسیدکربن تبدیل می‌شود. محلول کربنات آمونیوم pH حدود 8/6 دارد که موجب تلفات مقدار زیادی آمونیاک می‌شود. هم‌زمان با مصرف کود به‌صورت پخش سطحی، گاز آمونیاک آزاد شده به اتمسفر وارد می‌شود؛ بنابراین، اوره به‌آسانی تصعید می‌شود زیرا هر دانه گرانوله اوره پس از مصرف در خاک، ایجاد یک محیط قلیایی در اطراف خودش می کند. اگر اوره جامد بلافاصله بعد از مصرف حل شود و توسط بارندگی یا آب آبیاری وارد خاک شود تصعید ناچیز می‌شود. زمانی که کودهای دارای آمونیوم به‌صورت سطحی در خاک‌های دارای کربنات کلسیم آزاد (خاک‌های آهکی) مصرف شوند، یک محیط قلیایی ایجاد می‌شود که امکان تبدیل یون آمونیوم به گاز آمونیاک را به‌شدت افزایش می‌دهد. درجه پیشرفت این واکنش به آنیون همراه کود آمونیوم بستگی دارد. کودهای نیتروژنی که تولید محصولات واکنشی با حلالیت کمتر کنند به طور قابل‌ملاحظه‌ای موجب تلفات آمونیاک بیشتری می‌شوند و درمقابل، کودهایی که تولید محصولات واکنشی با حلالیت بیشتری کنند تلفات آمونیاک آن‌ها کمتر خواهد بود. برای مثال، مصرف سولفات آمونیوم در خاک‌های آهکی موجب می‌شود سولفات کود با کلسیم خاک واکنش داده و تولید سولفات کلسیم (گچ) کند که حلالیت کمی دارد، درصورتی‌که با مصرف نیترات آمونیوم در این خاک‌ها، نیترات کود با کلسیم واکنش داده و تولید نیترات کلسیم می‌کند که

حلالیت بیشتری دارد؛ بنابراین اگر سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم در خاک‌های آهکی مصرف شوند و بلافاصله آبیاری انجام نشود آمونیوم بیشتری از کود سولفات آمونیوم تصعید خواهد شد. البته باید توجه داشت که کودهای نیتروژنی به شکل نیترات در معرض تصعید نیست.

10-4-2. کودآبیاری

در باغ‌های مرکبات، روش آبیاری به طور مستقیم در جذب نیتروژن تأثیر دارد. کواینون و همکاران (2005) گزارش کردند که راندمان جذب نیتروژن در درختان پرتقال ناولینا در سیستم آبیاری قطره‌ای حدود 73 درصد و در سیستم آبیاری غرقابی حدود 63 درصد است. پژوهش‌های سیورتن و اسمیت (1996) برای درختان مرکبات تحت شرایط لایسیمتری نشان داد که راندمان مصرف نیتروژن حدود 61 تا 68 درصد است. نتایج مشابهی از راندمان مصرف نیتروژن در روش کودآبیاری در مقایسه با روش پخش سطحی با کودهای گرانوله خشک توسط پژوهشگران داسبرگ و همکاران (1988)، آلوا و پاراماسیوم (1998)، آلوا و همکاران (1998) و آلوا و همکاران (2003) نیز گزارش شده است. البته استراتژی آبیاری در روش قطره‌ای در توزیع نیتروژن در پروفیل خاک تأثیر دارد. برای یک حجم معین آب مصرفی، افزایش میزان مصرف آب در واحد زمان (دبی بیشتر) موجب توزیع بیشتر آب در جهت افقی می‌شود و در مقابل کاهش مصرف آب (دبی کمتر) سبب حرکت بیشتر آب در جهت عمودی خواهد شد؛ بنابراین شستشوی نیترات را افزایش خواهد داد (لی و همکاران، 2004). در همین راستا، کوانینون و همکاران (2007) گزارش کردند درصد نیتروژن نیتراتی نگهداری شده در پروفیل خاک در روش آبیاری غرقابی (38 درصد) بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای (8 درصد) است؛ اما اختلاف معنی‌داری در مقدار نیتروژن آلی خاک در دو روش وجود نداشت.

فراوانی مصرف نیتروژن نیز بر توزیع نیتروژن در پروفیل خاک و در ساختار درختان تأثیر دارد. مصرف محلول‌های رقیق نیتروژن با فراوانی بیشتر (به عبارتی مقدار کمتر با دفعات بیشتر) می‌تواند راندمان مصرف نیتروژن را نسبت به محلول‌های غلیظ با فراوانی کمتر (مقدار بیشتر با دفعات کمتر) تا حدود دوبرابر افزایش دهد (اسچولبرگ و همکاران،

2002؛ کواینینون و همکاران، 2005). در مطالعه دیگری، آلوا و همکاران (2006) نشان دادند که راندمان جذب نیتروژن در نتیجه عملیات مدیریت بهینه مصرف نیتروژن (جایگذاری مناسب، زمان مصرف مناسب همراه با برنامه آبیاری بهینه) در روش کودآبیاری (15 مرحله کوددهی) در مقایسه با مصرف کودهای گرانوله محلول در آب (4 مرحله کوددهی) بیشتر است و این افزایش بیشتر در راندمان مصرف نیتروژن موجب افزایش عملکرد میوه می‌شود. بومن (1996) راندمان مصرف نیتروژن بیشتری را در درختان گریپ‌فروت که ترکیبی از یک سرک پخش سطحی با کودهای گرانوله خشک (33 درصد مصرف سالانه) و 18 مرحله کودآبیاری دو هفته در میان در مقایسه با درختانی که سه مرحله کوددهی سرک با کودهای گرانوله دریافت کردند را گزارش کرد. گزارش‌های مورگان و همکاران (2009) نشان داد که عملکرد درختانی که نیاز کودی آن‌ها از کودهای کندرها و 30 درصد کودآبیاری نیتروژن تأمین شد در مقایسه با درختانی که کوددهی آن‌ها با کودهای گرانوله خشک و چهار مرحله کودآبیاری نیتروژن انجام شد، بیشتر بود.

به‌طورکلی در درختان مرکبات راندمان جذب کودهای نیتروژن نیتراتی در مقایسه با کودهای آمونیومی بیشتر است. افزودن بازدارنده‌های نیترات سازی به کودهای نیتروژنی آمونیومی، راندمان مصرف این کودها را 16 درصد افزایش داد و در مقابل مقدار نیترات را در پروفیل خاک حدود 10 درصد و در آب زهکشی را 36 درصد کاهش داد (شیرگور و سریواستاوا، 2013). کودآبیاری، استفاده از کودهای محلول با آب آبیاری است. بیشتر باغ‌دارانی که سیستم آبیاری تحت فشار (قطره‌ای و...) دارند می‌توانند از این سیستم برای کوددهی استفاده کنند. به‌طورکلی، کودآبیاری، تزریق کودها را متناسب با فنولوژی رشد درختان و همچنین نیاز میوه‌ها امکان‌پذیر می‌کند. در هنگام کودآبیاری، مدت زمان آبیاری باید تا حد امکان، کوتاه باشد و فاصله زمانی بین آبیاری‌ها نیز کاهش داده شود. اگر کاهش مدت زمان آبیاری در هنگام کودآبیاری، امکان‌پذیر نباشد تزریق، باید نزدیک انتهای سیکل آبیاری صورت گیرد. تزریق‌های زودتر، می‌توانند بیشتر کودها (به‌ویژه نیتروژن) را به پایین‌تر از منطقه ریشه یا پروفیل خاک انتقال دهند. پس از تزریق نیز، برای خروج باقی‌مانده محلول کودها از لوله‌ها، باید سیستم، به اندازه کافی شستشو داده شود. با کودآبیاری به علت کارایی بیشتر مصرف کود توسط سیستم آبیاری، می‌توان مقدار

کودهای مصرفی را به حدود 60 تا 80 درصد مقدار کودهای مصرفی به شکل پخش سطحی، کاهش داد. در اوایل فصل سال، که سیستم آبیاری به علت وجود بارندگی برقرار نیست باغ‌دارها می‌توانند حدود 20 درصد از نیاز کود نیتروژنی را به شکل سرک یا محلول‌پاشی قبل از گل‌دهی مصرف نمایند. در مواقعی که میزان بارندگی زیاد و خاک، اشباع از آب است مصرف کودها به شکل کودآبیاری تقریبا غیر مؤثر است زیرا عناصر غذایی، همراه با آب آبیاری از منطقه ریشه خارج می‌شوند. همچنین به علت غلظت پایین اکسیژن منطقه ریشه، راندمان جذب توسط ریشه‌ها به‌شدت کاهش می‌یابد. مصرف کودها با آب آبیاری، غلظت کل نمک‌های محلول (TDS) آب آبیاری را افزایش می‌دهد و اگر کودآبیاری با آبی با غلظت زیاد نمک‌های محلول انجام شود ممکن است موجب صدمه به درختان شود. به‌طورکلی، آب‌های با غلظت نمک‌های محلول بیشتر از 1000 میلی‌گرم در لیتر ممکن است موجب صدمه به برگ‌های درختان شوند.

کودآبیاری، ارزان‌ترین و مناسب‌ترین روش مصرف کودهای نیتروژنی است. مصرف کودهای دارای آمونیاک آزاد (مانند اوره، سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم)، در آب‌های آبیاری که دارای مقدار زیادی کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات هستند موجب رسوب کلسیت در لوله‌های سیستم آبیاری شده و ممکن است در مواردی موجب مسدودشدن آنها و گرفتگی قطره‌چکان‌ها شود. با مصرف برخی کودهای نیتروژنی مانند سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم (که دارای یون آمونیوم هستند) در خاک‌های آهکی، کربنات آمونیوم و یک نمک کلسیم مانند سولفات کلسیم یا نیترات کلسیم در خاک تشکیل خواهد شد. کربنات آمونیوم سپس به آمونیاک و دی‌اکسیدکربن تجزیه می‌شود که دی‌اکسیدکربن سریع‌تر از آمونیاک، تلف می‌شود و موجب تشکیل هیدروکسید آمونیوم (NH_4OH) و افزایش pH خاک اطراف ذره کود و در نتیجه تلفات بیشتر آمونیاک می‌شود. اوره مناسب‌ترین منبع نیتروژنی برای مصرف به شکل کودآبیاری است. زیرا سریع‌تر از دیگر کودهای دارای یون آمونیوم مانند سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم به عمق پروفیل خاک نفوذ می‌کند. آمونیاک می‌تواند به طور مستقیم از آب آبیاری تلف شود و شدت این تلفات، بسیار متغیر است. غلظت بیشتر آمونیاک و pH بیشتر همراه آن، مقدار تصعید را افزایش می‌دهد. درجه‌حرارت و تلاطم بیشتر آب آبیاری و همچنین افزایش بیشتر طول مسیر حرکت آب، پتانسیل تلفات آمونیاک را افزایش خواهد داد. مصرف اسیدهای مناسب مانند

اسید فسفریک در آب آبیاری و کاهش pH آب، موجب کاهش تلفات آمونیاک از آب آبیاری می‌شود.

10-4-2-1. نیتروژن و رسوب کلسیت در سیستم‌های آبیاری

آب‌های آبیاری که دارای غلظت زیادی از یون‌های کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+}) و بی‌کربنات (HCO_3^-) هستند زمانی که در معرض هوا قرار گیرند موجب تشکیل رسوب کلسیت ($CaCO_3$) و مگنزیت ($MgCO_3$) در سطح خاک می‌شوند (ایجاد پودر سفید رنگ در سطح خاک، شکل10-2). مصرف کودهای دارای آمونیاک آزاد در این آب‌ها، شدت رسوب را افزایش خواهد داد و این رسوبات، اغلب موجب ورقه‌ای شدن و همچنین مسدودشدن سیستم‌های آبیاری می‌شوند که می‌توان با افزودن اسیدهای مانند اسید فسفریک، اسید نیتریک یا اسیدسولفوریک متناسب باکیفیت آب آبیاری، آن را رفع کرد. به‌طورکلی دامنه مصرفی اسید فسفریک حدود یک تا دو در هزار و برای اسیدهای نیتریک و سولفوریک حدود نیم تا یک و نیم در هزار پیشنهاد می‌شود. اما با توجه غلظت‌های متفاوت این اسیدها در بازار و کیفیت مختلف آب‌های آبیاری در مناطق مختلف کشور و هدف باغدار از مصرف اسید، انجام آزمایش میدانی با استفاده از یک pH متر پرتابل توصیه می‌شود. واکنش‌های رسوب کلسیت و منیزیت با هم مشابه است؛ بنابراین تنها، رسوب کلسیت مورد بررسی قرار گرفته و واکنش‌های آن به ترتیب در ادامه آورده شده است:

$$H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3$$
$$HCO_3^- \leftrightarrow CO_3^{2-} + H^+$$
$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \leftrightarrow CaCO_3 \downarrow$$
$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- \leftrightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2CO_3 \quad \text{معادله 1}$$
$$H_2CO_3 \leftrightarrow H_2O + CO_2$$

رسوب کلسیت، با افزایش غلظت یون کلسیم (Ca^{2+}) و با کاهش فشار جزئی دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد. با مصرف اسیدها (مانند اسید فسفریک، اسید نیتریک یا اسیدسولفوریک) در آب‌های آبیاری قلیایی و آب‌های با سختی زیاد، اسید تقریباً به طور کامل یونیزه می‌شود و یون هیدروژن با بی‌کربنات (HCO_3^-) و کربنات (CO_3^{2-}) واکنش

داده و اسیدکربنیک (H_2CO_3) تشکیل خواهد شد؛ بنابراین کاهش غلظت بی‌کربنات و کربنات و افزایش تشکیل اسیدکربنیک موجب کاهش شدید رسوب کلسیت خواهد شد. مقدار اسید مصرفی موردنیاز برای جلوگیری از رسوب کلسیت به کیفیت آب آبیاری، فشار جزئی دی‌اکسیدکربن و درجه‌حرارت بستگی دارد. اگر کودهای نیتروژنی که دارای آمونیاک آزاد هستند در آب‌های آبیاری با pH قلیایی و با سختی زیاد مصرف شوند، pH آب افزایش‌یافته و رسوب کلسیت را نیز به طور مؤثری افزایش خواهد داد.

$NH_4OH \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$ معادله 2

$OH^- + HCO_3^- \leftrightarrow CO_3^- + H_2O$ معادله3

$Ca^{2+} + CO_3^{2-}$

$Ca^{2+} + HCO_3^- + NH_4OH \leftrightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O + NH_4^+$ معادله 4

معادله‌های 1 و 4 نشان می‌دهند که یک مول بی‌کربنات برای رسوب یک مول کلسیم از آب‌های آبیاری دارای یون آمونیوم، موردنیاز است. در مقابل، دو مول بی‌کربنات در آب‌های غیر آمونیاکی برای رسوب یک مول کلسیم نیاز است؛ بنابراین امکان رسوب کربنات کلسیم در آب‌های آمونیاکی شده، بسیار بیشتر است. یون‌های هیدروکسیل تولید شده توسط واکنش هیدرولیز هیدروکسید آمونیوم در آب‌های آمونیاکی، می‌توانند با مصرف اسید خنثی شوند (معادله 2). این کاهش در غلظت یون هیدروکسیل (OH^-)، موجب کاهش تبدیل بی‌کربنات به کربنات می‌شود (معادله 3) بنابراین، رسوب کلسیت کاهش می‌یابد. مقدار اسید موردنیاز برای جلوگیری از رسوب کلسیت در آب‌های آمونیاکی شده تقریباً معادل با مقدار اسید موردنیاز برای خنثی کردن آمونیاک به‌علاوه مقدار موردنیاز برای جلوگیری از رسوب در آب‌های غیرآمونیاکی است. اگر مقدار اسید مصرفی بیش از مقدار موردنیاز برای جلوگیری از رسوب باشد، کربنات‌ها حل خواهند شد (معادله 5). با حل شدن کلسیت موجود در آب آبیاری و کاهش شدید pH آن، خطر فرسودگی سیستم آبیاری تشدید می‌شود.

$2H^+ + CaCO_3 \leftrightarrow Ca^{2+} + H_2CO_3$ معادله 5

شکل 10-2. تشکیل پودر سفید رنگ در سطح خاک پس از آبیاری (ناشی از سختی زیاد آب و مدیریت نامناسب آبیاری)

10-5. راهنمای کلی برای بهبود راندمان مصرف کودهای نیتروژنی

نوسان شدید ارزش کود و میوه در سال‌های اخیر، سبب شده است باغداران و کارشناسان، راهکارهای افزایش راندمان مصرف کودها را مورد ارزیابی قرار دهند. عوامل بسیاری در راندمان جذب عناصر غذایی از کودها تأثیر دارند. به نظر می‌رسد عملیات مدیریتی ساده مانند چگونه، چه موقع و کجا کود مصرف شود می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر مقدار واقعی عناصر غذایی جذب شده در فصل رشد داشته باشد. به‌طورکلی، مصرف عناصر غذایی در منطقه ریشه یا درست قبل از نیاز و تقاضای درختان، می‌تواند راندمان جذب عناصر غذایی را بهبود بخشد. در بیشتر موارد، مصرف افزایش‌دهنده‌های راندمان جذب، در بهبود راندمان جذب کودهای نیتروژنی مؤثر هستند. به‌طورکلی مهم‌ترین راهکارهای میدانی برای افزایش راندمان کودهای نیتروژنی شامل موارد زیر است:

- تطبیق مقدار و زمان مصرف نیتروژن با نیاز درختان (رشد میوه، رشد سرشاخه‌ها و ذخیره) با استفاده از مدل‌های تعیین بودجه نیتروژن.
- عدم مصرف کودهای نیتروژنی برای درختان میوه در اوایل فصل، در زمانی که ریشه‌ها فعالیت نسبتاً کمی دارند و همچنین در درختان خزان‌کننده، زمانی که‌برگ‌ها حضور ندارند.

- در خاک‌های با نفوذپذیری زیاد (شنی، شن لومی و.....)، مصرف کودهای نیتروژنی با تقسیط زیاد و مقدار کم در هر تقسیط در کاهش پتانسیل شستشوی نیتروژن بسیار مؤثر است.
- مخلوط‌کردن کودهای نیتروژنی (اوره یا آمونیومی) با خاک سطحی، تا جایی که امکان‌پذیر است.
- آبیاری درختان بلافاصله پس از کوددهی، برای انتقال کود به داخل پروفیل خاک و منطقه ریشه، انجام شود.
- آبیاری مؤثر، با استفاده از روش‌های مناسب برای برنامه‌ریزی دقیق آبیاری (مانند استفاده از تبخیر و تعرق، رطوبت خاک، رطوبت نسبی برگ درختان، حس‌گرهای متصل به طوقه و غیره).
- زمان تزریق کود، به‌گونه‌ای که کود به‌دقت به منطقه ریشه‌های فعال منتقل شود.
- استفاده از آزمون برگ و وضعیت ظاهری رشد درختان برای کمک به ارزیابی برنامه کوددهی و راهنمایی عملیات کوددهی درختان در آینده.
- استفاده از محلول‌پاشی اوره به‌جای مصرف خاکی در اوایل بهار و اواخر تابستان یا پس از برداشت میوه.

فصل یازدهم
مدیریت مصرف نیتروژن در باغ‌های مرکبات دارای تنش شوری

یکی از مهم‌ترین واکنش‌های درختان میوه به شوری، کاهش رشد و عملکرد است. معمولاً غلظتی از املاح محلول در خاک (شوری) که پس از آن کاهش عملکرد شروع می‌شود، آستانه تحمل به شوری نامیده می‌شود. شوری معمولاً از سه طریق، رشد و عملکرد درختان را کاهش می‌دهد:

- *اثر اسمزی*: با افزایش مقدار کل املاح محلول خاک (شوری)، پتانسیل اسمزی محلول خاک کاهش می‌یابد. با کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، انرژی آزاد آب کاهش می‌یابد و درختان برای دریافت مقدار معینی آب باید مقدار بیشتری انرژی مصرف نمایند.
- *اثر یون‌های خاص در محلول خاک (کلر، سدیم و بور)*: اگر خاک شور باشد و همچنین فراوانی نسبی این یون‌ها نیز زیاد باشد درختان علاوه بر خسارت ناشی از شوری، از سمیت این عناصر نیز صدمه خواهند دید.
- *عدم تعادل تغذیه‌ای*: در واقع ناشی از فراوانی نسبی یون‌های خاص (کلر، سدیم و بور) است. غلظت زیاد این یون‌ها، موجب به‌هم‌خوردن تعادل عناصر غذایی در محلول خاک می‌شود که این عدم تعادل عناصر غذایی در محلول خاک موجب اختلال در جذب و انتقال برخی عناصر غذایی مانند کلسیم، پتاسیم و منیزیم از محلول خاک به سطح ریشه و همچنین از ریشه به اندام هوایی می‌شوند. به‌طورکلی، شوری با اختلال در قابلیت دسترسی عناصر غذایی از محلول خاک، اختلال در جذب و توزیع عناصر غذایی در درختان و همچنین افزایش نیاز درختان به یک یا چند عنصر غذایی (به علت

غیرفعال‌شدن برخی فرایندهای فیزیولوژیک)، سبب به‌هم‌خوردن تعادل تغذیه‌ای در درختان میوه می‌شود.

1-11. آب‌شور، خاک شور و پاسخ درختان مرکبات

همه آب‌های طبیعی و محلول خاک‌ها دارای مقدار زیادی نمک‌های محلول هستند. غلظت نمک در آب یا محلول خاک، به چندین روش گزارش می‌شود:

- کل جامدات محلول (Total dissolved Solids = TSS) که به‌صورت میلی‌گرم در لیتر (mgl^{-1}) یا قسمت در میلیون (ppm) گزارش می‌شود. واحدهای میلی‌گرم در لیتر و پی‌پی‌ام معادل هستند.
- قابلیت هدایت الکتریکی (EC) که به‌صورت دسی‌زیمنس بر متر (dSm^{-1})، میلی‌موس بر سانتی‌متر ($mmhoscm^{-1}$) یا میکروموس بر سانتی‌متر ($\mu mhoscm^{-1}$) گزارش می‌شود. واحدهای دسی‌زیمنس بر متر و میلی‌موس بر سانتی‌متر معادل هستند. نمک‌های محلول، در آب یا در محلول خاک معمولاً به شکل یون وجود دارند که می‌توانند جریان الکتریکی را هدایت کنند، بنابراین همچنان‌که غلظت نمک‌های محلول در آب یا محلول خاک افزایش می‌یابد قابلیت هدایت الکتریکی (EC) آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. تبدیل قابلیت هدایت الکتریکی (EC) به مواد جامد محلول (TDS)، به نوع نمک در محلول بستگی دارد. مقدار مواد جامد محلول (بر حسب میلی‌گرم در لیتر) را می‌توان از ضرب مقدار قابلیت هدایت الکتریکی (بر حسب دسی‌زیمنس بر متر یا میلی‌موس بر سانتی‌متر) در 700، تخمین زد. بسیاری از هدایت‌سنج‌ها (EC مترها) که شوری را مستقیماً بر حسب میلی‌گرم در لیتر قرائت می‌کنند فاکتور تبدیل 640 را اعمال می‌کنند. اعداد شوری قرائت شده توسط هدایت‌سنج‌های مختلف با هم قابل‌مقایسه هستند.

در خاک‌هایی که برای مدت طولانی با آب‌شور آبیاری می‌شوند مقدار زیادی از نمک می‌تواند در سطح خاک رسوب کند. برای مثال، 1000 لیتر آب با TDS حدود 3000 میلی‌گرم در لیتر، حدود 3 کیلوگرم نمک دارد. از آنجایی‌که نیاز آبی هفتگی یک درخت بارده مرکبات در طول فصل رشد (تابستان) بیش از این مقدار است؛ بنابراین مقدار زیادی

نمک در خاک منطقه ریشه می‌تواند تجمع یابد و حتی آبی با TDS حدود 1000 میلی‌گرم در لیتر (شامل یک کیلوگرم نمک در 1000 لیتر) نیز می‌تواند تنش شوری ایجاد کند. ازآنجایی‌که غلظت نمک‌ها در خاک به مقدار آب خاک بستگی دارد لذا شوری خاک، اغلب در عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری می‌شود. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، غلظت نمک خاک را با میزان آب خاک در حالت اشباع، استاندارد می‌کند؛ بنابراین اگر رطوبت خاک منطقه ریشه در حد ظرفیت زراعی یا کمتر باشد ممکن است شوری خاک منطقه ریشه درختان چندین برابر، بیشتر از قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک باشد. در خاک‌های شنی که نمک‌ها به‌آسانی از پروفیل خاک شسته می‌شوند تصمیم‌های مدیریتی صرفاً بر اساس اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) خاک، توصیه نمی‌شود. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع این خاک‌ها، فقط شوری خاک را در زمان اندازه‌گیری نشان می‌دهد و می‌تواند به‌سرعت با آب آبیاری یا بارندگی تغییر کند. معمول‌ترین و مهم‌ترین پاسخ درختان مرکبات به زیادی نمک در خاک یا آب آبیاری، کاهش رشد است. علائم خسارت ناشی از آب آبیاری شور، معمولاً دائمی و پایدار نیست. اما رشد درختانی که با آب‌شور، آبیاری می‌شوند متوقف شده و معمولاً کوتاه باقی می‌مانند (به‌ویژه اگر درختان جوان باشند). نمک‌ها در محلول خاک یک اثر اسمزی دارند که قابلیت استفاده آب را برای درختان توسط فرایندهای شیمیایی و فیزیکی کاهش می‌دهند. ریشه‌های درختان، قادر به جذب آب کافی از محلول‌های با غلظت زیاد نمک نمی‌باشند و معمولاً با افزایش غلظت نمک در محلول به بیش از حد آستانه، جذب آب به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. در واقع، درختان باید انرژی بیشتری برای جذب آب در خاک‌های شور مصرف کنند. مصرف بیشتر انرژی در ریشه‌ها، معمولاً سبب کاهش رشد ریشه‌ها می‌شود و سپس رشد اندام هوایی و عملکرد نیز متناسب با آن کاهش می‌یابد. غلظت بحرانی شوری برای مرکبات با ظرفیت بافری خاک، آب و هوا، پایه و شرایط رطوبتی خاک تغییر می‌کند و معمولاً با افزایش مقدار رس و ماده آلی خاک، غلظت بحرانی شوری نیز افزایش می‌یابد. از علائم خسارت شوری، می‌توان کاهش رشد ریشه، کاهش گل‌دهی، کاهش اندازه برگ و کندی رشد سرشاخه‌ها (قبل از ظهور علائم سمیت یون‌ها در برگ‌ها) را نام برد. سمیت کلر، بیشتر به‌صورت لکه‌های نکروتیک سوخته شده یا لبه‌های ظاهراً خشک در برگ‌ها ظاهر می‌شود که یکی از

معمول‌ترین علائم ظاهری خسارت نمک است. اما زیادی غلظت سدیم موجب برنـزه‌شـدن کل برگ و کاهش رشد می‌شود (شکل 23-1). همانند کلر، زیادی سدیم در برگ می‌توانـد موجب ایجاد عدم تعادل تغذیه‌ای در درختان مرکبات شـود و ایـن عـدم تعـادل تغذیـه‌ای معمولاً در غلظت‌های بسیار کمتر از غلظت‌های موردنیاز برای بروز علائم ظـاهری در بـرگ رخ می‌دهد. از آنجایی‌که سدیم و کلر، بسیار محلول در آب هسـتند ارزیـابی تـنش شـوری توسط اندازه‌گیـری غلظـت آنهـا در خـاک، ارزش تشخیصـی و کـاربردی چنـدانی نـدارد. به‌طورکلی، تحمل پایه‌های معمول مرکبات به شوری بسیار متفاوت است. ترتیب پایـه‌هـا از متحمـل‌تـرین بـه حسـاس‌تـرین شـامل: 1. کلئوپـاترا مانـدارین، 2. نـارنج، 3. پرتقـال، 4. سوینگل‌سیترومیلو، 5. کاریزوسیترنج و 6. رافلمون است البتـه ایـن ترتیـب باتوجـه‌بـه یـون عامل شوری و ویژگی‌های خاکی و اقلیمی منطقـه مـی‌توانـد تغییـر کنـد. معمـولاً تحمـل درختان گریپ‌فروت به شوری کمتر از پرتقال‌ها است.

شکل 12-1 علائم ظاهری خسارت تنش شوری در برگ درختان مرکبات

11-2. مدیریت مصرف نیتروژن در درختان مرکبات با آب آبیاری شور یا خاک شور

فراوانی مصرف کودها برای درختان مرکبات در طی فصل رشد، به‌طور مستقیم به غلظت مواد جامد محلول در محلول خاک یا در آب آبیاری بستگی دارد. برنامه‌های کودی که به طور مکرر، مقدار کمتری از کودهای محلول را مصرف کنند نسبت به برنامه‌هایی که کل نیاز کودی سالانه درختان را در 2 یا 3 مرحله (به مقدار زیاد) مصرف کنند به طور طبیعی تنش شوری کمتری ایجاد می‌کنند. استفاده از کودهای با رهاسازی کنترل شده در باغ‌هایی که مجبور به استفاده از آب آبیاری با شوری زیاد هستند، تنش شوری را به حداقل می‌رساند. باغدارانی که از آب آبیاری شور استفاده می‌کنند معمولاً وقتی بارندگی‌های پاییزی یا بهاری شروع می‌شود بهبودی قابل‌ملاحظه‌ای در کیفیت آب و رشد نسبی درختان مشاهده می‌کنند.

انتخاب منابع کودی که به طور نسبی تأثیر کمی در پتانسیل اسمزی محلول خاک دارند می‌توانند تنش نمک یا شوری را کاهش دهند. اثر اسمزی یک کود به‌صورت شاخص نمکی آن نسبت به شاخص نمکی نیترات سدیم (به‌طور اختیاری 100 در نظر گرفته شده است) تعریف می‌شود. منابع کودی فسفر، معمولاً شاخص نمکی پایین دارند و کمترین مشکل را برای مرکبات در خاک‌های شور ایجاد می‌کنند. در مقابل منابع کودی نیتروژن و پتاسیم، شاخص‌های نمکی بالاتری دارند (جدول11-1). به‌طورکلی شاخص نمکی کودهای آلی طبیعی، بسیار کمتر از کودهای محلول است. همچنین کودهای با درجه خلوص بیشتر، شاخص نمکی پایین‌تری (به‌ازای واحد عنصر غذایی) نسبت به کودهای با درجه خلوص کمتر دارند؛ بنابراین در یک مقدار مشخص کود، فرمولاسیونی با درجه خلوص بیشتر به‌احتمال زیاد، خسارت شوری کمتری ایجاد خواهد کرد؛ لذا به‌طورکلی، کودهایی که به‌ازای واحد عنصر غذایی، شاخص نمکی پایین‌تری دارند برای مصرف درختان میوه در معرض تنش شوری، مناسب‌تر هستند؛ بنابراین کودهای اوره و نیترات آمونیوم، کودهای فسفری سوپرفسفات تریپل و معمولی و کودهای پتاسیمی، مونو پتاسیم فسفات، سولفات پتاسیم، سولوپتاس و نیترات پتاسیم برای مصرف درختان مرکبات با آب یا خاک شور، مناسب هستند (جدول 23-2). انتخاب منابع کودی بدون

یون‌های بالقوه مضر برای مصرف در آب‌های آبیاری با شوری متوسط، موجب کاهش خسارت شوری می‌شوند. یون کلر (Cl^-) در کود کلرید پتاسیم یا یون سدیم (Na^+) در کود نیترات سدیم، یون‌های بالقوه مضر هستند. این یون‌های ویژه (یون‌های سدیم، کلر و بور) موجب تشدید عدم تعادل یونی در درختان میوه و همچنین در خاک می‌شوند. برای مثال، یون سدیم، جایگزین یون پتاسیم و به مقدار کمتر، جایگزین کلسیم در سطوح تبادلی و همچنین محلول خاک می‌شود؛ بنابراین اگر به طور مرتب از آب آبیاری با غلظت زیاد سدیم استفاده شود جایگزینی یون پتاسیم با سدیم می‌تواند موجب کمبود پتاسیم و در برخی موارد حتی کمبود کلسیم درختان مرکبات شود. کمبود عناصر غذایی، یکی از پاسخ‌های درختان به تنش شوری است. مدیریت مناسب تغذیه و آبیاری درختان مرکبات در شرایط تنش شوری، می‌تواند خسارت شوری را به حداقل برساند. برخی راه‌کارهای مدیریتی و کاربردی برای ارزیابی و کاهش خسارت تنش شوری برای درختان میوه در زیر آورده شده است:

- ارزیابی مداوم شوری آب آبیاری با EC متر: غلظت مواد جامد محلول کمتر از 1000 میلی‌گرم در لیتر بسیار عالی است. همچنان‌که شوری، از 1000 به 2000 افزایش یابد مشکلات شوری به‌تدریج ظاهر می‌شود و اگر مقدار شوری به بیش از 2000 برسد احتمال خسارت، بسیار زیاد می‌شود.
- اگر نمک اضافی در خاک تجمع‌یافته است خاک باید به طور مداوم مرطوب نگه داشته شود تا غلظت نمک کاهش یابد (رقیق‌شدن محلول خاک).
- خروج نمک از منطقه ریشه درختان در خاک‌های بافت ریز، مناطقی با خاک‌های فشرده و متراکم یا خاک‌های با زهکشی ضعیف نیاز به یک مدیریت ویژه دارد.
- از تماس آب‌شور با برگ درختان مرکبات اجتناب شود به‌ویژه زمانی که مقدار تبخیر و تعرق زیاد است.
- برای به‌حداقل‌رساندن تبخیر و تعرق و رسوب نمک، تاحدامکان، آبیاری باغ در طول شب انجام شود.
- فرمولاسیونی از کودها با حداقل شاخص نمکی به‌ازای واحد عنصر غذایی انتخاب و استفاده شود. شاخص نمکی، شاخصی است که تأثیر کودها (اعم از تک عنصری یا ترکیبی) را بر پتانسیل اسمزی محلول خاک‌نشان می‌دهد.

- فراوانی کوددهی تاحدامکان افزایش یابد که به کاهش مقدار مصرفی نمک (در هر بار) کمک خواهد کرد و از تجمع نمک در منطقه ریشه نیز جلوگیری خواهد کرد.
- غلظت عناصر غذایی در برگ‌ها در دامنه کفایت حفظ شود و از زیادی غلظت عناصر غذایی در برگ‌ها اجتناب شود.
- اساس کوددهی در تولید درازمدت باغ باشد. مقدار کود کمتری برای باغ‌هایی که با آب‌شور آبیاری می‌شوند نسبت به باغ‌های دارای آب مناسب در نظر گرفته شود. چرا که پتانسیل عملکرد در این باغ‌ها به‌احتمال زیاد پایین‌تر است.
- از آزمون برگ برای پایش زیادی غلظت یون‌های سدیم و کلر یا کمبود دیگر عناصر غذایی استفاده شود، کمبود برخی از عناصر غذایی ناشی از عدم تعادل تغذیه‌ای در شرایط تنش شوری است.
- خاک‌های شور، به طور عمده دارای کمبود نیتروژن هستند؛ بنابراین مدیریت مصرف نیتروژن درختان میوه در این خاک‌ها، اهمیت زیادی در افزایش تولید و کاهش خشکیدگی سرشاخه‌ها و زوال درختان دارد.
- معدنی شدن آمونیوم در این خاک‌ها (به علت شوری زیاد) به‌شدت کاهش می‌یابد و همچنین به علت غلظت زیاد کلر در این خاک‌ها، فعالیت باکتری‌ها نیز بسیار کم است؛ بنابراین تولید نیترات، کاهش می‌یابد و درختانی که نیتروژن قابل‌جذب آن‌ها، بیشتر به شکل نیترات است اغلب علائم ظاهری کمبود نیتروژن را نشان می‌دهند.
- به علت بر همکنش یون کلر و سولفات با نیترات، مقدار جذب نیترات در خاک‌های شور کاهش می‌یابد.
- در خاک‌های شور که مشکل تنش ماندآب نیز دارند (مانند بخش‌هایی از اراضی بابلسر، جویبار، کیاکلا، به میر، ساری، زاغ مرز و بهشهر در شرق مازندران) معمولاً تهویه ضعیف، جذب نیتروژن را به‌شدت کاهش می‌دهد. در این شرایط، باغ‌دار باید کود نیتروژن بیشتری مصرف کند تا به پتانسیل عملکرد برسد.
- در درختان میوه با خاک‌های شور یا با آب آبیاری شور، متابولیسم نیتروژن به‌شدت کاهش می‌یابد یا مختل می‌شود (این اختلال به طور عمده ناشی از بالابودن فشار اسمزی محلول خاک و کاهش قابلیت استفاده آب برای ریشه است). در این شرایط، ساخت پروتئین به‌شدت کاهش می‌یابد؛ بنابراین، غلظت کل نیتروژن در برگ

درختان تحت تنش شوری، شاخص مناسبی برای ارزیابی وضعیت نیتروژن درختان نیست و توصیه می‌شود از نیتروژن پروتئینی به‌عنوان شاخص استفاده شود.

- مصرف کودهای نیتروژنی در این خاک‌ها (به شکل سرک و پخش در سطح خاک) باید پس از آبیاری انجام شود و از مصرف سرک کودهای نیتروژنی قبل از آبیاری اجتناب شود. زیرا مقدار شوری خاک در ناحیه ریشه بلافاصله پس از آبیاری به‌شدت کاهش می‌یابد که معدنی شدن نیتروژن و فراهمی آن، در این زمان حداکثر است. در مقابل، مقدار شوری خاک در منطقه ریشه در فاصله دو آبیاری افزایش می‌یابد و قبل از آبیاری به حداکثر می‌رسد؛ بنابراین مقدار زیاد املاح تجمع‌یافته موجب کاهش شدید معدنی شدن نیتروژن و کاهش فراهمی آن برای ریشه درختان می‌شود.
- محلول‌پاشی نیتروژن در خاک‌های شور، برای تکمیل مصرف خاکی بسیار مفید است، به‌ویژه در مناطقی که آب آبیاری شور است.
- در شرایط شوری کم و متوسط، مصرف نیتروژن به شکل اوره مناسب‌تر از سولفات آمونیوم است، اما در شرایط شوری زیاد، استفاده از کودهای نیتراتی (مانند نیترات آمونیوم و....) توصیه می‌شود.

جدول 11-1. شاخص نمکی برخی کودهای نیتروژنی محلول در آب (سریواستاوا و سینگ، 2003)

نوع کود	شاخص نمکی	
	به‌ازای وزن کود نسبت به مقدار معادل نیترات سدیم	به‌ازای واحد عنصر غذایی گیاه (9072 گرم)
نیتروژن		
اوره (46% N)	74/4	1/618
سولفات آمونیوم (21% N, 24% S)	68/3	3/252
نیترات آمونیوم (34% N)	104	3/059
نیترات کلسیم (15.5% N)	65	4/194
نیترات پتاسیم (13% N, 44% K_2O)	69/5	1/219
دی آمونیوم فسفات (18%N, 46%P_2O_5)	29/2	0/856
پلی فسفات آمونیوم (10%N, 34% P_2O_5)	20	0/455
نیترات سدیم (16% N)	100	6/06

فصل دوازدهم
مصرف نیتروژن و تنش‌ها
(حساسیت یا تحمل)

تنش‌های محیطی باعث بروز دامنه وسیعی از واکنش‌ها مانند تغییر بیان ژن‌ها، متابولیسم سلول‌ها، کاهش رشد رویشی و عملکرد درختان میوه می‌شوند. تنش‌های محیطی مختلف مانند خشکی، شوری، مانداب و درجه‌حرارت بالا و پایین، اغلب در شدت باروری خاک و تولید محصول تأثیر دارند. بیشتر گزارش‌ها نشان می‌دهند که نقش و اهمیت تنش‌های محیطی در کاهش جهانی تولید محصول به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است. مقایسه کاهش پتانسیل عملکرد بیشتر محصولات کشاورزی توسط تنش‌های غیرزنده (مانند تنش سرما، خشکی، مانداب و...) و زنده (آفات و بیماری‌ها) نشان می‌دهد که سهم تنش‌های غیرزنده در کاهش عملکرد، بسیار بیشتر از تنش‌های زنده است. بیشترین کاهش عملکرد ناشی از تنش‌های غیرزنده به خشکی، شوری، درجه‌حرارت‌های غیرعادی (غیرمعمول) و ناهنجاری‌های تغذیه‌ای (مانند کمبودها و سمیت‌ها) نسبت‌داده‌شده است. برخی گزارش‌ها نشان می‌دهند که حداقل 60 درصد از خاک‌های تحت کشت محصولات کشاورزی در جهان، مشکلات محدودکننده رشد ناشی از کمبود یا سمیت عناصر غذایی دارند. تلفیق چنین مشکلات تغذیه‌ای با دیگر تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، سرما و غیره، عامل عمده کاهش شدید تولید محصول در جهان هستند.

رشد و عملکرد درختان میوه در معرض تنش‌های محیطی، به توانایی آنها برای توسعه مکانیسم‌های سازگاری برای اجتناب یا تحمل تنش بستگی دارد. شواهد مختلف نشان می‌دهد که وضعیت تغذیه‌ای درختان، بر توانایی سازگاری و تحمل آنها به وضعیت‌های نامساعد محیطی تأثیر دارد. به‌طورکلی، از عناصر غذایی ضروری گیاهان، نیتروژن، پتاسیم،

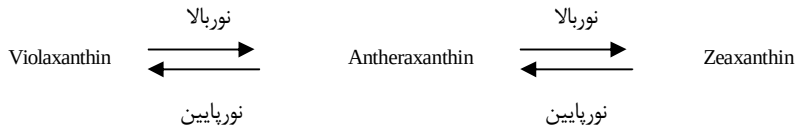
منیزیم، کلسیم، روی و بور در سازگاری و تحمل درختان میوه به تنش‌های محیطی، اهمیت بیشتری دارند.

12-1. تنش و اکسیداسیون نوری

خسارت اکسیداسیون نوری مانند تولید گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از جذب اضافی نور در کلروپلاست‌ها، یک عامل کلیدی مؤثر 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^-) است. گونه‌های فعال اکسیژن برای ساختمان سلول‌های زنده، سمی بوده و مسئول تخریب کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، لیپیدهای غشایی و پروتئین‌ها هستند. تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن، به‌ویژه 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 فرایند فتوسنتزی کاهش می‌دهند؛ بنابراین هم زمانی و برهمکنش یک تنش محیطی با شدت نور بالا، ممکن است خسارت اکسیداسیون نوری شدیدی به کلروپلاست ایجاد کند و در نتیجه، سبب کاهش در پتانسیل عملکرد درختان شوند. وضعیت تغذیه‌ای درختان، 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.

از عناصر غذایی، نیتروژن نقش عمده‌ای در راندمان مصرف انرژی نورانی جذب شده و همچنین متابولیسم کربن فتوسنتزی دارد. کمبود نیتروژن در درختان میوه، مقدار نسبی انرژی نورانی مصرف نشده را افزایش می‌دهد و هرچه انرژی نوری مصرف نشده، بیشتر باشد اکسیداسیون نوری نیز بیشتر خواهد شد. درختان با غلظت نیتروژن مطلوب یا زیاد در برگ، معمولاً در شرایط محیطی شدت نور بالا، تحمل بیشتری به صدمه اکسیداسیون نوری دارند و ظرفیت فتوسنتزی بیشتری نسبت به درختان مشابه با غلظت نیتروژن کمتر

در برگ دارند. همچنین ظرفیت انتقال الکترون (راندمان مصرف انرژی نوری جذب شده) در برگ‌های با نیتروژن کافی بسیار بیشتر از برگ‌های دارای کمبود نیتروژن است؛ بنابراین، تحمل تنش نوری (مانند شدت نور زیاد در فصل گرم تابستان) در درختان با نیتروژن کافی در برگ، با افزایش مقدار فتوسنتز به سطح مطلوب، پایداری فتوسنتز و توسعه مکانیسم‌های حفاظتی، افزایش می‌یابد. برای اجتناب از صدمه اکسیداسیون نوری در پاسخ به زیادی انرژی نوری، غشای تیلاکوئیدها مکانیسمی حفاظتی دارند که توسط آن، زیادی انرژی به شکل گرما تلف می‌شود. زدایش این انرژی نوری اضافی همراه با افزایش تشکیل زاکسانتین[1] است که از ویولاکسانتین[2] در چرخه زانتوفیل[3] وابسته به نور، سنتز می‌شود.



در درختان با کمبود نیتروژن، تبدیل رنگ‌دانه چرخه زانتوفیل و تشکیل ویولاکسانتین افزایش می‌یابد که همراه با کم‌رنگ یا بی‌رنگ‌شدن کلروفیل است (به‌ویژه تحت شرایط نور شدید). درختان با کمبود نیتروژن، مقدار نسبی بیشتری از انرژی نورانی جذب شده در مقایسه با گیاهان با نیتروژن کافی زدایش می‌کنند. این اختلاف، همراه با تغییرات پیوسته در رنگ‌دانه چرخه زانتوفیل است. حدود 65 درصد از رنگدانه‌های کل زانتوفیل در گیاهان دارای کمبود نیتروژن به شکل زاکسانتین و آنتراکسانتین[4] است. در مقابل، حدود 18 درصد از رنگدانه‌های کل زانتوفیل، در گیاهان دارای نیتروژن کافی، به شکل زاکسانتین و آنترازکسانتین است؛ بنابراین، در این شرایط استفاده از انرژی نورانی جذب شده در تثبیت فتوسنتزی دی‌اکسیدکربن در گیاهان دارای کمبود نیتروژن، دچار نقصان خواهد شد؛ لذا اگر تنش کمبود نیتروژن، همراه با تنش‌های محیطی دیگر باشد، نیاز درختان برای محافظت از انرژی نورانی زیادی، کاهش در راندمان مصرف انرژی نوری و در نتیجه، نیاز

[1] - Zeaxanthin
[2] - Violaxanthin
[3] - Xanthophylls
[4] - Antheraxanthin

برای محافظت آنها از خسارت اکسیداسیون نوری بیشتر است. شکل نیتروژن مصرفی نیز بر تحمل گیاهان به خسارت نوری تأثیر دارد. تبدیل ویولاکسانتین به زکسانتین در اثر نور (به عنوان راهکاری برای زدایش انرژی نورانی زیادی)، در گیاهان تغذیه شده با نیترات بیشتر از گیاهان تغذیه شده با آمونیوم است. برخی گزارش‌های دیگر نیز نشان داده است که گیاهان تغذیه شده با نیترات، تحمل بیشتری به صدمه نوری نسبت به گیاهان تغذیه شده با آمونیوم دارند؛ بنابراین خسارت نسبی گیاهان تغذیه شده با آمونیوم تحت شرایط نور خیلی شدید، بیشتر از گیاهان تغذیه شده با نیترات است.

12-2. تنش سرما و یخبندان

نیتروژن، در تحمل درختان به تنش سرما نقش دارد، کمبود و زیادی مصرف نیتروژن موجب افزایش حساسیت درختان به تنش‌های محیطی می‌شود. مصرف نیتروژن خیلی زیاد، اغلب موجب کاهش نسبت ریشه به اندام هوایی شده که می‌تواند در فراهمی عناصر غذایی و آب برای اندام هوایی و سرشاخه‌ها اختلال ایجاد کند. همچنین در درختانی که نیتروژن خیلی زیاد مصرف می‌شود، بیشتر ریشه‌ها در نزدیکی سطح خاک رشد می‌کنند که حساسیت درختان را به تنش‌های یخبندان و خشکی افزایش می‌دهد. به‌طورکلی، غلظت نیتروژن برگ درختان در طول فصل زمستان نباید خیلی زیاد باشد. به‌طورکلی کوددهی نیتروژن، در حساسیت به خسارت سرمازدگی تأثیر دارند. به‌طور کلی، درختان ناسالم (دارای ناهنجاری‌های تغذیه‌ای و ...) حساس‌تر به خسارت سرمازدگی هستند و کوددهی سلامتی درختان را افزایش می‌دهد. درختان با ناهنجاری‌های تغذیه‌ای تمایل دارند که برگ‌هایشان را در پاییز، زودتر از دست دهند، گل‌دهی زودتر در بهار دارند و حساسیت آن‌ها به خسارت سرمازدگی جوانه‌ها افزایش می‌یابد. وقتی که مواد فتوسنتزی در بافت‌های حساس درختان تجمع می‌یابد مقاومت آن‌ها به خسارت سرمازدگی افزایش می‌یابد در نتیجه، تغذیه خوب و وضعیت سلامتی مناسب درختان، سازگاری اقلیمی و مقاومتشان را به سرمازدگی و یخزدگی افزایش می‌دهد. به‌طورکلی اگر مصرف نیتروژن موجب رشد رویشی زیاد قبل از وقوع سرمازدگی شود حساسیت درختان را به خسارت سرمازدگی و یخزدگی را افزایش می‌دهد؛ اما اگر مصرف نیتروژن موجب رشد جدید نشود

مقاومت درختان را به خسارت سرمازدگی افزایش می‌دهد. به‌هرحال برای افزایش سازگاری و مقاومت به سرمازدگی گیاهان از مصرف کودها به‌ویژه کودهای نیتروژنی، زمانی که منجر به تشدید رشد رویشی در اوایل پاییز یا اواخر پاییز شود اجتناب شود. زیرا رشد جدید معمولاً مواد محلول (متابولیت‌های فتوسنتزی) کمتری از بافت‌های قدیمی دارند؛ لذا حساس‌تر به تنش‌های سرما و یخبندان هستند. ازآنجایی‌که مواد محلول متابولیکی مهم‌ترین عامل در افزایش تحمل بافت‌ها به تنش سرما و یخزدگی هستند؛ بنابراین هر فعالیت مدیریتی که رشد را در اواخر فصل تشدید کند موجب کاهش میزان مواد محلول و افزایش حساسیت به تنش سرما و یخزدگی می‌شود.

معمولاً ژنوتیپ‌هایی که متحمل به تنش سرما، قادر به نگهداری و ثبات پتانسیل آب برگ‌هایشان با بستن روزنه‌ها و جلوگیری از تلفات آب هستند. کلسیم، یک عنصر ضروری برای بسته‌شدن روزنه‌ها در اثر تنش سرما[1]در ژنوتیپ‌های متحمل به سرما است. افزایش مصرف کلسیم، بسته‌شدن سریع‌تر روزنه‌ها را امکان‌پذیر می‌کند و این اثر، در درختانی که در معرض تنش‌های سرمایی قرار می‌گیرند بسیار مشخص است. همچنین بسته‌شدن روزنه‌ها ناشی از اسید آبسیزیک (ABA) تا حدودی به وسیله کلسیم رها شده از ذخایر سلول‌های نگهبان روزنه یا آپوپلاست، واسطه می‌شود و این عمل سبب شده است که از کلسیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر در تحمل درختان به سرمازدگی و محافظت برگ‌ها از دهیدراسیون نام‌برده شود.

به‌طورکلی، بررسی‌های نگارندگان نشان داده است که تنش‌های غیرزنده (مانند تنش مانداب، نوسان سطح ایستابی، تنش سرما و گرما و....) مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد مرکبات در استان مازندران هستند. البته تنش‌های زنده (مانند برخی بیماری‌های ویروسی و ویروئیدی) نیز از اهمیت زیادی برخوردار هستند، اما نقش آنها بسیار کمتر از تنش‌های غیرزنده است و سهم تنش‌های غیرزنده به طور فزاینده‌ای در حال افزایش است. درختانی که در معرض این تنش‌های غیرزنده (مثل تنش مانداب، درجه‌حرارت‌های بالا و پایین و خشکی) قرار می‌گیرند، معمولاً دریافت نورشان بسیار بیشتر از آن مقداری است که در فرایند انتقال الکترون فتوسنتزی و تثبیت

[1] - Chilling – induced stomatal closure

دی‌اکسیدکربن می‌توانند مصرف کنند. این دریافت نور بیشتر، موجب می‌شود که زیادی انرژی نورانی جذب شده و احیاکننده‌های نوری در کلروپلاست تجمع یابند و سبب فعال‌شدن اکسیژن مولکولی و تبدیل آن به گونه‌های فعال اکسیژن شوند. وقتی که این‌گونه‌های فعال اکسیژن به‌طور کافی زدوده نشوند، خسارت‌های اکسیداسیون نوری در کلروپلاست‌ها رخ خواهد داد که موجب خسارت به کلروفیل، اکسیداسیون لیپیدها و در نتیجه، مرگ سلول‌ها می‌شوند. با افزایش محدودیت مصرف انرژی نورانی جذب شده در فتوسنتز، پتانسیل خسارت اکسیداسیون نوری در کلروپلاست‌ها با تنش‌های غیرزنده افزایش خواهد یافت. باتوجه‌به این که عناصر غذایی برای پایداری زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی و متابولیسم کربن ضروری هستند، بنابراین اختلال در وضعیت تغذیه‌ای درختان میوه و عدم مدیریت مناسب آنها در زمان بحرانی، می‌تواند خسارت اکسیداسیون نوری را تشدید کند و عملکرد درختان را کاهش دهد. مطالعات متعدد نشان داده است که درختان در معرض تنش‌های محیطی نیاز بیشتری به عناصر غذایی معدنی، به‌ویژه نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و روی، برای به‌حداقل‌رساندن خسارت تنش‌های محیطی دارند. افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن در درختان میوه تحت شرایط بحرانی (مانند تنش مانداب، نوسان سطح ایستابی، تنش سرما و گرما و...)، تنها ناشی از اختلال در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی نیست، بلکه آنزیم‌های اکسیدکننده NADPH، نیز یک منبع مهم دیگر تولید گونه‌های فعال اکسیژن هستند که توسط تنش سرما، خشکی، شوری و سرما تحریک و فعال می‌شوند. از عناصر غذایی معدنی، پتاسیم و روی مانع فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده NADPH می‌شوند؛ بنابراین موجب کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش مقاومت و محافظت بیشتر درختان در برابر تنش‌های سرما، خشکی و شوری می‌شوند؛ بنابراین مدیریت مناسب درختان، متناسب با فنولوژی رشد و بهبود وضع تغذیه‌ای آنها، اهمیت زیادی در کاهش اثرات زیان‌آور تنش‌های محیطی در رشد و عملکرد گیاهان دارد.

مدیریت مناسب تغذیه و بهبود وضعیت تغذیه‌ای درختان میوه، برای افزایش تحمل آنها به شرایط بحرانی محیطی (مانند تحمل به تنش مانداب، نوسان سطح ایستابی، تنش خشکی، تنش شوری، تنش سرما و گرما و....) ضروری است. به‌طورکلی، برای حفظ و زنده‌ماندن 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 غیرقابل‌اجتناب است و معمولاً با محدودشدن 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؛ بنابراین، 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 مانداب، نوسان سطح ایستابی، تنش خشکی، تنش شوری، تنش سرما و گرما و ... است.

فصل سیزدهم
محلول‌پاشی کودهای نیتروژنی
(زمان، غلظت و شکل مناسب)

اوره به علت غیرقطبی بودن، جذب سریع، سمیت پایین و حلالیت زیاد، مناسب‌ترین شکل نیتروژن برای محلول‌پاشی نیتروژن است؛ زیرا نفوذ کوتیکولی اوره حدود 10 تا 20 برابر نفوذ کوتیکولی سایر یون‌های غیرآلی نیتروژن است (جانسون و همکاران، 2001). به‌طورکلی دوره گلدهی و تشکیل میوه از حیاتی‌ترین مراحل توسعه درختان میوه است و در این مرحله بیشترین تقاضا برای نیتروژن وجود دارد در حالی که در این زمان، فعالیت متابولیک ریشه، حلالیت عناصر غذایی، جذب و انتقال آنها در گیاه بسیار کم است. مطالعات با اوره نشان‌دار شده نشان داد که اوره جذب شده در برگ‌ها به‌صورت اسیدهای آمینه یا اوره منتقل می‌شود متابولیسم اوره شامل هیدرولیز اوره و تبدیل آمونیوم به اسیدهای آمینه است برخی اسیدهای آمیته ممکن است به طور مستقیم انتقال پیدا کنند همچنین ترانس آمینه شدن، سنتز پروتئین‌ها و شکسته شدن واقعی پروتئین‌ها و انتقال اسیدهای آمینه حاصل از آن‌ها نیز می‌تواند رخ دهد (تایتوس و کانگ، 1982). این نتایج با برخی پژوهش‌های دیگر مطابقت دارد که گزارش کردند محلول‌پاشی پاییزی اوره موجب افزایش نیتروژن جوانه‌های گل و تشکیل میوه در درختان میوه خزان‌دار می‌شود (روزکرانس و همکاران، 1998؛ چنگ و همکاران، 2002). آنزیم اوره‌آز[1] که اوره را به آمونیوم و دی‌اکسیدکربن هیدرولیز می‌کند در بافت‌های گیاهی از جمله در برگ‌های هلو، زردآلو، گیلاس وجود دارد. به‌طورکلی نیتروژن ذخیره دوام و زنده مانی تخمدان‌ها را افزایش می‌دهد بنابراین در توسعه و کارایی دوره گرده افشانی تأثیر مثبت دارد و بیشترین تأثیر در گل‌دهی، توسعه گل‌ها و تشکیل میوه را دارد (توکی، 1985).

[1] - E.C.3.1.5. urea amidohydrolase

یکی از اولین علائم پیری برگ‌های درختان، کاهش پروتئین برگ است که با کاهش طول روز در پاییز شروع می‌شود باتوجه‌به اینکه برگ‌ها معمولاً توانایی سنتز پروتئینشان را حفظ می‌کنند؛ بنابراین کاهش در میزان پروتئین نتیجه عدم تعادل بین سنتز و شکستن یا تجزیه پروتئین است و اسیدهای آمینه ناشی از هیدرولیز پروتئین‌ها به محل‌های سینک نیتروژن در گیاهان منتقل می‌شوند (فیلر؛ 1990). به‌طورکلی با کاهش طول روز در پاییز فعالیت آنزیم‌های RNase، پلی‌فنول‌اکسیداز و مالات دهیدروژناز به طور نمایی افزایش می‌یابد در حالی که کلروفیل، DNA و RNA در برگ شروع به کاهش می‌کند با کاهش کلروفیل، فتوسنتز سریعا کاهش می‌یابد اما این دو فرایند کاملاً به هم متصل نیستند (تیمان، 1980). بیشتر آنزیم‌ها، فعالیت‌شان با پیر شدن کاهش می‌یابد اما فعالیت برخی از آنها ثابت می‌ماند یا حتی ممکن است در اواخر دوره رشد برگ افزایش‌یابد. برای مثال، گلوتامین سینتاز و آلانین آمینوترانس‌فراز فعالیت‌شان تا مراحل آخر پیری برگ ثابت باقی می‌ماند. این آنزیم‌ها ممکن است در تشکیل و انتقال ترکیبات ناشی از تجزیه پروتئین‌ها و کلروفیل نقش داشته باشد. آمینواسیدهای آزاد شده مجدداً به آسپاراژین یا گلوتامین تبدیل شده و بخشی هم به آمونیوم تبدیل می‌شوند (تیمان، 1980؛ تورکالس، 2013). اگر برگ به درختان متصل باشد این آمینواسیدها می‌تواند به بافت‌های چوبی و پوست (جایی که برای استفاده آینده ذخیره می‌شوند) انتقال یابد. گزارش‌های محتلف نشان داده است که ذخیره نیتروژن کافی در درختان موجب افزایش و تشکیل میوه و همچنین نگهداری میوه چه‌ها می‌شود. درختان با ذخیره نیتروژن کافی دارای غلظت بیشتری از آمینواسیدها و دیگر ترکیبات نیتروژنی هستند و این آمینواسیدها به‌عنوان بلوک‌های ساختمانی برای سنتز DNA و RNA، پروتئین‌ها و برخی از عوامل کاهنده ریزش عمل می‌کنند. همچنین درختان با ذخیره نیتروژن کافی دارای اکسین و سیتوکنین بیشتری هستند که در کاهش ریزش میوه چه‌ها نقش موثری دارند (دانگ و همکاران، 2002؛ اسدی کنگرشاهی، 1398؛ کارانکا و همکاران، 2018). محلول‌پاشی اوره در پاییز پس از برداشت میوه موجب افزایش مقدار نیتروژن ذخیره اندام‌های مختلف درختان می‌شود و این نیتروژن ذخیره در زمان گل‌دهی و تشکیل میوه در سال آتی، نیتروژن موردنیاز گل‌آذین‌ها، گل‌ها، میوه چه‌ها و برگ‌های جوان و درحال‌رشد را تأمین می‌کند و موجب افزایش تشکیل میوه می‌شود (وجیک، 2006؛ زوبیر و همکاران، 2017).

نتایج بیشتر پژوهش‌ها نشان داده است در طول دوره گلدهی و تشکیل میوه، نیاز و تقاضای زیادی برای عناصر غذایی از جمله نیتروژن وجود دارد و از طرف دیگر این دوره، زمانی رخ می‌دهد که به طور معمول درجه‌حرارت خاک پایین است و به‌طورکلی درجه‌حرارت خاک کمتر از 15 درجه سانتی‌گراد است. فعالیت‌های متابولیک ریشه، حلالیت عناصر غذایی در محلول خاک و انتقال عناصر غذایی در مسیر تعرق با کاهش درجه‌حرارت خاک کاهش می‌یابد (حمید و همکاران، 1988)؛ بنابراین توانایی درختان برای استفاده از عناصر غذایی مصرفی در خاک به عوامل زیادی غیر از نیاز و تقاضای درختان برای این عناصر بستگی دارد. اما محلول‌پاشی برخی عناصر غذایی از جمله نیتروژن در زمان مناسب می‌تواند توسط برگ‌ها یا دیگر اندام‌ها در مراحل خاص فنولوژی جذب شوند و در افزایش عملکرد درختان مرکبات مؤثر باشند (لوات، 1999). محلول‌پاشی اوره در طول دوره گل‌انگیزی تا قبل از تمایز جوانه‌های گل موجب افزایش غلظت آمونیوم، تعداد شوت‌های زایشی و همچنین تعداد گل‌ها در هر شوت زایشی می‌شود (لوات و همکاران، 1988). محلول‌پاشی زمستانه اوره موجب افزایش غلظت آمونیا در بافت برگ می‌شود آمونیا به آرجنین و آرجنین به پلی‌آمین تبدیل می‌شود (ساگی و لوات، 1991) و پلی‌آمین‌ها در ایجاد گل‌ها و گلدهی نقش ویژه دارند (علی و لوات، 1995). محلول‌پاشی اوره در زمان گلدهی، غلظت آمونیا، آرجنین و پلی‌آمین‌ها و همچنین سرعت رشد و اندازه میوه چه‌ها در گل‌آذین‌های برگ را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (کورونا، 1994). نتایج پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهد که محلول‌پاشی اوره بیوسنتز پلی‌آمین‌ها را تحریک می‌کند و پلی‌آمین‌ها در تقسیم سلول‌ها نقش دارند و تقسیم سلولی را تشدید می‌کنند.

محلول‌پاشی زمستانه اوره در زمان گل‌آغازی در باغ‌های جنوب کالیفرنیا، عملکرد درختان مرکبات را در سه سال متوالی به طور معنی‌داری افزایش داد. اما محلول‌پاشی قبل از گل‌آغازی، عملکرد درختان را در دو سال از سه سال افزایش داد و این افزایش عملکرد همراه با کاهش اندازه میوه نبود. نتایج نشان داد که این افزایش عملکرد ناشی از افزایش غلظت نیتروژن برگ نبود و نتایج آزمون برگ نشان داد که غلظت نیتروژن برگ درختان در حد بهینه بود (لوات، 1999). گزارش شده که محلول‌پاشی اوره در زمان تمام گل (با غلظت 6 در هزار)، عملکرد درختان و تعداد میوه‌ها را به‌ازای هر درخت افزایش داد

باوجود این‌که نتایج آزمون برگ درختان در شهریورماه سال گذشته نشان داد که غلظت نیتروژن برگ در حد بهینه بود، این محلول‌پاشی عملکرد درختان را حدود 7 تن در هکتار افزایش داد (علی و لوات، 1995). نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیق بالا مطابقت دارد. محلول‌پاشی زمستانه و بهاره (در زمان گلدهی) نیتروژن، تشکیل میوه و عملکرد درختان را افزایش داد. در زمان گلدهی و تشکیل میوه محدودیت فراهمی نیتروژن وجود دارد و این محدودیت به علت کاهش تعرق و کاهش جذب عناصر غذایی توسط ریشه‌ها ناشی از درجه‌حرارت پایین خاک و هوای محیط است. تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که محلول‌پاشی اوره در طول یا پس از دوره تنش سرما، تعداد گل‌ها را در درختان مرکبات افزایش می‌دهد (لوات و همکاران، 1988). محلول‌پاشی اوره در این زمان موجب افزایش غلظت آمونیا در برگ و جوانه‌های گل شده و افزایش پلی‌آمین‌ها، پتانسیل تشکیل گل‌ها و همچنین پتانسیل گل‌ها برای تشکیل میوه را افزایش می‌دهد (کرونا، 1994؛ لوات و همکاران، 1992). گزارش‌های اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1400) نشان داد که محلول‌پاشی اوره قبل از تمایز جوانه‌های گل و در زمان گلدهی تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن برگ نداشت؛ اما تشکیل میوه و عملکرد را افزایش داد، در مقابل محلول‌پاشی پس از ریزش تابستانه موجب افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن برگ، تشکیل میوه و عملکرد نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی زمستانه و بهاره (در زمان گلدهی) نیتروژن، تشکیل میوه و عملکرد درختان را افزایش داد نتایج عملکرد درختان با محلول‌پاشی اوره در طی هفت سال نشان داد که اختلاف عملکرد درختان در سال‌های پرمحصول و کم محصول در سال‌های شروع آزمایش بسیار زیاد بود؛ اما این اختلاف عملکرد به‌تدریج در سال‌های بعدی کاهش یافت؛ بنابراین، محلول‌پاشی اوره به‌تدریج موجب تعدیل تناوب باردهی در سال‌های آزمایش شده است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1400). محلول‌پاشی اوره (محلول‌پاشی زمستانه با غلظت هفت در هزار به‌علاوه محلول‌پاشی پس از ریزش فیزیولوژیک میوه چه‌ها با غلظت پنج در هزار) همراه با مصرف خاکی نیتروژن پس از برداشت میوه موجب حذف چرخه تناوب باردهی در درختان نارنگی انشو شد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1390). گزارش‌های کرم نژاد و همکاران (1397) نشان داد که محلول‌پاشی زمستانه اوره با غلظت 0/75 تا 1/5 درصد موجب افزایش عملکرد و کنترل تناوب باردهی در درختان نارنگی کینو شد.

اوره، مناسب‌ترین منبع نیتروژن برای محلول‌پاشی است؛ زیرا شاخص نمکی آن پایین بوده و حلالیت زیادی، نسبت به دیگر منابع نیتروژنی دارد. اوره، همچنین جذب دیگر عناصر غذایی را افزایش می‌دهد که ناشی از افزایش نفوذپذیری بافت برگ است. بااین‌حال، اوره مورداستفاده برای محلول‌پاشی باید بیورت پایین (0/2 درصد یا کمتر) داشته باشد. بیورت بیشتر، ممکن است موجب تشدید سوختگی حاشیه برگ‌ها و عوارض دیگر شود (شکل 16-1). کود اوره‌ای که امروزه برای محلول‌پاشی استفاده می‌شود به شکل محلول، دارای درجه خلوص بالا و بیورت پایین است که هیچ خطری برای گیاه ندارد. منابع دیگر کود نیتروژنی برای محلول‌پاشی شامل آمونیوم پلی‌فسفات‌ها، اورتوفسفات‌های آمونیاکی، آمونیوم تیوسولفات و سولفات آمونیوم است. این منابع، زمانی که در غلظت مناسب، محلول‌پاشی شوند عوارض جانبی خاصی نخواهند داشت.

اوره را می‌توان به‌خوبی با دیگر عناصر غذایی و مواد محلول‌پاشی مخلوط کرد. بخش عمده‌ای از نیاز نیتروژن درختان مرکبات را می‌توان با محلول‌پاشی تأمین کرد و برای این منظور، حداقل چهار محلول‌پاشی در سال نیاز است. مصرف حدود 60 تا 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت خاکی با دو تا سه محلول‌پاشی کمکی، می‌تواند به خوبی نیاز درختان را تأمین کند. در باغ‌های با رشد رویشی و شاخ و برگ زیاد (با سطح برگ زیاد) حداقل محلول‌پاشی (1 تا 2 بار) و در باغ‌های با تاج تنک، حداکثر محلول‌پاشی (3 تا 4 بار) نیاز است. محلول‌پاشی‌های اول و دوم، باید به ترتیب قبل از گل‌دهی و قبل از ریزش گلبرگ‌ها، برای فراهم نمودن بیشترین نیاز نیتروژنی در مراحل بحرانی رشد زایشی درختان، انجام شود. محلول‌پاشی سوم نیز باید قبل از ریزش تابستانه میوه چه‌ها[1] انجام شود. برای اجتناب از رشد رویشی زیاد درختان، محلول‌پاشی نیتروژن باید حداکثر یک ماه در میان انجام شود. برخلاف برخی عناصر دیگر (به‌ویژه روی)، نیتروژن به راحتی در گیاه منتقل می‌شود که نشان می‌دهد مصرف آن قبل از توسعه سرشاخه‌های بهاره، می‌تواند نیاز نیتروژنی درختان را برای این مرحله رشدی تأمین کند (جدول‌های 16-3 و 16-4).

[1] - June drop

در هر محلول‌پاشی، باغداران می‌توانند اوره با بیورت پایین با غلظت حداکثر 10 کیلوگرم اوره در 1000 لیتر آب همراه با 0/5 کیلوگرم اسید فسفریک در 1000 لیتر آب (به‌عنوان بافر و تنظیم‌کننده اسیدیته آب) و یک مویان مناسب با غلظت 0/4 در هزار، با رعایت استانداردهای محلول‌پاشی استفاده نمایند. مقدار آب موردنیاز در هر محلول‌پاشی حدود 2000 لیتر تا 4000 لیتر برای باغ‌های بارده است. اگر بیشتر از 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک محلول‌پاشی مصرف شود، امکان دارد علائم مسمومیت در درختان ظاهر شده و باغ دچار مشکل شود. در عمل، با افزایش غلظت اوره به 12 الی 14 کیلوگرم در هزار لیتر، در اولین و دومین محلول‌پاشی، امکان دارد هیچ‌گونه علائم برگی ظاهر نشود؛ اما در سومین محلول‌پاشی علائم خسارت به‌وضوح نمایان خواهد شد. غلظت 10 در هزار، حد بالایی غلظت اوره برای محلول‌پاشی با رعایت دقیق استانداردهای محلول‌پاشی است. اما باید در نظر داشت که اثرات تجمعی در محلول‌پاشی‌های متوالی نیز ممکن است وجود داشته باشد و برگ‌ها ممکن است زمان کافی برای انتقال نیتروژن (از برگ‌ها به دیگر اندام‌های درخت) در فاصله بین دو محلول‌پاشی متوالی را نداشته باشند و موجب خسارت به درختان شود. اگر 50 درصد نیاز کل نیتروژن باغ به‌صورت محلول‌پاشی انجام شود، می‌توان مصرف نیتروژن را متوقف کرد.

محلول‌پاشی اوره در زمان مناسب، می‌تواند عملکرد را از 20 تا 40 درصد افزایش دهد. همچنین رنگ و استحکام میوه‌ها افزایش می‌یابد و بلوغ میوه‌ها نیز زودتر رخ می‌دهد. محلول‌پاشی اوره، توانایی درختان، رنگ برگ‌ها و توانایی تحمل آنها به تنش‌های مختلف (مانند مانداب، گرما، باد، سرما و ...) را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، تمایل درختان به تناوب باردهی نیز، کاهش می‌یابد؛ بنابراین برای رسیدن به بهترین عملکرد و همچنین تولید پایدار و داشتن درختانی سالم، یک برنامه مدیریت تغذیه پایدار توصیه می‌شود.

13-1. مهم‌ترین زمان‌های محلول‌پاشی اوره در باغ‌های مرکبات

13-1-1. محلول‌پاشی اوایل بهار

برای افزایش تشکیل میوه، بهبود کیفیت و اندازه میوه، محلول‌پاشی اوره با غلظت 7 – 6 در هزار (7- 6 کیلوگرم اوره در 1000 لیتر آب) هم زمان با چرخه رشدی اواخر

زمستان و اوایل بهار توصیه می‌شود (برای افزایش راندمان جذب و کاهش احتمال خسارت به‌ویژه در مناطقی با آب آبیاری با بیکربنات بالا، افزودن نیم تا یک در هزار اسید فسفریک توصیه می‌شود).

13-1-2. محلول‌پاشی اواخر بهار و اوایل تابستان

محلول‌پاشی اوره با غلظت 8- 5 در هزار (8 - 5 کیلوگرم در 1000 لیتر آب) در اواخر بهار یا اوایل تابستان، برای تکمیل و بهبود نتیجه حاصل از محلول‌پاشی اولیه، افزایش کیفیت و بهبود اندازه میوه و همچنین فراهمی میوه‌های یک دست و خوب توصیه می‌شود (برای افزایش راندمان جذب و کاهش احتمال خسارت به‌ویژه در مناطقی با آب آبیاری با بیکربنات بالا، افزودن نیم تا یک در هزار اسید فسفریک توصیه می‌شود).

13-1-3. محلول‌پاشی پاییزی

سومین محلول‌پاشی اوره در پاییز قبل و پس از برداشت میوه (قبل از برداشت با غلظت 3 تا 5 در هزار و پس از برداشت با غلظت 5 تا 8 در هزار) توصیه می‌شود که در افزایش تشکیل میوه در سال بعد بسیار مؤثر است. همچنین توانایی درختان را برای تحمل شرایط نامساعد جوی افزایش می‌دهد. محلول‌پاشی پاییزه در ناول‌ها، بلوغ میوه‌ها را یک هفته تا 10 روز تسریع می‌کند و برای افزایش راندمان جذب و تحمل به تنش سرما و یخبندان، افزودن پنج در هزار منوپتاسیم فسفات توصیه می‌شود (اسدی کنگرشاهی، 1398).

13-2. سمیت بیورت

نتایج کارهای متعدد میدانی نگارندگان (بیش از 1000 مورد) نشان داده است که استفاده از کودهای اوره 50 کیلویی در بازار برای محلول‌پاشی با رعایت استانداردهای محلول‌پاشی هیچ گونه محدودیتی ندارد. اما به‌طورکلی برای مصرف خاکی اوره، غلظت بیورت در آن می‌تواند تا حدود 2/5 درصد باشد. اما برای محلول‌پاشی، غلظت بیورت در کود اوره باید کمتر از 0/25 درصد باشد. محلول‌پاشی اوره با بیورت بالا، معمولاً موجب

تجمع بیورت در نوک برگ‌ها، و زردی نوک برگ‌ها می‌شود. اما باید توجه داشت این علائم زردی در برخی موارد، ممکن است به علت زیادی مصرف نیتروژن هم باشد. علائم خسارت ناشی از مصرف اوره با بیورت بالا در برگ مرکبات در شکل 14-1 نشان داده شده است.

شکل 13-1. خسارت برگ‌ها ناشی از محلول‌پاشی اوره با بیورت زیاد در درختان مرکبات

13-3. تحمل درختان مرکبات به غلظت محلول‌های کودی برای محلول‌پاشی

تحمل درختان مرکبات به غلظت محلول کودهای نیتروژنی با منابع مختلف در جدول 13-1 نشان‌داده‌شده است. محلول‌پاشی، با محلول‌های با غلظت بیشتر ممکن است موجب ایجاد لکه (سوختگی) در برگ‌ها یا میوه‌ها شود. در برخی موارد، محلول‌پاشی با غلظت بیشتر نیز ممکن است عارضه‌ای ایجاد نکند؛ ولی این عناصر ممکن است در بافت برگ تجمع یابند و تکرار محلول‌پاشی موجب ایجاد خسارت شود.

جدول 13-1. دامنه غلظت محلول‌های کودی مختلف، توصیه شده برای محلول‌پاشی مرکبات (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

عنصر غذایی	فرمول شیمیایی	غلظت توصیه شده (کیلوگرم کود در 1000 لیتر آب)
نیتروژن	اوره	6 -10
نیتروژن	نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم و فسفات آمونیوم	5 - 7

نفوذ مواد غذایی از سطح برگ، از طریق منافذ هیدروفوبیک در کوتیکول انجام می‌شود. قطر این منافذ حدود یک نانومتر و تراکم آنها در واحد سطح حدود 10^{10} عدد در سانتی‌متر مربع است. این منافذ برای مواد محلولی، مانند اوره با شعاع حدود 0/44 نانومتر، کاملاً نفوذپذیر هستند اما برای موادی با مولکول‌های درشت‌تر مانند برخی کلات‌ها، از نفوذپذیری کمتری برخوردار هستند. البته یک سری منافذ دیگر نیز در اطراف سلول‌های نگهبان روزنه‌ها وجود دارند که از نظر ضخامت و نفوذپذیری با سایر منافذ متفاوت هستند و به طور عمده، مولکول‌های درشت‌تر مانند کلات‌ها از طریق این منافذ جذب می‌شوند؛ بنابراین جذب عناصر غذایی محلول از سطح برگ درختان میوه به دیواره خارجی سلول‌های بشره محدود می‌شود. این دیواره با یک لایه موم و کوتین پوشیده شده است که به طور عمده شامل پکتین، همی‌سلولز و سلولز است. باتوجه‌به این که، عناصر غذایی که از آوندهای چوبی به برگ‌ها انتقال می‌یابند ابتدا به آپوپلاست وارد می‌شوند بنابراین لایه خارجی سطح برگ در جلوگیری از شستشوی عناصر غذایی برگ نقش عمده‌ای دارد. لایه کوتیکول سطح برگ، دارای خاصیت تبادل کاتیونی ضعیف است که ناشی از بار الکتریکی منفی مواد پکتینی و پلی‌مرهای غیراستری کوتین است. تراکم این بارهای الکتریکی منفی در سطح خارجی برگ، کم است و به‌تدریج به سمت داخل افزایش می‌یابد؛ بنابراین نفوذ یون‌ها (کاتیون‌ها) در این منافذ و در جهت شیب بار الکتریکی، به‌آسانی امکان‌پذیر است و می‌تواند عامل مهمی برای جذب عناصر غذایی به روش محلول‌پاشی برگی باشد. حرکت مواد محلول (عناصر غذایی) از درون

کوتیکول توسط کانال‌های با قطر بسیار نازک (میکرونی) انجام می‌شود که اصطلاحا اکتودسماتا نامیده می‌شوند.

13-4. عوامل مؤثر در جذب برگی عناصر غذایی

عواملی که در راندمان جذب عناصر غذایی از سطح برگ (محلول‌پاشی) نقش دارند:

13-4-1. عوامل خارجی (محیطی و محلول مصرفی)

- ترکیب شیمیایی و اسیدیته (pH) محلول مصرفی: ترکیبات مختلف شیمیایی یک عنصر در راندمان جذب آن تأثیر دارند و به‌طورکلی، کاتیون‌هایی که آنیون همراه آنها نیترات یا کلر است از راندمان جذب بیشتری برخوردار هستند و در مقابل، کاتیون‌هایی که آنیون همراه آن‌ها سولفات یا فسفات است راندمان جذب کمتری دارند. برای مثال، راندمان جذب منیزیم از کودهای نیترات منیزیم، کلرور منیزیم، استات منیزیم، سولفات منیزیم و فسفات منیزیم به ترتیب حدود 71، 64، 32، 8 و 4 درصد است. برای محلول‌پاشی اغلب عناصر غذایی پیشنهاد می‌شود، pH محلول در حدود 6 تا 7 بافر شود. به‌طورکلی، محلول‌های خیلی اسیدی و قلیایی احتمال خسارت را افزایش می‌دهند. خسارت برگ‌ها در اثر محلول‌پاشی، بیشتر به علت نبود توازن موضعی مواد غذایی در بافت برگ است (تا به علت اثرات اسمزی محلول مصرفی). استفاده از غلظت‌های پایین اوره یا ساکارز در محلول‌پاشی‌های عناصر غذایی، موجب کاهش احتمال خسارت برگ‌ها خواهد شد.
- بار الکتریکی یون: معمولاً با افزایش بار الکتریکی یون‌ها راندمان جذب آنها کاهش می‌یابد.
- درجه‌حرارت و رطوبت نسبی محیط: با افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی محیط، راندمان جذب عناصر غذایی، به علت خشک‌شدن سریع محلول مصرفی از سطح برگ‌ها، کاهش می‌یابد. مناسب‌ترین درجه‌حرارت و رطوبت نسبی برای محلول‌پاشی برگی، به ترتیب حدود 22 درجه سانتی‌گراد و بیش از 70 درصد است.

▪ مویان‌ها: مویان‌ها با افزایش خیس شدن سطح برگ، راندمان جذب را نیز افزایش می‌دهند. میزان خیس شدن برگ نیز به زاویه تماس بین قطره مایع و سطح برگ بستگی دارد. مصرف مویان‌ها، موجب کاهش کشش سطحی آب و افزایش سطح تماس محلول مصرفی با سطح برگ می‌شود (افزایش میزان خیس شدن)؛ بنابراین مویان، راندمان جذب عناصر غذایی به روش محلول‌پاشی را افزایش می‌دهند.

13-4-2. عوامل درونی (ویژگی‌های ساختاری برگ)

▪ فعالیت متابولیکی برگ: برگ‌های جوان به علت داشتن بافت‌ها و سلول‌های جوان، از نفوذپذیری بیشتری برخوردار بوده و همچنین این برگ‌ها قدرت متابولیکی بیشتری دارند؛ بنابراین مواد جذب شده را سریع‌تر متابولیته کرده و از شدت جذب بیشتری برخوردارند.

▪ ضخامت کوتیکول: در برگ‌ها و اندام‌های جوان، ضخامت کوتیکول کمتر است؛ بنابراین نفوذپذیری بیشتری دارند.

▪ سن برگ و مرحله فنولوژی رشد درختان: با افزایش سن برگ‌ها، نفوذپذیری غشای پلاسمایی افزایش می‌یابد که موجب افزایش خروج مواد و یون‌ها از سیتوپلاسم و ورود آن‌ها به آپوپلاست سلول می‌شود. افزایش غلظت عناصر در آپوپلاست، موجب کاهش شیب غلظت، بین محلول آپوپلاست و محلول سطح برگ خواهد شد و در نتیجه، راندمان جذب کاهش می‌یابد.

▪ وضعیت تغذیه‌ای درختان: اگر غلظت عنصری در بافت برگ در وضعیت کمبود باشد محلول‌پاشی آن عنصر، از راندمان جذب بیشتری برخوردار است و در مقابل، اگر غلظت عنصری در بافت برگ در وضعیت کفایت و زیاد باشد راندمان جذب آن عنصر، از محلول سطح برگ کاهش می‌یابد. حداقل فاصله بین دو محلول‌پاشی یک عنصر غذایی باید بین 20 تا 30 روز باشد، اگر کمتر باشد به علت افزایش غلظت آن عنصر در آپوپلاسم سلول و کاهش شیب غلظت (بین محلول آپوپلاسم و محلول سطح برگ)، راندمان جذب آن عنصر کاهش می‌یابد.

13-5. کیفیت آب برای محلول‌پاشی

مقدار و کیفیت آب نیز برای محلول‌پاشی باید موردتوجه قرار گیرد. از پارامترهای کیفی آب، شوری، pH، درجه سختی و غلظت بی‌کربنات برای محلول‌پاشی اهمیت بیشتری دارند البته در برخی از مناطق، غلظت سولفات، نیترات و آهن آب نیز برای محلول‌پاشی مهم هستند؛ بنابراین توصیه می‌شود قبل از محلول‌پاشی، این پارامترهای کیفی آب اندازه‌گیری و مشخص شوند. آب مطلوب برای محلول‌پاشی، آبی است که شوری آن کمتر از 1000 میلی‌گرم در لیتر، pH آن در محدوده 6 تا 7 و غلظت بی‌کربنات آن کمتر از 4 میلی‌اکی‌والان گرم در لیتر باشد. به طور معمول، حجم محلول موردنیاز برای محلول‌پاشی یک هکتار باغ حدود 2000 تا 4000 لیتر است. به‌طورکلی درختان سالم و شاداب، به تغذیه برگی بهتر پاسخ می‌دهند که به علت کیفیت بهتر بافت برگ، برای حداکثر نفوذ عناصر غذایی و توان رشدی بهتر، برای انتقال سریع‌تر عناصر غذایی به دیگر بخش‌های درختان است. درختان تحت تنش به محلول‌پاشی‌های برگی، کمتر پاسخ می‌دهند که به علت راندمان جذب و انتقال کمتر عناصر غذایی در بافت برگ است. به هر حال، اگر محلول‌پاشی برگی قبل از بروز تنش‌های رطوبتی یا گرمایی انجام شود تاثیر بیشتری در عملکرد رویشی و زایشی درختان خواهد داشت.

13-6. شرایط آب و هوایی مناسب برای محلول‌پاشی برگی

شرایط محیطی مانند زمان روز، درجه‌حرارت هوا، رطوبت نسبی هوا و سرعت باد بر جنبه‌های فیزیکی و بیولوژیکی محلول‌پاشی تأثیر دارند. نفوذپذیری بافت برگ، یک عامل بسیار مهم در جذب عناصر غذایی توسط برگ است. مناسب‌ترین شرایط برای حداکثر نفوذپذیری عناصر غذایی به بافت برگ، هوای گرم، مرطوب و آرام است که اغلب در اواخر غروب و گاهی اوقات در ساعات اولیه صبح رخ می‌دهد. به‌طورکلی در جدول 13-2، برخی شاخص‌های هواشناسی مناسب برای محلول‌پاشی آورده شده است. معمولاً وقوع بارندگی 24 تا 48 ساعت پس از محلول‌پاشی، کارایی محلول‌پاشی را کاهش می‌دهد زیرا همه عناصر غذایی محلول‌پاشی شده، بلافاصله جذب نخواهند شد.

جدول 13-2. برخی از شرایط هواشناسی مناسب برای محلول‌پاشی برگی (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

شاخص هواشناسی	شرایط مناسب
زمان (زمان مناسب در طول روز)	اواخر غروب: پس از ساعت 5 تا 6 عصر اوایل صبح: قبل از ساعت 9 صبح
درجه‌حرارت	محلول‌پاشی در درجه‌حرارت بین 18 الی 29 درجه سانتی‌گراد امکان پذیر است اما درجه‌حرارت مطلوب محلول‌پاشی برگی، حدود 22 درجه سانتی‌گراد است.
رطوبت نسبی	بیشتر از 70 درصد
شاخص نسبت درجه‌حرارت به رطوبت نسبی (Tem/RH)	140 الی 160
سرعت باد	کمتر از 5 متر در ساعت (mph)
عدم وقوع بارندگی پس از محلول‌پاشی	24 تا 48 ساعت

13-7. سرعت نفوذ عناصر غذایی به بافت برگ

سرعت نفوذ عناصر غذایی مختلف به بافت برگ بسیار متفاوت است. برخی عناصر غذایی به‌سرعت، جذب می‌شوند درحالی‌که جذب برخی عناصر دیگر، ممکن است تا چند روز پس از محلول‌پاشی ادامه داشته باشد. در جدول 13-3 میانگین سرعت جذب عناصر غذایی مختلف نشان داده شده است. عناصر اوره، منیزیم، پتاسیم، کلسیم، روی و منگنز از سرعت جذب بیشتری برخوردار هستند و در مقابل، فسفر، سولفور، آهن و مولیبدن سرعت جذب کمتری دارند.

جدول 13-3. متوسط سرعت جذب عناصر غذایی در بافت برگ درختان میوه (اسدی کنکرشاهی، 1398)

عنصر غذایی	زمان لازم برای جذب 50 درصد محلول غذایی در سطح برگ
نیتروژن (اوره)	2 – 1/2 ساعت
فسفر	10 – 5 روز
پتاسیم	24 – 10 ساعت
کلسیم	2- 1 روز
منیزیم	5 – 2 ساعت
سولفور	8 روز
روی	2 – 1 روز
منگنز	2 – 1 روز
آهن	20 – 10 روز
مولیبدن	20 – 10 روز

13-8. شرایط لازم کودها برای محلول‌پاشی

بیشتر کودها برای محلول‌پاشی مناسب نیستند. هر کودی که برای محلول‌پاشی برگی استفاده شود باید حداقل شرایط زیر را داشته باشد:

- شاخص شوری پایین داشته باشد، احتمال خسارت به سلول‌های گیاه، بیشتر ناشی از غلظت زیاد نمک‌ها، به‌ویژه نیترات‌ها و کلریدها است.
- حلالیت بالا داشته باشد. حلالیت بالا، حجم محلول موردنیاز را برای محلول‌پاشی کاهش می‌دهد.
- درجه خلوص بالا داشته باشد. خلوص بالای کودها، موجب حذف و یا کاهش بر همکنش آن‌ها با کودهای دیگر و همچنین با سموم (در سم‌پاشی‌ها) می‌شود. همچنین خلوص بالای کودها، احتمال سازگاری آنها را در محلول افزایش داده و عوارض جانبی غیرقابل‌انتظار در اندام هوایی و شاخ‌وبرگ درختان را کاهش می‌دهد.

فصل چهاردهم
توصیه ترویجی

رشد سالانه و عملکرد میوه درختان مرکبات فقط دارای بخش کوچکی از کود نیتروژنی مصرفی در طول فصل رشد است و بیشتر این کود به اندام‌های دائمی برای حفظ و پایداری ذخیره نیتروژن وارد می‌شود. نیاز نیتروژنی اندام‌های جدید درحال‌توسعه در اوایل فصل، بیشتر از ذخایر نیتروژن در برگ‌های قدیمی، شاخه‌های قدیمی، ساقه و ریشه‌ها تأمین می‌شود و به میزان کمتری از کوددهی اوایل فصل جاری حاصل می‌شود به‌طوری بیش از 80 درصد از نیتروژن موردنیاز برای رشدهای جدید از نیتروژن ذخیره درختان تأمین می‌شود؛ بنابراین کود نیتروژن مصرفی در سال جاری مستقیماً به میوه‌ها وارد نمی‌شود، بلکه برای کل درخت استفاده می‌شود این کوددهی به‌ویژه کوددهی تابستانه و پاییزی برای حفظ و پایداری ذخیره نیتروژن در اندام‌های دائمی درختان (تنه، شاخه‌ها و ریشه‌ها) ضروری است. این که چرا عدم مصرف نیتروژن در اوایل فصل قبل از گلدهی و تشکیل میوه منجر به کاهش عملکرد نمی‌شود و چرا درختان می‌توانند رشد قوی در بهار داشته باشند زمانی که جذب نیتروژن هنوز بسیار کم است ناشی از ذخیره نیتروژن درختان است. نیتروژن برگ، فقط یک شاخصی از وضعیت نیتروژن درختان است اما به خودی خود فقط بخش کوچکی از نیتروژن کل درخت را نشان می‌دهد اما بیشتر آزمایش‌های کود با درختان مرکبات نشان داده است که قبل از مشاهده تأثیر نیتروژن بر عملکرد میوه، تفاوت در محتوای نیتروژن برگ ظاهر می‌شود؛ بنابراین باتوجه‌به این که راندمان مصرف کودهای نیتروژنی، به‌ویژه در شروع و اوایل فصل رشد بسیار پایین است و از طرف دیگر، تشکیل گل، میوه و رشد شاخه‌های بهاره (جهش‌های رشدی در بهار) بیشتر تحت‌تأثیر مواد غذایی ذخیره‌ی درختان است و این ذخیره، بیشتر به مدیریت کوددهی پس از برداشت و اواخر فصل رشد در سال قبل بستگی دارد، لذا توصیه می‌شود

که باغداران، کوددهی قبل از توسعه برگها و گلدهی در شروع و اوایل فصل را متوقف کنند یا حداکثر پنج الی 10 درصد نیاز سالانه درختان در مرحله رشد و توسعه سرشاخه‌های بهاره گلدهی شروع نمایند. پس از ریزش گلبرگ‌ها و تشکیل میوه به‌تدریج مقدار مصرف نیتروژن (درصدی از نیاز سالانه) را افزایش داده و در نیمه دوم مرحله اول رشد تا اواسط مرحله دوم رشد میوه (باتوجه‌به رقم) به حداکثر مقدار مصرف ارتقا دهند. سپس به‌تدریج مصرف نیتروژن به حداقل مقدار کاهش دهند یا متوقف کنند و مجدداً پس از برداشت، کوددهی نیتروژن جهت افزایش ذخیره نیتروژن اندامهای دائمی انجام دهند.

پاسخ عملکردی مرکبات به مصرف نیتروژن در مناطق مختلف متغیر است. اما بر اساس گزارش آزمایش‌های بلندمدت میدانی در باغ‌های مرکبات در ایران، مصرف حدود 150 تا 200 کیلوگرم نیتروژن برای باغ‌های مرکبات بارده به روش کودآبیاری توصیه می-شود اما برای باغ‌های بدون کودآبیاری (سرک خاکی) به ترتیب 250 تا 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه می‌شود. به‌طورکلی این داده‌های به‌دست‌آمده از نقاط مختلف جهان نشان می‌دهد که از نظر عملکرد میوه، درختان مرکبات به مصرف زیاد نیتروژن پاسخ نمی‌دهند و مصرف بیشتر از 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال به روش کودآبیاری اغلب موجب کاهش کیفیت میوه می‌شود. البته برای درختان مرکبات مسن بارده با تناوب باردهی در سال آور مانند نارنگی انشو، پرتقال‌های خونی مورو، پرتقال‌های والنسیا در سال آور و سایر ارقام مرکبات مصرف حدود 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه می‌شود. از نظر مدیریت زمانی کوددهی نیتروژن برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه مرکبات در مناطق مختلف کشور، در مناطق شمالی از کل نیتروژن موردنیاز سالانه درختان حدود 30 درصد آن در اردیبهشت، 30 درصد در خرداد، 20 درصد در تیر و 20 درصد در مرداد (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) در مناطق جنوبی (استان فارس و کرمان)، حدود 20 درصد آن در فروردین، 30 درصد در اردیبهشت، 30 درصد در خرداد و 20 درصد در تیرماه (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) و در مناطق جنوبی(هرمزگان) حدود 20 درصد آن در اسفند، 30 درصد در فروردین30 درصد در اردیبهشت و 20 درصد در خردادماه (متناسب با رقم ممکن است 10 تا 20 درصد تغییر کند) توصیه می‌شود.

منابع

1. اسدی کنگرشاهی، ع.، ن. اخلاقی امیری و ع. فلاح. 1398. راهنمای نمونه‌برداری و تفسیر نتایج تجزیه خاک و برگ برای درختان مرکبات. نشریه فنی شماره 561. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران

2. اسدی کنگرشاهی و همکاران. 1396. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در درختان مرکبات شمال و جنوب کشور. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.

3. اسدی کنگرشاهی، ع. 1398. تأثیر مدیریت مصرف نیتروژن متناسب با فنولوژی رشد بر عملکرد و تناوب باردهی نارنگی انشو. پژوهش‌های خاک، جلد 33، شماره 3، صفحه 321-335، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

4. اسدی کنگرشاهی، ع. 1398. مدیریت کوددهی درختان بارده مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

5. اسدی کنگرشاهی، ع. 1401. تأثیر محلول‌پاشی پاییزی نیتروژن، روی و بور در افزایش ذخیره و فراهمی این عناصر برای درختان هلو. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد 12 شماره 1. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

6. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

7. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد دوم. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

8. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1394. مدیریت مصرف نیتروژن و تناوب باردهی درختان مرکبات. فصلنامه یافته‌های علوم کشاورزی، جلد 1، شماره 2. انتشارات مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران. ساری، ایران

9. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1400. تأثیر محلول‌پاشی اوره متناسب با فنولوژی رشد بر عملکرد و تناوب باردهی نارنگی ساتسوما. علوم باغبانی ایران. جلد 52، شماره 1، صفحه 111-99، دانشگاه تهران، ایران.

10.اسدی کنگرشاهی، ع.، غ.ر. ثواقبی و ن. اخلاقی امیری. 1390. کاهش تناوب باردهی در نارنگی انشو با مدیریت مصرف نیتروژن و هرس در شرق مازندران. مجله علوم باغبانی ایران. جلد 42، شماره 3، صفحه 225-217، دانشگاه تهران، ایران.

11.بصیرت، م.، ا. قاسمی، م. شهابیان و م. موسوی. 1396. کاربرد روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی در تشخیص وضعیت تغذیه‌ای باغات پرتقال تامسون شرق مازندران. پانزدهمین کنگره ملی علوم خاک، اصفهان، ایران.

12.بصیرت، م.، ح. حقیقت نیا، و م. موسوی. 1396. تعیین وضعیت تغذیه‌ای باغات پرتقال والنسیا در جنوب فارس با استفاده از روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی. پانزدهمین کنگره ملی علوم خاک، اصفهان، ایران.

13.تدین، م.س.، م. بصیرت.، غ.ر. معافپوریان و ک. ثقفی. 1400. ساماندهی اطلاعات و ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای و ارتباط آن با صفات کمی و کیفی پرتقال در استان فارس. گزارش نهایی طرح پژوهشی 9552-10-50-14، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

14.تدین، م.س. و ح. رستگار. 1384. تعیین حد متعادل عناصر غذایی درختان لیموشیرین در استان فارس با روش DRIS. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، جلد 6، شماره 1، صفحه 39 تا 50.

15.حسینی، ی.، ج. صالح.، م. عسکری و م. بصیرت. 1396. راهنمای تغذیه گیاهی و مدیریت تنش‌های محیطی به‌منظور پیشگیری و مقابله با عارضه زوال مرکبات. نشریه فنی شماره 553، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران ایران.

16.حسینی، ی.، م. عسکری و ج. صالح. 1399. واکاوی علل بروز عارضه زوال مرکبات در جنوب کشور و راهکارهای مدیریت خاک و آب. نشریه مدیریت اراضی، جلد 8، شماره 2، صفحات 140-129.

17.کرم‌نژاد، ف.، ن. معلمی و ا. خالقی. 1397. اثر مقدار و زمان محلول‌پاشی اوره بر عملکرد و ویژگی‌های زیست‌شناسی درختان نارنگی کینو. مجله علوم و فنون باغبانی، جلد3، شماره 19، صفحه 380-365.

18. Akao, S., S. Kubota and M. Hayashida. 1978. Utilization of reserve nitrogen, especially autumn nitrogen by Satsuma mandarin trees during the development of spring shoots. Journal Japanese Society of Horticultural Science, 47: 31-38.

19. Ali, A.G. and C.J. Lovatt. 1995. Relationship of polyamines to low-temperature stress-induced flowering of the Washington navel orange. Journal Horticultural Science. 70: 491-498.

20. Alva, A.K., S. Paramasivam, T.A. Obreza and A.W. Schumann. 2006. Nitrogen best management practice for citrus trees. I. Fruit yield, quality, and leaf nutritional status. Sci. Hort. 107: 233-244.

21. Alva, A.K. and S. Paramasivam. 1998. Nitrogen management for high yield and quality of citrus in sandy soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 62: 1335-1342.

22. Alva, A.K., S. Paramasivam and W.D. Graham. 1998. Impact of nitrogen management practices on nutritional status and yield of Valencia orange trees and groundwater nitrate. J. Environ. Qual. 27: 904-910.

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

23. Bingham, F.T., Y. Davis and E. Shade. 1971. Water relations, salt balance and nitrate leaching losses of a 960 acre citrus watershed. Soil Sci. 112: 410-418.

24. Bondada, B.R., J.P. Syvertsen and L.G. Albrigo, 2001. Urea nitrogen uptake by citrus leaves. HortScience.36: 1061-1065.

25. Bowman, B.J. 1996. Fertigation versus conventional fertilization of flatwoods grapefruit. Fert. Res. 44: 123-128.

26. Carranca, C., G. Brunetto and M.Tagliavini. 2018. Nitrogen nutrition of fruit trees to reconcile productivity and environmental concerns. Plants. 7: 2-12.

27. Cary, P.R. and P.C.J. Weerts. 1977. Crop management factors affecting growth, yield and fruit composition of citrus. Proc. Int. Soc. Citriculture I, 39-43. Dasberg, S. 1987. Nitrogen fertilization in citrus orchad. Plant and Soil. 100: 1-9.

28. Cheng, L., S. Dong and L.A. Fuchigami. 2002. Urea uptake and nitrogen mobilization by apple leaves in relation to tree nitrogen status in autumn. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 77: 13-18

29. Corona, J.C. 1994. Relationship of polyamines to fruit set and growth of the Washington navel orange. MS thesis, University of California Riverside.

30. Cox, J.D., J.P. Syvertsen and D.A. Graetz. 2001. Nitrogen uptake, partitioning and leaching losses from young bearing citrus trees of different nitrogen status. Journal of the Amrican Society of Horticultural Science. 126: 242-251.

31. Dasberg, S. 1978. Nitrogen balance in a citrus grove. Hassadeh. 58: 874-877. *(Hebrew, with English*)

32. Dasberg, S. 1987. Nitrogen fertilization in a citrus orchardd. Plant and Soil. 100: 1-9.

33. Dasberg, S., A. Bar-Akiva, S. Spazisky and A. Cohen. 1988. Fertigation versus broadcasting in an orange grove. Fert.Res.15: 147-154.
34. Dasberg, S., H. Bielorai and Y. Erner. 1983. Nitrogen fertigation of Shamouti oranges. Plant and Soil. 75: 41-51.
35. Dasberg, S., Y. Erner and H. Bielorai. 1984. Nitrogen balance in a citrus orchard. J. Environ. Qual. 13: 353-356.
36. Dong, S., L. Cheng, C.F. Scagel and L.H. Fuchigami. 2002. Nitrogen absorption, translocation and distribution from urea applied in autumn to leaves of young potted apple trees. Tree Physiology. 22: 1305-1310.
37. duPlessis, S.F. 1977. Soil analysis as a necessary complement to leaf analysis for fertilizer advisory purposes. Proc. Int. Soc. Citriculture. 1: 15-20.
38. Embleton, T.W., C.0. Pallares, W.W. Jones, L.L. Summers and M. Matsumura. 1981. Nitrogen fertilizer management of vigorous lemons and nitrate pollution potential of ground water. Calif. Water Res. Center, Univ. of California Contr. 182: 1-30.
39. Embleton, T.W., H.J. Reitz and W.W. Jones. 1973. Citrus fertilization. *In* The Citrus Industry. Ed. W Reuther. 3: 122-181.
40. Embleton, T.W. and W.W. Jones. 1978. Nitrogen fertilizer management programs, nitrate pollution potentials and orange productivity. *In* Nitrogen in the Environment. Eds. D R Nielsen and T G MacDonald. 1,275-297, Academic Press, New York.
41. Feigenbaum, S., H. Bielorai, Y. Erner and S. Dasberg. 1986. The fate of ^{15}N labeled nitrogen applied to mature citrus trees. Plant and Soil. 97: 179-187.
42. Feigenbaum, S., H. Bielorai, Y. Erner and S. Dasberg. 1986. The fate of ^{15}N labeled nitrogen applied to mature citrus trees. Plant and Soil. 97: 179-187.
43. Feller, U. 1990. Nitrogen remobilization and protein degradation during senescence. P. 195-222. In: Y.P. Abrol (eds.). Nitrogen in higher plants. Research Studies Press, Somerset England.
44. Hamid, G.A., S.D. VanGundy and Lovatt, C.J. 1988. Phenologies of the citrus nematode and citrus roots treated with oxamyl. In: Proceeding of the 6th International Citrus Congress. 2: 993-1004.
45. Johnson, R.S., R. Rosecrance, S. Weinbaum, H. Andris and J. Wang. 2001. Can we approach complete dependence on foliar applied urea nitrogen in an early- matering peach. J. Amer. Hort. Sci. 126: 364-370.
46. Kato, F., S. Kubota and S. Tsukahava. 1981. N absorption and translocation in Satsuma mandarin trees uptake and distribution of nitrogen supplied in summer. Agricultural Experiment Station of Japan, 36: 1-6.

47. Legaz, F., E. Rimo-Millo, E. Primo-Yufero, C. Gill and L. Rubio. 1982. Nitrogen fertilization in citrus. I. absorption and distribution of nitrogen in calamondin trees during flowering, fruit set and initial fruit development periods. Plant and Soil. 66: 339-351.

48. Legaz, F., M.D. Serna and E. Primo. 1995. Mobilization of the reserve N in citrus. Plant and Soil, 173: 205-210.

49. Li, J., J. Zhang and M. Rao. 2004. Wetting patterns and nitrogen distributions as affected by fertigation strategies from a surface point source. Agri. Water. Mgmt. 67: 9–104.

50. Lovatt, C.J. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient application to increase fruit set and size. Hortechnology. 9: 607-612.

51. Lovatt, C.J., O. Sagee and A.G. Ali.1992. Ammonia and its metabolites influence flowering, fruit set and yield of Washington Navel orange. In: Proceedings of the International Society of Citriculture. 1: 412-416.

52. Lovatt, C.J., Y. Zheng and K.D. Hake. 1988b. A new look at the Kraus-Kraybill hypothesis and flowering of citrus. In*:* 6th International Citrus Congress. 1: 475-483.

53. Lovatt, C.J., Y. Zheng and K.D. Hake.1988a. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in citrus. *Israel Botanists*. 37: 181-188.

54. Mengel, K. 1992. Nitrogen: Agricultural productivity and environmental problems. P. 2-15. In: K. Mengel and D.J. Pilbeam (eds.). Nitrogen metabolism of plants. Oxford Press, New York.

55. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

56. Millard, P. 1995. Internal cycling of nitrogen in trees. Acta Hortic. 383: 3-14.

57. Moreno, J. and L. Garcia-Martinez. 1984. Nitrogen accumulation and mobilization in citrus leaves throughout the annual cycle. Physiol. Plant. 61: 429-434.

58. Morgan, K.T., T.A. Wheaton and W.S. Castle. 2009. Response of young and maturing citrus trees grown on a sandy soil to irrigation scheduling, nitrogen, fertilizer rate, and nitrogen application method. Hort. Sci. 44:145-150.

59. Okada, M. 2004. Effectiveness of reserved nutrients for estimating productivity of Satsuma mandarin. Journal Japanese Society of Horticultural Science. 73: 163-170.

60. Quiñones, A., B. Martínez-Alcántara and F. Legaz. 2007. Influence of irrigation system and fertilization management on seasonal distribution of N in

the soil profile and on N-uptake by citrus trees. Agri. Ecosyst. Environ. 122:399-409.
61. Quiñones, A., J., Bañuls, E., Primo-Millo and F., Legaz, 2005. Recovery of the ^{15}N-labelled fertilizer in citrus trees relation with timing of application and irrigation system. Pl. Soil. 268: 367-376.
62. Reuther, W., P. F. Smith, G. K. Scudder and G. Hrnciar. 1957. Response of Valencia orange trees to timing, rates and ratios of nitrogen fertilization. Am. Soc. Hort. Sci. Proc. 70: 223-230.
63. Rosecrance, R., S.A. Weinbaum and P.H. Brown. 1998. Alternate bearing nitrogen, phosphorus, potassium and starch storage pools in mature pistachio trees. 82: 463-470.
64. Rufat, J. and T.M. Dejong. 2001. Estimating seasonal nitrogen dynamics in peach trees in response to nitrogen availability. Tree Physiology. 21: 1113-1140.
65. Sagee, O. and C.J. Lovatt. 1991. Putrescine concentration parallels ammonia and arginine metabolism in developing flowers of Washington navel orange. Journal of the American Society for Horticultural Science. 116: 280-285.
66. Sanchez, E.E. 1990. Nitrogen dynamics in field-grown "Comice" pears. Ph.D Thesis, Oregon State University, Corvallis, OR, USA.
67. Sanchez, E.E., H. Khemira, D. Sugar and T.L. Righetti. 1995. Nitrogen management in orchards. P. 327-380. In: P.E. Bacon (ed.). Nitrogen fertition in the environment. Marcel Dekher, Newyork.
68. Sanchez, E.E., S.A. Weinbaum and R.S. Johnson. 2006. Comparative movement of labelled nitrogen and zinc in peach trees following late-season foliar application. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 81: 839-844.
69. Sanchez, E.E., S.A. Weinbaum and R.S. Johnson. 2006. Comparative movement of labelled nitrogen and zinc in peach trees following late-season foliar application. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 81: 839-844.
70. Sanchez, E.E., T.L. Rigetti, D. Sugar and P.B. Lombard. 1992. Effects of timing of nitrogen application on nitrogen partitioning between vegetative, reproductive and structural components of mature "Comice" pears. J. Hort. Sci.
71. Scholberg, J.M.S., L.R. Parsons, T.A., Wheaton, B.L. McNeal and K.T. Morgan. 2002. Soil temperature, nitrogen concentration and residence time affect nitrogen uptake efficiency in citrus. J. Environ. Qual., 31, 759-768.
72. Shear, C.B. and M. Faust. 1980. Nutritional ranges in deciduous tree fruit and nuts. Horticultural Reviews. 2: 142-163.

73. Shirgure,P.S. and A.K. Srivastava. 2013. Nutrient- water interaction in citrus. Agricultural Advances. 2: 224-136.
74. Smith, P. F. 1971. Effects of time and application of Nand K and of N rate on performance of nucellar Valencia orange trees on two stocks. J. Am. Soc. Hort. Sci. 96: 568-571.
75. Srivastava, A.K. and S. Singh. 2003. Citrus nutrition. International Book Distributing Co. (IBDC). India.
76. Stevenson, F.J. 1982. Origin and distribution of nitrogen in soils. *In* Nitrogen in Agricultural Soils. Ed. F J Stevenson. Agron. 22, 1-43. ASA, Madison, WI.
77. Sugar, D., T.L. Righetti, E.E. Sanchez and H. Khemira. 1992. Management of nitrogen and calcium in pear trees for enhancement of fruit resistance to postharvest decay. HortTech. 2: 282-287.
78. Syvertsen, J.P. and M.L. Smith. 1996. Nitrogen uptake efficiency and leaching losses from lysimeter-grown citrus treesfertilized at three nitrogen rates. J. Am. Soc. Hort. Sci., 121: 57-62.
79. Tachibana, S. and S. Yahataa. 1996. Optimizing nitrogen fertilizer application for a high density planting of Satsuma mandarin. Journal of Japanese Society Horticultural Science. 65: 471-477.
80. Tagliavini, M., P. Millard and M. Quartieri. 1998. Storage of foliar absorbed nitrogen and remobilization for spring growth in young nectarine trees. Tree Physiol. 18: 203-207.
81. Thimann, K.V. 1980. The senescence of leaves. p. 85-115. In: Thimann (ed.), Senescence in plants. CRC Press, Bota Raton, FL.
82. Titus, J.S. and S. Kang. 1982. Nitrogen metabolism, translocation and recycling trees. Hortic. Rev. 4: 204-245.
83. Tukey, R.B. 1985. Crop potential. Its development and protection. In: Pollination and Fruit Set. Shortcourse Proc. The Goodfruit Grower (ed.). pp. 19-35.
84. Turkals, M., B. Inal, S. Okay, E.G. Eekilic, E. Dundar, P. Hernandez, G. Doredo and T. Unver. 2013. Nutrition metabolism plays an important role in the alternate bearing of olive tree. PLOS ONE. 8:1-15.
85. Wallace, A., Z.I. Zidan, R.T. Mueller and C.P. North. 1954.Translocation of nitrogen in citrus trees. Am. Soc. Hort. Sci. Proc. 64: 87-105.
86. Wojcik, P. 2006. Effect of postharvest spray of boron and urea on yield and fruit quality of apple trees. Journal of Plant Nutrition. 29: 441-450.
87. Zubair, M., Banday, F.A., Baha, J.A., Rehman, M.V., Hussain, S.S. and Waida, U.I. 2017. Impact of foliar application of urea on fruit set, return bloom and growth of apple cv. Red delicious. Int. J. Curr. Microbial. App. Sci.6: 2123-2130.