



جمهوری اسلامی ایران



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



اهمیت ویژگی‌های خاکی در احداث باغ و کوددهی در ختان جوان مرکبات

نگارندگان

علی اسدی کنگرشاهی و نگین اخلاقی امیری

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

دستنامه فنی: 656

1404

مشخصات اثر

عنوان: اهمیت ویژگی‌های خاکی در احداث باغ و کوددهی درختان جوان 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: 1404

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این دستنامه فنی با شماره 67265 در تاریخ 1404/2/13 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی

به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

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

صندوق پستی: 31785-311

کد پستی: 3177993545

تلفن: 026 - 36201900

نمابر: 02636210121

پست الکترونیکی: info.swri@areeo.ac.ir

وبسایت: <http://www.swri.ir>

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

شماره

عنوان

1..... فصل اول: کلیات

7..... فصل دوم: انتخاب اراضی برای کشت مرکبات

11..... فصل سوم: ویژگی‌های خاکی و مدیریت احداث باغ

13..... 1-3. بافت خاک و تغییرات آن در پروفیل خاک

15..... 2-3. ساختمان خاک و تغییرات آن در پروفیل خاک

18..... 3-3. مواد آلی و تغییرات آن در پروفیل خاک

23..... 1-3-3. برخی ویژگی‌های کمپوست و کودهای حیوانی

25..... 4-3. کربنات کلسیم (آهک) و تغییرات آن در نیمرخ پروفیل خاک

28..... 5-3. عمق خاک

30..... 6-3. سطح آب زیرزمینی و نوسان آن

35..... 7-3. فشردگی خاک

37..... 8-3. زهکشی ضعیف و مانداب سطحی

38..... 1-8-3. طول دوره ماندابی

39..... 2-8-3. کلاس تناوب ماندابی

40..... 9-3. واکنش خاک (pH)

42..... 1-9-3. دامنه pH مناسب خاک برای احداث باغ مرکبات

43..... 10-3. شوری خاک

47..... فصل چهارم: آبیاری

48..... 1-4. نصب صافی‌ها (فیلترها)

49..... 1-1-4. صافی‌های دورانی (سیکلون)

50..... 2-1-4. صافی‌های شنی

- 3-1-4. صافی دیسکی..... 51.
- 4-1-4. صافی‌های توری..... 51.
- 2-4. نصب تانک کود..... 52.
- 3-4. نصب و آرایش لوله‌های آبدۀ..... 52.
- 4-4. نصب قطره‌چکان‌ها..... 56.

فصل پنجم: مهم‌ترین ویژگی‌های خاکی و مدیریت انتخاب پایه و نهال..... 59

- 1-5. pH و آهک خاک (تحمل پایه‌ها و مدیریت کشت)..... 59.
- 1-1-5. کاهش pH در خاک‌های آهکی..... 59.
- 2-1-5. pH چه خاک‌های را می‌توان کاهش داد..... 59.
- 3-1-5. سولفور پودری (گوگرد عنصری)..... 60.
- 4-1-5. گوگرد یا سولفور مایع..... 60.
- 5-1-5. گوگرد گرانوله..... 61.
- 2-5. تنش مانداب و سیلاب (تحمل پایه‌ها و مدیریت کشت)..... 63.
- 1-2-5. تأثیر مانداب بر پتانسیل اکسایش-کاهش (Eh)..... 66.
- 2-2-5. تأثیر مانداب بر pH محلول خاک..... 67.
- 3-2-5. تأثیر مانداب بر قابلیت هدایت الکتریکی (EC) محلول خاک..... 68.
- 4-2-5. تأثیر مانداب بر کلسیم محلول خاک..... 70.
- 5-2-5. تأثیر مانداب بر پتاسیم و سدیم محلول خاک..... 71.
- 6-2-5. تأثیر مانداب بر آهن محلول خاک..... 73.
- 3-5. تنش شوری (تحمل پایه‌ها و مدیریت کشت)..... 77.
- 1-3-5. نسبت جذب سدیم (SAR)..... 85.
- 2-3-5. کلر (Cl⁻) آب..... 87.
- 3-3-5. کلاس‌بندی آب آبیاری..... 87.
- 4-3-5. کلاس‌بندی خاک‌های تحت تأثیر نمک..... 88.
- 4-5. انتخاب نهال مطلوب و استاندارد..... 89.

فصل ششم: مدیریت خاک و زمین (تسطیح، آماده‌سازی و غنی‌سازی)..... 91

- 1-6. قطعه‌بندی..... 93.
- 2-6. نقشه کاشت..... 94.
- 3-6. پشته‌سازی..... 97.
- 4-6. غنی‌سازی بستر..... 98.
- 1-4-6. غنی‌سازی کل سطح زمین..... 99.

101.....	2-4-6. غنی‌سازی محدود بستر کاشت (در چاله اطراف نهال‌ها)
103.....	5-6. کاشت
103.....	6-6. نصب قیم
104.....	7-6. کودآبیاری
105.....	1-7-6. حلالیت برخی منابع کودی معمول و امکان اختلاط آن‌ها در تانک کود
107.....	2-7-6. امکان کریستالیزه شدن کودها در تانک کود
108.....	3-7-6. رسوب کربنات کلسیم در سیستم‌های آبیاری
112.....	4-7-6. محاسبه مقدار کود وارد کرده به تانک کود (در هر نوبت کودآبیاری)

115 فصل هفتم: کوددهی درختان جوان

116.....	1-7. نیتروژن
117.....	2-7. فسفر
118.....	3-7. پتاسیم
120.....	4-7. کلسیم
121.....	5-7. منیزیم
121.....	6-7. عناصر غذایی میکرو (کم مصرف)
122.....	7-7. مدیریت کوددهی درختان جوان در شمال کشور
122.....	8-7. مدیریت کوددهی درختان جوان در جنوب کشور

125..... منابع مورد استفاده

فهرست جدول‌ها

شماره

عنوان

- جدول 1-2. ویژگی‌های مطلوب خاک برای احداث باغ مرکبات 9
- جدول 1-3. کلاس‌بندی بافت خاک 14
- جدول 2-3. کلاس‌بندی مواد آلی خاک متناسب با بافت خاک 19
- جدول 3-3. طبقه‌بندی خاک‌های مستعد مانداب براساس میانگین طول دوره ماندابی در هر
رخداد 39
- جدول 4-3. کلاس تناوب ماندابی در خاک‌های مستعد به مانداب براساس احتمال وقوع
ماندابی در طی سال 40
- جدول 1-5. سولفور موردنیاز برای کاهش pH در خاک‌های غیر آهکی با بافت متفاوت 61
- جدول 2-5. مؤثر بودن نسبی مواد مختلف برای کاهش pH خاک 61
- جدول 3-5. تحمل پایه‌های مختلف مرکبات به کربنات کلسیم (آهک) براساس شاخص‌های
مختلف ارزیابی در خاک‌های استان مازندران 63
- جدول 4-5. تحمل پایه‌های مختلف مرکبات به تنش مانداب بر اساس شاخص‌های مختلف
ارزیابی در خاک‌های استان مازندران 76
- جدول 5-5. شاخص نمکی برخی کودهای محلول در آب 85
- جدول 6-5. حدود مجاز و کلاس‌بندی آب‌های آبیاری بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی آب
(EC_{iw})، غلظت کل جامدهای محلول (TDS) آب برای مرکبات 88
- جدول 7-5. طبقه‌بندی خاک‌های تحت‌تأثیر نمک براساس آنالیز عصاره اشباع خاک 88
- جدول 1-6. مقدار ماده آلی یا کود حیوانی مورد نیاز (تن در هکتار) برای احداث باغ در
مرحله آماده‌سازی زمین باتوجه‌به ماده آلی و بافت خاک 99
- جدول 2-6. مقدار گوگرد مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار) برای احداث باغ در مرحله
آماده‌سازی زمین باتوجه‌به کربنات کلسیم معادل و بافت خاک 100
- جدول 3-6. مقدار فسفر (P_2O_5) مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار) برای احداث باغ در مرحله
آماده‌سازی زمین باتوجه‌به قابلیت استفاده فسفر و بافت خاک 100
- جدول 4-6. مقدار پتاسیم (K_2O) مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار) برای احداث باغ در مرحله
آماده‌سازی زمین باتوجه‌به پتاسیم قابل استفاده و بافت خاک 100

- جدول 5-6. مقدار ماده آلی یا کود حیوانی مورد نیاز (کیلوگرم به ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده سازی زمین باتوجه به ماده آلی و بافت خاک 101
- جدول 6-6. مقدار گوگرد مورد نیاز (گرم به ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده سازی زمین باتوجه به کربنات کلسیم معادل و بافت خاک 102
- جدول 6-7. مقدار فسفر (P_2O_5) مورد نیاز (گرم به ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده سازی زمین باتوجه به قابلیت استفاده فسفر و بافت خاک 102
- جدول 6-8. مقدار پتاسیم (K_2O) مورد نیاز (گرم به ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده سازی زمین باتوجه به پتاسیم قابل استفاده و بافت خاک 102
- جدول 6-9. فرمول شیمیایی و حلالیت برخی منابع معمول کودی (در آب) 106
- جدول 6-10. سازگاری و امکان اختلاط کودها برای کود آبیاری و محلول پاشی 88
- جدول 7-1. مقدار و تعداد تقسیط های نیتروژن برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 ساله) 117
- جدول 7-2. مصرف فسفر (P_2O_5) برای درختان جوان (1 تا 3 سال) بر اساس سن درختان و نتایج آزمون خاک 118
- جدول 7-3. مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده و تعداد تقسیط ها برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 سال) 120
- جدول 7-4. مدیریت مصرف کودهای شیمیایی برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 سال) در طول فصل رشد برای مناطق شمالی کشور و دیگر مناطق با آب و هوای معتدل 122
- جدول 7-5. مدیریت مصرف کودهای شیمیایی برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 سال) در طول فصل رشد برای مناطق جنوب کشور و دیگر مناطق با تابستان های بسیار گرم 123

فهرست شکل‌ها

شماره	عنوان
12	شکل 3-1. احداث پروفیل خاک برای شناخت ویژگی‌های خاک در لایه‌های زیرین جهت احداث باغ.....
14	شکل 3-2. جدول تعیین بافت خاک باتوجه به مقدار نسبی درصد ذرات شن (sand)، سیلت (silt) و رس (clay) در خاک (باشور و سایه، 2007).....
15	شکل 3-3. تأثیر بافت سنگین خاک (رس زیاد) در ایجاد ماندآب سطحی خاک و زوال و خشکیدگی سرشاخه‌ها.....
18	شکل 3-4. تغییرات ساختمان خاک در نیمرخ پروفیل خاک.....
24	شکل 3-5. تغییرات ماده آلی در سطح و نیمرخ پروفیل خاک.....
27	شکل 3-6. تغییرات شدید آهک با افزایش عمق خاک.....
28	شکل 3-7. کلروز ناشی از آهک در نارنگی انشو بر پایه سیتروملو در خاک‌های آهکی.....
30	شکل 3-8. عمق خاک زراعی.....
31	شکل 3-9. سطح آب‌زیرزمینی و نوسان آن در فصول مختلف سال.....
35	شکل 3-10. زوال درختان مرکبات ناشی از ماندآب، پوسیدگی آوندهای چوبی و ازبین‌رفتن ریشه‌های فیبری به علت مانداب در منطقه ریشه.....
37	شکل 3-11. فشردگی و تراکم لایه‌های زیرین خاک در نیمرخ پروفیل خاک.....
37	شکل 3-12. فشردگی و تراکم لایه‌های زیرین خاک در نیمرخ پروفیل خاک و تأثیر آن در زوال مرکبات.....
40	شکل 3-13. آب‌ماندگی در سطح خاک و خشکیدگی سرشاخه‌ها درختان مرکبات.....
48	شکل 4-1. نحوه قرارگرفتن فیلترها، تانک مواد شیمیایی، شیرهای کنترل، لوله‌های اصلی، نیمه‌اصلی، لوله‌های توزیع‌کننده، لوله‌های آبده و قطره‌چکان‌ها در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای.....
49	شکل 4-2. ترتیب قرارگرفتن صافی‌های دورانی، شنی و توری و همچنین تانک کود در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای.....
50	شکل 4-3. صافی هیدروسیکلون (با اندازه‌های متفاوت).....
50	شکل 4-4. صافی‌های شنی (دو نوع با اندازه‌های متفاوت).....

- شکل 4-5. صافی‌های دیسکی (سه نوع مختلف)..... 51
- شکل 4-6. صافی‌های توری (دو نوع مختلف)..... 52
- شکل 4-7. انواع تانک کود، فلزی عمودی، پلاستیکی افقی 52
- شکل 4-8. شماتیک سیستم آبیاری خطی (نواری)..... 55
- شکل 4-9. سیستم آبیاری خطی (نواری) برای درختان بارده مرکبات 55
- شکل 4-10. سیستم آبیاری حلقه‌ای (لوپ)..... 55
- شکل 4-11. قطره‌چکان‌های روی خط: نتافیم (ردیف بالا) و میکروفلاپر، قطره‌چکان‌های داخل خط 57
- شکل 5-1. تأثیر مانداب موقت منطقه ریشه بر برخی ویژگی‌های خاکی و پاسخ‌های درختان... 64
- شکل 5-2. ماندابی موقت منطقه ریشه درختان مرکبات پس از وقوع بارندگی شدید در شرق مازندران 65
- شکل 5-3. ماندابی شدن طولانی مدت منطقه ریشه درختان مرکبات به علت سنگینی بافت خاک و تداوم بارندگی‌ها از اواسط پاییز تا اواسط بهار در مناطق دامن‌های غرب مازندران 66
- شکل 5-4. تغییرات زمانی میانگین Eh خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی 68
- شکل 5-5. تغییرات زمانی میانگین pH خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی 68
- شکل 5-6. تغییرات زمانی میانگین EC خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی 69
- شکل 5-7. تغییرات زمانی میانگین غلظت کلسیم در محلول خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی 70
- شکل 5-8. تغییرات زمانی میانگین غلظت پتاسیم در محلول خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی 72
- شکل 5-9. تغییرات زمانی میانگین غلظت سدیم در محلول خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی 72
- شکل 5-10. تغییرات زمانی میانگین غلظت آهن در محلول خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی 74
- شکل 5-11. پیچیدگی طوقه نهال‌های مرکبات 90
- شکل 6-1. عملیات تسطیح خاک، احداث پشته و کاشت نهال روی پشته 93
- شکل 6-2. قطعه‌بندی و ایجاد سیستم زهکش سطحی، نقشه کاشت و ایجاد پشته، غنی‌سازی و کاشت نهال‌ها..... 94
- شکل 6-3. استفاده از دو خط عمود بر هم برای گونیا کردن 95
- شکل 6-4. رسم دو خط عمود بر هم در یک گوشه، برای گونیا کردن زمین..... 96
- شکل 6-5. امتداد دادن خطوط AB و AC در گوشه‌های زمین برای گونیا کردن کل سطح..... 96

- شکل 6-6. رسم خطوط موازی AC در کل سطح زمین برای مشخص نمودن فاصله بین ردیف‌های کاشت. 96
- شکل 6-7. رسم خطوط موازی AB (عمود بر AC) در کل سطح زمین برای تعیین فاصله کاشت نهال‌ها روی هر ردیف 97
- شکل 6-8. رشد مناسب درختان مرکبات با سیستم جوی و پشته‌ای 98
- شکل 6-9. سیستم جوی و پشته‌ای با ارتفاع و همچنین شیب مناسب طرفین 98
- شکل 6-10. کاشت نهال‌های مرکبات، نصب قیم و استفاده از بوم‌های مناسب برای استفاده مناسب از علف‌کش‌ها 104
- شکل 6-11. تشکیل پودر سفیدرنگ در سطح خاک پس از آبیاری 111

فصل اول

کلیات

سطح زیر کشت مرکبات در جهان حدود 8/5 میلیون هکتار می باشد (آمارنامه مرکبات، 2016). چین بیشترین سطح زیر کشت مرکبات دارد که بالغ بر دو میلیون هکتار است و کمترین سطح زیر کشت مربوط به اندونزی با سطح زیر کشت 72400 هکتار می باشد. تولید جهانی مرکبات حدود 116 میلیون تن است. در تولید جهانی، سهم تولید انواع نارنگی، لیمو و گریپ فروت به ترتیب 22/7، 12/60 و 3/84 درصد است. کشورهای برزیل، امریکا، اسپانیا و مکزیک بزرگ ترین تولیدکنندگان پرتقال و چین و اسپانیا مهم ترین تولید کنندگان نارنگی در جهان هستند. کشورهای هند، امریکا و ایتالیا سرآمد تولیدکنندگان گریپ فروت در جهان به شمار می روند. برزیل با تولید حدود 20/7 میلیون تن، چین با تولید 19/6 میلیون تن و امریکا با 10 میلیون تن بیشترین میزان تولید را به خود اختصاص داده اند (آمارنامه مرکبات، 2016). سطح زیر کشت مرکبات کل ایران، حدود 290 هزار هکتار است که 82/8 درصد آن را درختان بارور و 17/2 درصد را نهال مرکبات تشکیل می دهد. از این نظر، کشور ایران در رتبه هشتم در جهان قرار دارد. استان مازندران با 34/6 درصد اراضی بارور مرکبات کشور، بیشترین سطح زیر کشت مرکبات را به خود اختصاص داده است. استان های فارس، هرمزگان، کرمان (جیرفت و کهنوج) و گیلان به ترتیب پس از آن قرار دارند. تولید مرکبات کشور حدود 5/97 میلیون تن است (آمارنامه کشاورزی، 1401). از نظر میزان تولید مرکبات، ایران در رده هفتم جهان قرار دارد. استان مازندران در بین استان ها، با 45/1 درصد از کل تولید این محصول، بیشترین مقدار تولید را داشته است. از لحاظ میزان عملکرد در هکتار، ایران در رتبه نهم جهان قرار دارد.

رشد و نمو مرکبات شامل مراحل مختلفی است که بر حسب زمان و مکان توسط عوامل مختلف درونی و بیرونی کنترل می شود. عوامل درونی شامل ژنتیک، پایه و تعادل

هورمونی است. عوامل بیرونی شامل آب‌وهوا، خاک، عملیات باغبانی و مدیریت کف باغ است. مهم‌ترین مراحل رشدی میوه مرکبات شامل: تورم جوانه؛ شروع گلدهی؛ تمام گل؛ پایان ریزش گلبرگ‌ها؛ تقسیم سلولی؛ ریزش فیزیولوژیکی؛ بزرگ‌شدن و توسعه سلولی؛ تغییر رنگ؛ بلوغ میوه؛ برداشت و پس از برداشت است. عوامل محیطی به‌ویژه درجه‌حرارت و آب، تنظیم‌کننده زمان و حجم گل‌دهی در مرکبات هستند. به همین دلیل طول دوره تولید گل و نیز شدت گل‌دهی باتوجه‌به شرایط اقلیمی متفاوت است. علاوه بر این، عوامل مذکور ممکن است در تنظیم نوع گل‌های تولیدی، پراکنش گل‌ها روی درخت، درصد تشکیل میوه و در نهایت بر عملکرد درخت، نقش تنظیم‌کنندگی قابل‌توجهی داشته باشند. اغلب گونه‌های مرکبات در نواحی نیمه‌گرمسیر با زمستان‌های سرد فقط یک‌بار در سال (در اوایل بهار) گل می‌دهند. اما در نواحی گرمسیر و ساحلی ممکن است درختان در طول سال چندین بار گل داده و یا اینکه دوره گل‌دهی بسیار طولانی داشته باشند (گل‌عین، 1396؛ گل‌عین و عدولی، 1397). عواملی چون بیماری‌ها، بارندگی یا آبیاری سنگین پس از یک دوره طولانی خشکی نیز می‌تواند موجب تسریع در گل‌دهی مرکبات شود (عدولی، 1396). علاوه بر نقش تغذیه و عملیات باغبانی در تعیین الگوی گل‌دهی مرکبات، مقدار محصول و مدت‌زمان نگهداری آنها روی تاج درختان در سال قبل، نیز در گل‌دهی تأثیر زیادی دارد. برای مثال، تأخیر در برداشت محصول می‌تواند کاهش قابل‌ملاحظه‌ای را در گل‌دهی سال آتی داشته باشد. شاخص مجموع حرارتی سالیانه نیز در گل‌دهی مرکبات اهمیت زیادی دارد. حداقل حرارت مورد نیاز برای شروع رشد (صفر فیزیولوژیکی)، حدود 13 درجه سانتی‌گراد است و متوسط دمای مناسب جهت رشد مطلوب 18/5 درجه سانتی‌گراد است (عدولی و همکاران، 1391؛ توکلی و همکاران، 1397).

مرکبات بین عرض‌های جغرافیایی 23/5 تا 40 درجه شمالی و جنوبی از خط استوا با خاک مناسب و رطوبت کافی در صورت عدم یخبندان تولید می‌شود؛ لیکن به نظر می‌رسد در سطوح تجاری، مناطق عمده تولید مرکبات در نواحی نیمه‌گرمسیر بالاتر از 23/5 درجه شمالی و جنوبی قرار دارند. درجه حرارت بیشتر، موجب تسریع بلوغ فیزیولوژی میوه مرکبات می‌شود و اندازه میوه بزرگ‌تر خواهد شد. افزایش نوسانات دمایی روزانه (اختلاف میانگین دمای شب و روز) موجب افزایش تجمع قند و تسریع در رنگ‌گیری و بهبود کیفیت رنگ میوه می‌شود. دمای متوسط برای فعالیت‌های فتوسنتزی در مناطق مرطوب بین

28-30 درجه سانتی‌گراد و در مناطق خشک 15-22 درجه سانتی‌گراد است. به دلیل تأثیر دما در رشد شاخه‌ها، وضعیت رشد رویشی شاخه‌ها در مناطق نیمه‌گرمسیری تابع یک چرخه دو مرحله‌ای بوده در صورتی که در مناطق گرمسیری این رشد در طول سال به طور مستمر ادامه دارد. دمای محیط به طور مستقیم در نمو و ریزش میوه دخالت دارد. برای میوه‌های مرکبات در مرحله نمو و رسیدن، هوای گرم و مرطوب نظیر شمال و میناب مناسب‌تر است. به دلیل تأثیر دما در کیفیت میوه، معمولاً در بررسی اثر دما از مدل درجه حرارت-روز، جهت مقایسه دمای نواحی مختلف استفاده می‌شود. در این حالت میزان اسید کل می‌تواند بهترین شاخص جهت تعیین بلوغ میوه باشد.

مرکبات را می‌توان در گروه گیاهان روزخنی طبقه‌بندی کرد، زیرا گل‌دهی آن در دوره‌های نوری 8 تا 15 ساعت اتفاق می‌افتد. این محدوده، عرض‌های جغرافیایی تا 36 درجه شمالی و جنوبی را نیز شامل می‌شود. درختان مرکبات به نور حساس هستند. درختانی که تحت شرایط شدت نوری بالا رشد می‌کنند تولید شاخساره‌های کم‌رنگ می‌کنند؛ درحالی‌که درختان رشد یافته تحت شرایط سایه، دارای برگ‌های سبز تیره هستند. شرایط نیمه سایه تولید میوه‌های با کیفیت بالا نموده ولی در مقابل، سایه‌دهی زیاده‌موجب کاهش کیفیت میوه می‌شود. ارتفاع از سطح دریا نیز در انتخاب محل احداث باغ مرکبات اهمیت زیادی دارد. در شرایط معمول، به‌ازای هر 100 متر افزایش ارتفاع، دما حدود یک درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. بر این اساس کشت مرکبات معمولاً در ارتفاعات نسبتاً پایین انجام می‌شود. البته در مناطق نزدیک به خط استوا، کشت مرکبات در ارتفاعات بالاتر نیز امکان‌پذیر است. بیشتر ارقام مرکبات حساس به تنش سرما و یخبندان هستند، اما سازگاری سرد (قرار گرفتن در معرض دماهای پایین بدون یخ‌زدگی برای مدت معینی) می‌تواند تحمل درختان به تنش سرما و یخبندان افزایش دهد. تحمل یا حساسیت بافت‌ها و اندام‌های مختلف مرکبات نسبت به تنش سرما و یخبندان یکسانی نیست. گل‌ها حساس‌ترین و بافتهای چوبی متحمل‌ترین اندام‌ها به تنش سرما و یخبندان هستند. در بین ارقام مرکبات، نارنگی‌ها بیشترین تحمل به سرما دارند. پرتقال، گریپ‌فروت، لیمو و لایم به ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند. در بین پایه‌های مرکبات،

رافلمون حساس‌ترین و پونسیروس و دورگ‌های آن بیشترین تحمل به تنش سرما و یخبندان دارند.

خاک‌های عمیق با بافت متوسط (لوم شنی) و زهکشی خوب برای کشت مرکبات بسیار مناسب هستند، اما معمولاً این خاک‌ها به علت رقابت برای کشت دیگر محصولات، کمتر به مرکبات اختصاص داده می‌شوند و همچنین کمتر قابل‌دسترس هستند؛ بنابراین برای افزایش سطح زیر کشت مرکبات، می‌توان از زمین‌های باقابلیت پایین‌تر نیز استفاده کرد. معمولاً مرکبات در اراضی مختلف با دامنه گسترده‌ای از محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی (مانند اراضی با سطح آب زیرزمینی بالا، زهکشی ضعیف، همچنین خاک‌های با آهک، شوری، pH قلیایی یا اسیدی متوسط) نیز کشت می‌شوند. اما این محدودیت‌ها باید آگاهانه و علمی برای رسیدن به یک تولید مناسب مدیریت شوند؛ بنابراین قبل از کشت مرکبات در یک منطقه، انجام آزمایش خاک، شناخت محدودیت‌ها و مدیریت آن‌ها برای کشت مرکبات از اهمیت بسیاری برخوردار است و برای موفقیت در کشت مرکبات و رسیدن به عملکرد مناسب، تناسب اراضی خاک ضرورت دارد؛ لذا پیشنهاد می‌شود که احداث باغ‌های جدید مرکبات با بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین وضعیت اقلیمی منطقه انجام شود. در سال‌های اخیر تغییرات نامنظم آب‌وهوا و تشدید تنش‌های اقلیمی در کشور (به‌ویژه در مناطق عمده تولید تجاری مرکبات کشور مانند استان‌های مازندران، فارس و هرمزگان)، یک عدم اطمینان از پایداری تولید را برای باغ‌داران مرکبات ایجاد کرده است. این تغییرات نامنظم آب‌وهوا، افزایش رخداد و تشدید روزافزون تنش‌های اقلیمی، اراده ملی را برای کاهش یا ممانعت از تغییرات شدید اکولوژی و پایداری تولید، بیش‌ازپیش تشدید می‌کند. بررسی اجزاء مختلف پایداری تولید ارقام مختلف مرکبات نشان داده است که اقلیم (آب‌وهوا) و خاک و البته مدیریت باغ از مهم‌ترین عوامل موفقیت یا عدم موفقیت کشت و تولید تجاری مرکبات در هر منطقه‌ای هستند. به نظر نگارندگان، محدوده اقلیمی نخستین چالش باغ‌داران برای رسیدن به پتانسیل تولید است؛ بنابراین تعیین نُرم‌های اقلیمی علاوه بر نُرم‌های خاکی از مهم‌ترین اولویت‌های مطالعاتی و تحقیقاتی برای مدیریت الگوی کشت در هر منطقه‌ای می‌باشد. توسعه نرم ویژگی‌های مختلف خاک برای درختان میوه (مرکبات) موجب درک بیشتر و مدیریت مناسب‌تر محدودیت‌ها بر اساس روابط خاک و گیاه می‌شود و امکان حداکثر

استفاده از پتانسیل خاک را برای باغداران فراهم می‌سازد؛ بنابراین استفاده از پتانسیل تولید خاک همراه با مدیریت احداث باغ، مدیریت حاصلخیزی خاک، مدیریت تغذیه و آبیاری درختان میوه موجب افزایش کمیت و کیفیت تولید، افزایش پایداری تولید و همچنین افزایش راندمان تولید، کاهش هزینه و افزایش سود اقتصادی باغداران در واحد سطح خواهد شد.

عملکرد در واحد سطح، مهم‌ترین عامل سودآوری بلندمدت تولیدکنندگان مرکبات است. به نظر نگارندگان افزایش تراکم کشت، مدیریت تغذیه و آبیاری متناسب با فنولوژی رشد رویشی و زایشی و همچنین مدیریت باغبانی با شناخت فیزیولوژی درختان از راهکارهای کلیدی برای افزایش سودآوری، تولید زود هنگام (کاهش فاصله زمانی بین احداث باغ و تولید اقتصادی) و پایداری تولید می‌باشند. مدیریت فشرده کوددهی (مقدار، نوع، زمان و روش مصرف کودهای شیمیایی)، آبیاری (حجم و زمان آبیاری) و همچنین مدیریت توزیع تراکم ریشه (تجمع در محل مصرف آب و کود) موجب افزایش کارایی استفاده از آب و عناصر غذایی، کاهش هدررفت عناصر غذایی از منطقه ریشه و افزایش رشد و عملکرد خواهند شد. افزایش رشد درختان پس از احداث باغ با به‌کارگیری و مدیریت این عملیات فشرده، زمان لازم برای رسیدن به تولید اقتصادی را کاهش می‌دهد، لذا با شناخت مراحل فیزیولوژی بحرانی درختان و مدیریت درختان مطابق با این مراحل (نه مدیریت سنتی معمول کنونی)، می‌توان شرایط مطلوب را برای استفاده مؤثرتر از نهاده‌ها و همچنین افزایش عملکرد درختان در واحد سطح فراهم نمود.

در نگارش این دست‌نامه تلاش شده است بیشتر به اهمیت ویژگی‌های مهم خاکی در احداث باغ، مدیریت نوین و پیشرفته احداث باغ بر اساس تفسیر نتایج تجزیه خاک و اراضی مناسب برای باغ مرکبات پرداخته شود؛ لذا در فصول مختلف آن، تفسیر ویژگی‌ها و محدودیت‌های خاکی برای احداث باغ مانند بافت خاک، ساختمان خاک، آهک خاک، عمق خاک، سطح آب زیرزمینی و نوسان آن، فشردگی و تراکم خاک، مانداب سطحی و زهکش نامناسب، شوری خاک و همچنین مدیریت آبیاری، پارامترهای خاکی و مدیریت انتخاب پایه و نهال، مدیریت کاشت (تسطیح، آماده‌سازی، قطعه‌بندی، طراحی و نقشه کاشت، پشته‌سازی و غنی‌سازی بستر)، امکان اختلاط کودها، مدیریت کودآبیاری برای

درختان جوان مرکبات مورد بحث قرار گرفته است.

فصل دوم

انتخاب اراضی برای کشت مرکبات

خاک‌های عمیق با بافت متوسط (لوم شنی) و زهکشی خوب برای کشت مرکبات بسیار مناسب هستند، اما معمولاً این خاک‌ها به علت رقابت برای کشت دیگر محصولات، کمتر به مرکبات اختصاص داده می‌شوند و همچنین کمتر قابل‌دسترس هستند؛ بنابراین؛ بنابراین برای افزایش سطح زیر کشت مرکبات، می‌توان از زمین‌های باقابلیت پایین‌تر نیز استفاده کرد. معمولاً مرکبات در اراضی مختلف با دامنه گسترده‌ای از محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی (مانند اراضی با سطح آب زیرزمینی بالا، زهکشی ضعیف، همچنین خاک‌های با آهک، شوری، قلیائیت یا اسیدیته متوسط) نیز کشت می‌شوند. اما این محدودیت‌ها باید آگاهانه و علمی برای رسیدن به یک تولید مناسب مدیریت شوند. معمولاً هر زمینی دو نوع محدودیت دارد:

1. محدودیت‌های موقتی
2. محدودیت‌های دائمی

محدودیت‌های موقتی، ویژگی‌هایی هستند که اثر بیشتری روی قابلیت زمین (مانند پایین‌بودن قابلیت استفاده عناصر غذایی و مشکلات خفیف زهکشی) دارند و با مدیریت مناسب می‌توانند رفع شده یا بهبود یابند. اما محدودیت‌های دائمی آنهایی هستند که به‌آسانی قابل‌تغییر نیستند (مانند شیب زمین، عمق خاک، خاک‌های در معرض تنش غرقاب و برخی سازگاری‌های اقلیمی). معمولاً اراضی با استفاده از محدودیت‌های دائمی کلاس‌بندی می‌شوند که شامل شاخص‌های عمومی پروفیل خاک مانند بافت خاک، شیب زمین، وضعیت منطقه مانند شوری، کیفیت آب و زهکشی، بارندگی و درجه‌حرارت منطقه می‌باشد؛ بنابراین قبل از کشت مرکبات در یک منطقه، تناسب اراضی خاک آن منطقه برای کشت مرکبات از اهمیت بسیاری برخوردار است و برای موفقیت در کشت مرکبات و رسیدن به عملکرد مناسب، تناسب اراضی خاک ضرورت دارد؛ لذا پیشنهاد می‌شود که

احداث باغ‌های جدید مرکبات با بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین وضعیت اقلیمی منطقه انجام شود. ویژگی‌های مطلوب برای کاشت باغ مرکبات در جدول 1-2 آمده است.

از نظر تنوری، خاک‌های عمیق، یکنواخت با بافت لومی و زهکشی تقریباً خوب، بدون آهک با pH کمی اسیدی، مناسب‌ترین خاک‌ها برای کشت مرکبات هستند (بنیاهیا و همکاران، 2011). اما چنین خاک‌های ایده‌آلی کمتر یافت می‌شوند. در واقع از نظر عملی، کشت مرکبات و تولید میوه باکیفیت خوب در دامنه گسترده‌ای از خاک‌ها می‌تواند انجام شود، به‌طوری‌که حداکثر تولید مرکبات در دنیا از خاک‌های شنی تا رسی، خاک‌های کم‌عمق با عمق حداکثر 30 سانتی‌متر، خاک‌های با لایه رسی‌شنی تقریباً نفوذناپذیر در لایه‌های زیرین (سواحل استرالیا)، خاک‌های دارای سخت کفه در عمق حدود 50 سانتی‌متری (کالیفرنیا)، خاک‌های رسی بسیار سنگین با سطح آب زیرزمینی در 120 سانتی‌متری (کالیفرنیا)، خاک‌های با سطح آب زیرزمینی ثابت در 50 تا 60 سانتی‌متری (فلوریدا) و خاک‌های با دامنه pH از 4/5 تا 8/5 حاصل شده است. خاک‌های زیر کشت مرکبات با خاک‌های زیر کشت محصولات زراعی اختلاف دارند؛ زیرا خاک‌های تحت کشت محصولات دیگر حدود 3 تا 6 ماه در سال به‌صورت آیش باقی می‌مانند و این آیش معمولاً موجب کاهش مواد آلی این خاک‌ها می‌شود. پژوهش‌های متعدد نشان داده است که مواد آلی خیلی کمی در طول مرحله آیش به خاک‌ها افزوده می‌شوند درحالی‌که اکسیداسیون بیولوژیکی مواد آلی تقریباً ثابت باقی می‌ماند؛ بنابراین کربن و نیتروژن آلی در این خاک به طور مرتب کاهش می‌یابد. فشردگی خاک‌ها (با مقدار متفاوت مواد آلی) سبب کاهش تخلخل کل خاک می‌شود (که معمولاً ناشی از کاهش منافذ با قطر مؤثر یک میلی‌متر یا بیشتر می‌باشد). این منافذ بیشترین نقش را در تهویه و جذب آب دارند. همچنین فشردگی خاک موجب کاهش در حجم منافذ با قطر کمتر از 0/2 میلی‌متر می‌شود که حاوی آب می‌باشند، البته این آب معمولاً برای درختان میوه غیرقابل دسترس یا کمتر قابل دسترس است. به‌طور کلی نتیجه فشردگی، کاهش خصوصیات هیدروفیزیکی خاک است. در خاک‌های با وزن مخصوص ظاهری مطلوب و مقدار رطوبت معادل با ظرفیت مزرعه‌ای، نسبت مقدار هوا و رطوبت مؤثر باید نزدیک به 1:1 تا 1:1/5 باشد که وضعیت مناسبی برای باروری خاک است؛ بنابراین در همه این شرایط، تولید موفق مرکبات امکان‌پذیر است که

بیشتر به علت شرایط اقلیمی مناسب و مدیریت دقیق تغذیه و آبیاری است. به عنوان مثال، در حالی که تولید موفق مرکبات روی شن‌های تقریباً خالص فلوریدا فراهم شده است این تولید، هرگز در خاک‌های با چنین بافتی در شرایط اقلیمی کالیفرنیا اتفاق نخواهد افتاد. علت ظاهری چنین تفاوتی، توزیع مناسب بارندگی در فلوریدا است (تقریباً 1250 میلی‌متر بارندگی سالانه همراه با رطوبت نسبی مناسب) در صورتی که تحت شرایط گرمای شدید تابستان و رطوبت نسبی پایین کالیفرنیا، اجتناب از تنش‌های رطوبتی تقریباً غیرممکن است؛ بنابراین در این شرایط تولید بالای مرکبات به آسانی امکان‌پذیر نیست.

جدول 2-1. ویژگی‌های مطلوب خاک برای احداث باغ مرکبات (اسدی کنگرهای و همکاران، 1396؛ زین‌الدینی و همکاران، 1398)

ویژگی خاک	مطلوب برای کشت مرکبات	ملاحظات
بافت	شن لومی، لومی، لوم شنی و لوم سیلتی	بافت‌های سبک، مناسب‌ترین بافت برای کشت مرکبات هستند
عمق آب زیر زمینی	1/5 متر از سطح زمین	-
وضعیت زهکشی	خوب	به طوری که آب اضافی نباید در سطح و داخل خاک جمع شود
درصد سدیم تبادل (ESP)	کمتر از 5	دامنه قابل تحمل 10 - 2 درصد می‌باشد
شوری عصاره اشباع (ECe)	حد آستانه 1/7 (دسی‌زیمنس بر متر)	برخی ژئوتیپ‌های مرکبات، شوری حدود 5 دسی‌زیمنس بر متر را نیز با مدیریت مناسب تحمل می‌کنند. اما به ازای هر واحد شوری بیشتر از حد آستانه، حدود 10 تا 15 درصد کاهش در پتانسیل عملکرد وجود دارد.
عمق	1/5 متر	-
گچ	کمتر از 2 درصد	-
pH	5/5 - 7/5	-
وزن مخصوص ظاهری (فشرده‌گی)	1/3 - 1/1 (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	وزن مخصوص ظاهری بیشتر از 1/6 گرم بر سانتی‌متر مکعب برای کشت مرکبات نامناسب است. حداکثر فشار ریشه مرکبات حدود 1500 کیلوپاسکال است بنابراین فشرده‌گی بیشتر، موجب کاهش رشد ریشه می‌شود.
آهک (درصد)	کمتر از 5 درصد	دامنه تحمل آهک، باتوجه به نوع پایه بسیار متفاوت است، پایه‌های پونسپروس تا 5 درصد، سیتروملوها تا 10 درصد، سیترنجها تا 20 درصد و نارنج، کلوپاتراماندارین، لیموشیرازی (مکزیکن لایم) و رافلمون بیشتر از 20 درصد نیز به خوبی تحمل می‌کنند. البته این دامنه باتوجه به بافت خاک، مقدار آهک فعال و ماده آلی خاک می‌تواند تغییر کند.

فصل سوم

ویژگی‌های خاکی و مدیریت احداث باغ

قبل از هر اقدامی برای احداث باغ، انجام مطالعات خاک‌شناسی و تناسب اراضی توصیه می‌شود (سریواستاوا و سینگ، 2002). برای انجام مطالعات خاک‌شناسی، حفر حداقل یک پروفیل در هکتار به ابعاد یک متر عرض، دو متر طول و یک و نیم متر عمق نیاز است (شکل 1-3). سپس با استفاده از مشخصات ظاهری مانند رنگ خاک، تغییرات شدید آهک، تغییرات شدید رس، ماده آلی، ساختمان، سفتی، تراکم خاک و... افق‌ها و لایه‌های خاک مشخص خواهد شد. همچنین سطح آب زیرزمینی و نوسان آن، درجه مانداب سطحی و زمان رخداد آن و... تعیین خواهد شد. برای تعیین و شناخت دقیق ویژگی‌ها و محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی توصیه می‌شود از هر لایه یا افق خاک در نیمرخ پروفیل خاک، یک نمونه تهیه شود. این نمونه‌ها به آزمایشگاه ارسال شده و تجزیه‌های لازم انجام شود و سپس با استفاده از نتایج مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، تفسیرهای لازم برای احداث باغ مرکبات انجام شود.

در انتخاب محل احداث (سایت) باغ، تعیین پارامترهایی مانند بافت خاک، عمق خاک، شوری و سدیمی بودن خاک، تراکم و فشردگی خاک، pH خاک و همچنین ویژگی‌های آب آبیاری و حاصلخیزی عمومی خاک مانند مواد آلی و قابلیت استفاده عناصر غذایی مانند پتاسیم، فسفر، منیزیم، آهن، منگنز، روی و همچنین کلسیم (در خاک‌های در معرض تنش مانداب، خاک‌های اسیدی و...) از اهمیت زیادی برخوردار است (اسدی کنگرگاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ تدین و رستگار، 1384؛ تدین و همکاران، 1400). در سایت‌هایی که قبلاً مرکبات، سبزی و صیفی کشت شده است مقدار مس قابل استفاده خاک نیز باید اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گیرد. به علت تحرک بسیار کم مس در خاک، این عنصر به طور عمده در لایه‌های سطحی خاک تجمع می‌یابد و تحت تأثیر شستشو نیز قرار نمی‌گیرد؛ بنابراین مصرف زیاد قارچ‌کش‌های حاوی مس مانند اکسی کلرور مس و محلول‌های بردو موجب تجمع مس در سطح خاک و منطقه ریشه درختان

می‌شود. تجمع زیاد مس در منطقه ریشه درختان مرکبات، موجب اختلال شدید در جذب آهن، کلروز و ریزش برگ می‌شود. اگر pH خاک، اسیدی (5/5 یا کمتر) باشد باید با افزودن آهک، به 6/5 - 6 افزایش یابد. اگر درختان مرکبات دارای تجمع مس قابل‌استفاده در لایه‌های سطحی خاک باشند pH باید به بالاتر از 6/5 افزایش یابد.

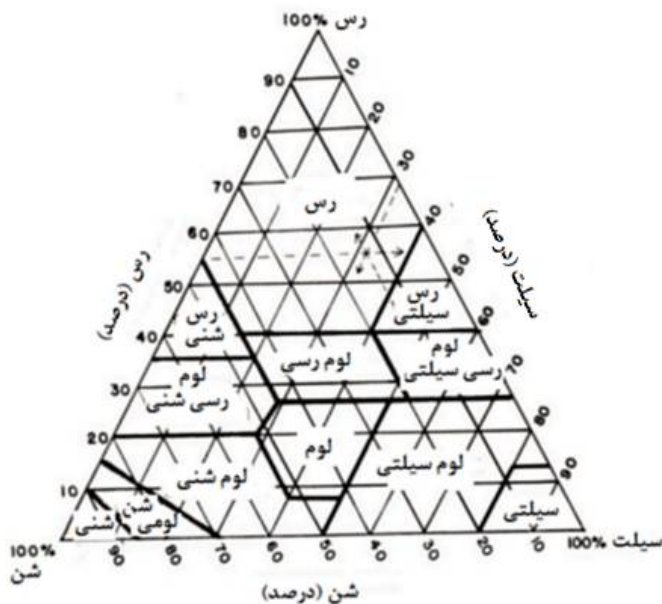
اما اگر خاک، آهکی باشد تلاش برای کاهش pH مؤثر واقع نخواهد شد. معمولاً پس از احداث باغ، اصلاح حاصلخیزی خاک‌های با آهک زیاد و مواد آلی کم، بسیار مشکل است (لوپرت و هماران، 1994؛ خویی، 1360). هزینه‌های اضافی احداث، همراه با هزینه‌های مدیریت درختان در چنین خاک‌هایی سبب اختلاف بیشتر بین هزینه و سود، به‌ویژه در اوایل دوره باردهی درختان می‌شود (لوزدا و همکاران، 2008؛ کاسگارتن و همکاران، 1999 و 2004؛ کاسگارتن و کیتو، 2001). نوسازی باغ‌های قدیمی توسط بسترسازی مجدد می‌تواند اثر زیادی در حاصلخیزی، ظرفیت نگهداری آب و حجم ریشه‌دهی درختان داشته باشد. در اغلب موارد، نوسازی با بسترسازی مناسب از سود اقتصادی بیشتری برخوردار خواهد بود؛ اما در برخی موارد اگر مواد با pH بالا (آهک زیاد لایه‌های پایینی) یا رس زیاد از لایه‌های پایینی به منطقه ریشه منتقل شوند ممکن است مشکلاتی برای درختان ایجاد نمایند، بنابراین باید تلاش شود که حتی‌الامکان از انتقال آهک یا رس از لایه‌های زیرین به سطح خاک اجتناب شود.



شکل 3-1. احداث پروفیل خاک برای شناخت ویژگی‌های خاک در لایه‌های زیرین جهت احداث باغ

3-1. بافت خاک و تغییرات آن در پروفیل خاک

بافت خاک شامل ذرات شن، سیلت و رس است که به آنها ذرات ریز یا ذرات اولیه نیز اطلاق می‌شود و قطر کمتر از دو میلی‌متر دارند. قطر ذرات رس کمتر از 0/002 میلی‌متر (دو میکرون)، قطر ذرات سیلت از 0/002 میلی‌متر (دو میکرون) تا 0/02 میلی‌متر (20 میکرون) و قطر ذرات شن از 0/02 میلی‌متر (20 میکرون) تا دو میلی‌متر (2000 میکرون) می‌باشد. در واقع، بافت خاک مقدار نسبی ذرات شن، سیلت و رس را در خاک‌های معدنی نشان می‌دهد (شکل 2-2). اما به ذرات بزرگ‌تر از دو میلی‌متر، ذرات درشت گویند. بافت خاک بر میزان نگهداری آب در خاک (بعد از زهکشی ثقلی) و سرعت تخلیه آب از خاک تأثیر زیادی دارد. برای مثال، بیشتر خاک‌های مرکبات که دارای مقدار زیادی شن در منطقه ریشه هستند به علت ظرفیت نگهداری پایین به مدیریت آبیاری فشرده‌تری (حجم آب کمتر با دوره زمانی کوتاه‌تر) نیاز دارند حجم زیاد آب مصرفی در هر آبیاری (در یک‌زمان) می‌تواند موجب آب‌شویی شدید عناصر غذایی شود. اغلب خاک‌های بافت درشت، فاقد ظرفیت لازم برای نگهداری آب و عناصر غذایی هستند و در مقابل، خاک‌های بافت ریز نیز اغلب مشکل ساختمانی و زهکشی دارند (دولتشاهی و همکاران، 1385؛ رامشنی و بنایی، 1362). به‌طور کلی کلاس‌های بافت خاک در جدول 3-1 نشان داده‌شده است. کلاس‌های متوسط و نسبتاً درشت (لوم شنی، لوم شنی ریز، لوم شنی خیلی ریز، لوم، لوم سیلتی و سیلتی)، مناسب‌ترین کلاس‌های بافت خاک برای کاشت مرکبات هستند. بافت‌های لوم رسی سیلتی، لوم رسی، لوم رسی شنی نسبتاً مناسب هستند و ممکن است نیاز به تغییراتی داشته باشند یا باید پایه یا پایه‌های سازگار برای آنها انتخاب شود. اما بافت‌های ریز (رسی، رس شنی و رس سیلتی) و درشت (شنی، شن لومی) نامناسب هستند و به تغییرات فیزیکی یا مدیریت خاص کاشت و داشت نیاز دارند (شکل 3-2). مدیریت آبیاری و تغذیه درختان مرکبات در بافت‌های باکلاس مختلف، متفاوت است و معمولاً در کلاس‌های بافت درشت به مدیریت آبیاری و تغذیه دقیق و فشرده‌تری نیاز است.



شکل 3-2. جدول تعیین بافت خاک باتوجه به مقدار نسبی درصد ذرات شن (sand)، سیلت (silt) و رس (clay) در خاک (باشور و سایه، 2007)

جدول 3-1. کلاس بندی بافت خاک (سریواستاوا و سینگ، 2002؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

کلاس بافت	بافت
درشت (سبک)	شنی، شن لومی
نسبتاً درشت (نسبتاً سبک)	لوم شن، لوم شن ریز
متوسط	لوم شن خیلی ریز، لوم، لوم سیلتی و سیلتی
نسبتاً ریز (نسبتاً سنگین)	لوم رسی سیلتی، لوم رسی، لوم رسی شن
ریز (سنگین)	رسی، رس شن و رس سیلتی



شکل 3-3. تأثیر بافت سنگین خاک (رس زیاد) در ایجاد ماندآب سطحی خاک و زوال و خشکیدگی سرشاخه‌ها

3-2. ساختمان خاک و تغییرات آن در پروفیل خاک

ساختمان خاک، تجمع ذرات اولیه و تشکیل ذرات ثانویه است. معمولاً این گردهمائی توسط موادی مانند کربنات کلسیم، مواد آلی، رس‌های خاک، اکسیدهای آهن و آلومینیم انجام می‌شود. شکل این گردهمائی، اندازه و همچنین درجه چسبندگی آنها به همدیگر (ضعیف یا قوی بودن قوی ساختمان)، در توصیف ساختمان خاک به کار می‌روند. شکل

گردهمائی را معمولاً به وسیله ابعاد آن (طول، عرض و ارتفاع) توصیف می‌کنند. بر اساس ابعاد افقی و عمودی چهار نوع ساختمان وجود دارد (گروه مطالعات خاک، 1993):

1. ساختمان صفحه‌ای¹: ساختمانی است که ابعاد افقی آن (طول و عرض) رشد خوبی دارند؛ ولی رشد بعد عمودی کم است که از نظر کشاورزی ساختمان بسیار ضعیفی است و به طور عمده در قسمت سطحی رسوبات و همچنین در خاک‌های با مقدار ماده آلی کم دیده می‌شود. این ساختمان، ضعیف‌ترین ساختمان برای محصولات باغبانی و به‌ویژه درختان میوه از جمله درختان مرکبات است.

2. ساختمان منشوری²: اندازه ابعاد افقی (طول و عرض) کم است، اما رشد بعد عمودی (ارتفاع) بسیار زیاد است. این نوع ساختمان را می‌توان با توجه به شکل انتهای بعد عمودی منشور، تقسیم‌بندی کرد. اگر انتهای منشور صاف باشد به آن ساختمان منشور مانند³ گفته می‌شود، اما اگر انتهای منشور هلالی باشد به آن ساختمان ستونی⁴ گفته می‌شود. این نوع ساختمان بیشتر در مناطق خشک با سدیم زیاد وجود دارد و احداث باغ مرکبات در این خاک‌ها توصیه نمی‌شود.

3. ساختمان مکعبی⁵: ابعاد افقی (طول و عرض) و عمودی (ارتفاع) تقریباً رشدشان هم اندازه (مانند مکعب) است. این ساختمان با توجه به گوشه‌های مکعب (زاویه‌دار یا هلالی) تقسیم‌بندی می‌شود. اگر گوشه‌ها زاویه‌دار باشند به آن ساختمان بلوکی زاویه‌دار⁶ گویند. اما اگر گوشه‌های مکعب، هلالی باشند، ساختمان بلوکی غیر زاویه‌دار⁷ گفته می‌شود. این ساختمان بیشتر در تحت الارض خاک‌های مناطق مرطوب یافت می‌شود. احداث باغ مرکبات در خاک‌های با این ساختمان، مشکلی از نظر باغداری ندارد.

4. ساختمان کروی شکل⁸: ابعاد افقی و عمودی هم اندازه دارند؛ ولی کوچک‌تر از ساختمان مکعبی هستند. اگر داخل این ساختمان، حفره حفره نباشد به آن ساختمان

¹ - Plate-like structure

² - Prism-like structure

³ - Prismatic

⁴ - Columnar

⁵ - Block-like structure

⁶ - Angular blocky structure

⁷ - Subangular blocky structure

⁸ - Spheroidal structure

کروی گرانوله‌ای¹ گفته می‌شود، اما اگر حفره حفره باشد به آن ساختمان کروی خوشه‌ای² گویند. این ساختمان بیشتر در سطح الارض خاک‌های با مقدار زیاد ماده آلی وجود دارد و اگر در آن خاک، فعالیت میکروبی نیز زیاد باشد ساختمان خوشه‌ای ایجاد می‌شود. این ساختمان مناسب‌ترین ساختمان خاک برای درختان میوه از جمله درختان مرکبات است.

همچنین خاک‌ها باتوجه به درجه گردهمائی (ضعیف یا قوی بودن قوی ساختمان) نیز به چهار درجه تقسیم می‌شوند:

1. خاک‌های بدون ساختمان³: هیچ نوع گردهمائی بین ذرات اولیه وجود ندارد، اگر خاک، سنگین (بافت ریز) باشد و بین ذرات اولیه گردهمائی وجود نداشته باشد به آن توده‌ای⁴ گفته می‌شود؛ اما اگر خاک، سبک (بافت درشت) باشد و بین ذرات اولیه گردهمائی وجود نداشته باشد به آن دانه‌ای⁵ گویند.

2. درجه ضعیف⁶: بخش کمی از خاک به شکل خاکدانه و بیشتر آن بدون ساختمان می‌باشد.

3. درجه متوسط⁷: اگر به برش عمودی پروفیل توجه شود تقریباً نصف آن به شکل خاکدانه و نصف دیگرش بدون ساختمان می‌باشد.

4. درجه قوی⁸: بخش عمده خاک به شکل خاکدانه و بخش بسیار کمی بدون خاکدانه است.

بنابراین ساختمان خاک به مدیریت فیزیکی ذرات خاک بر می‌گردد و به طور عمده، تحت تأثیر مقدار نسبی شن، سیلت، رس و مواد آلی است. خاکدانه‌ها از به هم پیوستن ذرات خاک توسط عوامل سیمانی، شکل می‌گیرند و طبیعت خاکدانه‌ها، تخلخل خاک را تعیین می‌کند که در آن ریشه‌ها رشد می‌کنند. منافذ خاک باید بزرگ‌تر از نوک ریشه‌ها

¹- Granular

²- Cramp

³- Structure less

⁴- Massive

⁵- Single grain

⁶- Weak grade

⁷- Moderate grade

⁸- Strong grade

باشند تا ریشه‌ها بتوانند به‌خوبی توسعه یابند. تخلخل خاک و طبیعت آنها، جریان آب و انتشار یون‌ها به ریشه گیاه را تنظیم می‌کند. ساختمان خاک در رشد ریشه و همچنین ریشه نیز در تغییر ساختمان خاک مجاور ریشه تأثیر دارد (شکل 3-4). شیمی خاک نیز تحت تأثیر ساختمان خاک است. به علت تأثیر ساختمان خاک در نسبت آب‌وهوا در خاک، رشد ریشه گیاه و مورفولوژی آن نیز تحت تأثیر ساختمان خاک است.



شکل 3-4. تغییرات ساختمان خاک در نیمرخ پروفیل خاک

3-3. مواد آلی و تغییرات آن در پروفیل خاک

مواد آلی خاک شامل هر نوع ماده‌ای با اساس کربن آلی از بقایای گیاهی تازه افزوده شده به خاک تا هوموس کاملاً تجزیه شده یا کمپوست می‌باشد. در حالت طبیعی، خاک‌های نمادین مرکبات ممکن است شامل بیشتر از 5 درصد ماده آلی باشند؛ اما پس از کشت، مواد آلی به تدریج کاهش می‌یابد و در نهایت در حدود 1 تا 2 درصد در یک باغ بالغ مرکبات ثابت باقی می‌ماند. به‌طور کلی، هر چه مواد آلی خاک بیشتر باشد ظرفیت نگهداری آب در خاک نیز بیشتر می‌باشد. در آب‌وهوای گرم و مرطوب، مواد آلی خاک به سرعت اکسید می‌شوند؛ ولی به همان مقدار توسط درختان مرکبات جایگزین نمی‌شوند. همچنین استفاده از علف‌کش‌ها در زیر سایبان درختان نیز موجب کاهش مواد آلی خاک می‌شود. در خاک‌های شنی مناطق ساحلی و مجاور مناطق ساحلی دریای مازندران مقدار ماده آلی در خاک، یک مؤلفه بسیار ارزشمند است چرا که ظرفیت نگهداری آب و عناصر

غذایی را فراهم می‌کند و همچنین تجزیه آن بازیافت عناصر غذایی برای گیاهان را فراهم می‌کند. حد کفایت مواد آلی در خاک، باتوجه‌به بافت خاک متفاوت است و معمولاً خاک‌های بافت سنگین از حد کفایت بالاتری برخوردار هستند (جدول 2-3).

جدول 2-3. کلاس‌بندی مواد آلی خاک متناسب با بافت خاک (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

کلاس‌بندی مواد آلی	مواد آلی در خاک‌های سبک (درصد)	مواد آلی در خاک‌های سنگین (درصد)
خیلی کم	< 0/5	< 1
کم	0/5 – 1	1 – 2
متوسط	1 - 1/5	2 - 3
زیاد (مطلوب از نظر باغداری)	> 1/5	> 3

ظرفیت تبادل کاتیونی مواد آلی با تغییرات اسیدیته (pH) خاک تغییر می‌کند و در pH₇ تقریباً 100 تا 400 سانتی‌مول (+) در کیلوگرم (معادل با میلی‌اکی‌والان در 100 گرم) می‌باشد و به طور میانگین حدود 150 سانتی‌مول (+) در کیلوگرم است. بنابراین مواد آلی، ترکیبات بسیار با ارزشی در خاک هستند. زیرا ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی در خاک را افزایش می‌دهند. همچنین تجزیه آن‌ها، عناصر غذایی را برای گیاهان فراهم می‌کند. بهترین زمان برای افزودن مواد آلی به خاک در باغ‌های مرکبات، قبل از احداث باغ است چرا که به آسانی می‌توان آن را با خاک منطقه ریشه درختان مخلوط کرد یا در منطقه‌ای قرار داد که ریشه درختان به آن برسد. به طور کلی برای بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش قابلیت استفاده آب و عناصر غذایی، افزودن مواد آلی باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. بنابراین به مدیران وزارت جهاد کشاورزی و شهرداری‌ها پیشنهاد می‌شود ترتیبی اتخاذ کنند که محل‌های دفن زباله، زباله‌های باغبانی را نپذیرند و در هر منطقه‌ای، کارگاه‌های تبدیل زباله به کمپوست یا مالچ احداث نمایند و این مواد آلی

با حمایت دولت بدون هیچ هزینه‌ای، غیر از هزینه حمل و نقل به مصرف‌کنندگان تحویل گردد.

به‌طور کلی بیشتر کمپوست‌هایی که استانداردها و کیفیت لازم را داشته باشند (این استانداردها در بند 3-3-1 ذکر شده است) برای مصرف در باغ‌های مرکبات توصیه می‌شوند. اما مواد تولید شده یا آماده شده به‌صورت مالچ، برای استفاده در باغ‌های مرکبات توصیه نمی‌شوند؛ زیرا آنها در طی تجزیه ممکن است نیتروژن قابل‌استفاده درختان را جذب نمایند؛ بنابراین مالچ‌ها قبل از مصرف، باید ابتدا در گوشه‌ای از باغ جمع شده تا تبدیل به کمپوست شوند و سپس مصرف گردند. معمولاً حد مشخص و خاصی برای مصرف کمپوست مواد آلی در خاک وجود ندارد. یک قاعده کلی این است که مقدار کم، بیشتر از هیچی است و مقدار زیاد هم بهتر از کم می‌باشد. تصمیم باغ‌دار برای مصرف مواد آلی باید بر اساس نزدیکی به یک منبع مناسب به‌علاوه حمل‌ونقل مناسب، توزیع و هزینه‌های اختلاط باشد. به علت این که حجم زیادی برای رسیدن به مقدار بهینه (20 تا 100 تن در هکتار) مورد نیاز است بنابراین، اگر تهیه مواد آلی برای باغ‌دار مشکل است و هزینه زیادی دارد مصرف یکنواخت آنها در کل سطح کل باغ توصیه نمی‌شود. بلکه، باغ‌دار باید خاک‌های ضعیف‌تر را در باغ مشخص کرده و مقدار بیشتری از مواد آلی در این خاک‌ها مصرف کند.

مواد آلی خاک در حاصلخیزی خاک، افزایش و پایداری تولید بسیار مؤثر هستند و مطالعات میدانی نشان داده است که مقدار آن در اراضی کشور کمتر از حد مطلوب است. گزارش‌های مختلف نشان داده است مقدار کربن آلی حدود 60 درصد اراضی کشاورزی کشور کمتر از یک درصد است در حالی که حد مطلوب کربن آلی خاک برای تولید پایدار حدود دو تا سه درصد است (سماوات، 1397). کاهش مواد آلی خاک موجب کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش عملکرد در واحد سطح، کاهش راندمان مصرف آب و کودهای شیمیایی، کاهش تحمل گیاهان به تنش‌های زنده و غیرزنده و ... می‌گردد. یکی از مناسب‌ترین راهکارهای افزایش عملکرد در واحد سطح و پایداری تولید، بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک است که با افزودن مواد آلی به خاک امکان‌پذیر است. با توجه به پایین بودن مواد آلی خاک و همچنین روند افزایش دمای هوا در جهان،

حفظ و نگهداشتن همین مقدار مواد آلی خاک نیز بسیار دشوار است (بایبوردی و همکاران، 1379). همچنین مصرف روزافزون کودهای شیمیایی، جمع‌آوری بقایای گیاهی از کف مزرعه و سوزاندن بقایای گیاهی به ویژه در اراضی شالیزاری شمال کشور نیز در تشدید کاهش مواد آلی خاک، کاهش قابلیت نفوذ و کلوخه شدن خاک موثر است. با این روند، امکان کاهش توان تولید خاک و در نتیجه افزایش تولید در واحد سطح، پایداری تولید و سلامت محیط زیست به مخاطره خواهد افتاد. بنابراین افزایش تدریجی مواد آلی خاک برای تولید پایدار و حفظ محیط زیست بسیار ضروری است. در مقابل حفظ مواد آلی خاک و افزایش آن بسیار مشکل است افزایش یک درصد کربن آلی خاک در هکتار معادل 30 تن ماده آلی است بنابراین اگر راندمان تبدیل بقایای گیاهی و کودهای آلی به کربن آلی خاک حدود ده درصد باشد حدود 300 تن بقایای گیاهی یا کودهای آلی در یک هکتار نیاز است که یک درصد کربن آلی پایدار خاک افزایش یابد. متوسط کربن آلی اراضی کشاورزی کشور حدود نیم درصد است و در اراضی شرق مازندران از 0/6 تا 0/9 درصد و در اراضی میانی و غرب مازندران از یک تا یک و نیم درصد است. در حالی که مقدار مطلوب از نظر باغداری برای خاک‌های با بافت سبک حداقل یک و برای خاک‌های با بافت سنگین حداقل دو درصد است (نیسن و همکاران، 1994؛ اسدی‌کنرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

روند معدنی شدن مواد آلی، مهم‌ترین عامل در آزادسازی و فراهمی عناصر غذایی است معدنی شدن مواد آلی به نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، دما، رطوبت، تهویه، بافت خاک، pH، فعالیت میکروب‌های مؤثر و ... بستگی دارد. هرچه بافت خاک سنگین‌تر و نسبت کربن به نیتروژن مواد آلی بیشتر باشد روند معدنی شدن کاهش می‌یابد و در مقابل با افزایش دما، رطوبت، تهویه و فعالیت میکروبی، روند معدنی شدن افزایش خواهد یافت؛ بنابراین به‌طور کلی شرایط اقلیمی، بافت خاک و عملیات خاک‌ورزی بیشترین تأثیر در روند معدنی شدن مواد آلی مصرفی از جمله بقایای گیاهی و کودهای حیوانی دارند. با معدنی شدن مواد آلی، نیتروژن آلی به نیتروژن معدنی (نیترات یا آمونیوم) تبدیل می‌شود و قابل جذب خواهد بود و بخشی از کربن مواد آلی توسط میکروب‌های خاک مصرف شده و بخشی نیز به شکل دی‌اکسیدکربن آزاد خواهد شد؛ بنابراین با اندازه‌گیری دقیق روند

معدنی شدن مواد آلی خاک می‌توان سهم مواد آلی در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را تعیین کرد. مواد آلی همچنین در بهبود خواص فیزیکی خاک مؤثر هستند به‌طوری‌که مواد آلی در اتصال ذرات رس و افزایش تشکیل خاکدانه‌های خاک و با پوشش سطح خاکدانه‌ها در افزایش پایداری آنها و بهبود تهویه نقش مؤثری دارند. با افزایش تهویه خاک، قابلیت جذب برخی عناصر غذایی که جذبشان نیاز به انرژی متابولیکی دارد نیز افزایش خواهد یافت. به‌طور کلی روند معدنی شدن کودهای دامی در طول یک فصل زراعی نشان داده است که کودهای مرغی (به دلیل ساختار پروتئینی بیشتر و در مقابل ساختار سلولزی و لیگنینی کمتر) سریع‌تر از سایر کودهای دامی معدنی می‌شوند و فاکتور معدنی شدن برای کودهای گاوی حدود 0/30 تا 0/35، کودهای گوسفندی حدود 0/25 تا 0/30 و کودهای مرغی حدود 0/50 تا 0/60 گزارش کرده‌اند (سماوات، 1397؛ مکورمیک، 1979).

به‌طور کلی روند تجزیه مواد آلی خاک عمدتاً توسط باکتری‌ها و قارچ‌ها کنترل می‌شود. نماتدها، کرم‌های خاکی و دیگر فون‌های خاک که از میکروب‌ها تغذیه می‌کنند نیز در معدنی شدن مواد آلی نقش بسیار مهمی دارند قبلاً تصور بر این بود که معدنی شدن تماماً توسط توده میکروبی انجام می‌شود. در سیستم‌های زراعی در مناطق معتدله معمولاً یک تا سه درصد نیتروژن آلی در سال معدنی می‌شود. اما سرعت واقعی معدنی شدن در هر منطقه‌ای عمدتاً تحت تأثیر اقلیم، خاک و مدیریت زراعی آن منطقه است بقایای گیاهی که نسبت کربن به نیتروژن، لیگنین و پلی‌فنل بیشتری دارند سرعت معدنی شدن کمتری دارند. بر همکنش مقدار مواد آلی و بافت خاک نیز بر سرعت معدنی شدن تأثیر دارد در خاک‌های سبک، سرعت معدنی شدن نسبت به خاک‌های ریزبافت (احتمالاً به علت اتصال مواد آلی به سطح ذرات رس) زیادتر است. پتانسیل معدنی شدن نیتروژن که قابلیت ذاتی خاک برای معدنی شدن مواد آلی در طی زمان و فراهمی مواد غیرآلی را نشان می‌دهد با افزودن مواد آلی به خاک به‌شدت افزایش می‌یابد همچنین عملیات کشت و کار و تناوب زراعی نیز تأثیر زیادی در معدنی شدن نیتروژن دارند به‌طوری‌که سرعت معدنی شدن در خاک‌های شخم‌خورده بیش از خاک‌های شخم نخورده و در تناوب غلات - گیاهان پوششی بیش از تناوب غلات - گیاهان غیرپوششی است. مواد کلات کننده در مواد آلی نیز در فراهمی عناصر غذایی تأثیر دارند این مواد کلات کننده می‌توانند

با عناصری مانند آهن، روی و منگنز یک زنجیره تشکیل داده و از رسوب آنها در محلول خاک ممانعت کنند.

3-3-1. برخی ویژگی‌های کمپوست و کودهای حیوانی

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی لازم برای کمپوست‌های مطلوب و استاندارد برای مصرف در باغ‌های مرکبات و دیگر درختان میوه، به طور خلاصه شامل موارد زیر است:

1. کربن آلی 50 درصد یا بیشتر
2. شوری کمتر از 6 دسی‌زیمنس بر متر (غلظت نمک‌های محلول کمتر از 4000 میلی‌گرم در لیتر)
3. نسبت کربن به نیتروژن (C/N) از 15:1 تا 25:1
4. رطوبت وزنی از 35 تا 55 درصد
5. pH بین 5 تا 8
6. ظرفیت نگهداری آب (وزنی) از 20 تا 60 درصد
7. دانسیته حجمی تازه حدود 300 تا 600 کیلوگرم بر متر مکعب (0/3 تا 0/6 گرم بر سانتی‌متر مکعب)
8. اندازه ذرات کمتر از یک اینچ (2/5 سانتی‌متر)
9. نداشتن بذور علف‌های هرز زنده (قابل رشد)

کودهای حیوانی و کمپوست‌های مصرفی در خاک‌های کشاورزی باید حداقل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ذکر شده را داشته باشند و کمپوست‌هایی که این ویژگی‌ها را نداشته باشند برای مصرف در فصل رشد توصیه نمی‌شوند. اما از بین این ویژگی‌های، دو ویژگی اهمیت بیشتری دارد که شامل نسبت کربن به نیتروژن (C/N) و شوری (غلظت نمک‌های محلول) می‌باشد به‌طور کلی کودهای حیوانی و کمپوست‌های که نسبت کربن به نیتروژن آنها بیشتر از 25 و شوری آنها 6 دسی‌زیمنس بر متر و بیشتر

باشد برای مصرف در شروع و همچنین در طی فصل رشد مناسب نیستند. سطوح پایین‌تر هر یک از این ویژگی‌ها نشان می‌دهد کمپوست برای مصرف در باغ‌های مرکبات و درختان میوه مناسب‌تر است؛ بنابراین اگر نسبت کربن به نیتروژن کودهای حیوانی و کمپوست‌های بیشتر از 25 و شوری آن‌ها 6 دسی‌زیمنس بر متر و بیشتر باشد توصیه می‌شود این کودها در گوشه‌ای از باغ دپو (سیلو) شوند تا عمل فراوری انجام شود و این ویژگی‌ها به مقدار مطلوب برسند و سپس اقدام به مصرف آن‌ها نمایند مدت‌زمان برای فراوری در حالت معمول و رسیدن این ویژگی‌ها به مقدار مطلوب، باتوجه‌به شرایط محیطی منطقه حدود دو تا سه ماه است. اما برای تسریع عمل فراوری توصیه می‌شود حدود 10 تا 20 کیلوگرم اوره به هر تن کود حیوانی افزوده و کاملاً مخلوط شوند و سپس سیلو شوند و با یک پلاستیک مناسب یا لایه‌نازکی از خاک پوشیده شوند. اگر کود حیوانی خشک است مقداری آب نیز جهت مرطوب شدن کود، بهبود فعالیت میکروب‌های تجزیه‌کننده کود و مانع از افزایش زیاد دمای داخل سیلو و سوخته شده کود به آن افزوده شود. پس از این عملیات، حدود 15 روز فرصت داده شود سپس روی سیلو برداشته شود و با بیل، تراکتور یا وسیله مناسب دیگری کاملاً به هم زده شود و پس از یک تا روز مجدداً با لایه‌نازک خاک یا پلاستیک پوشیده شود پس از گذشت 10 تا 15 روز، کود حیوانی سیلو شده برای مصرف در باغ بدون ایجاد هیچ مخاطراتی برای ریشه درختان قابل استفاده است (پارساد، 1997؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).



شکل 3-5. تغییرات ماده آلی در سطح و نیمرخ پروفیل خاک

3-4. کربنات کلسیم (آهک) و تغییرات آن در نیمرخ پروفیل خاک

کربنات کلسیم، یک ترکیب عمده خاک‌های آهکی است و برای توصیف مقدار آهک خاک‌ها، مقدار معادل کربنات کلسیم کل را گزارش می‌کنند که مقدار آن از خیلی کم (5 درصد) تا بیشتر از 50 درصد در خاک‌های آهکی متفاوت است. خاک آهکی، خاکی است که بیش از 5 درصد وزنی کربنات کلسیم کل داشته باشد. آهک فعال، معرف بخشی از آهک خاک است که در بخش رس خاک قرار دارد و سطح ویژه بالایی داشته و بسیار واکنش‌پذیر است (باشور و سایه، 2007؛ یانگ و همکاران، 2010). مقدار و شکل کربنات کلسیم (کل و فعال) بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اثر دارد. اگر کربنات کلسیم کل خاک بیشتر از 20 درصد و یا کربنات کلسیم فعال بیشتر از 10 درصد باشد موجب کاهش رشد و عملکرد بیشتر درختان میوه می‌شود. برای بیشتر درختان میوه از جمله درختان مرکبات، باتوجه به نوع پایه، سطوح بحرانی کربنات کلسیم کل، حدود 11 تا 30 درصد و برای کربنات کلسیم فعال، هفت تا نه درصد گزارش شده است (کاستل و نونالی، 2009؛ باشور و سایه، 2007). براساس پژوهش‌های انجام شده، خاک‌های با مقدار کربنات کلسیم کل یکسان، ممکن است کربنات کلسیم فعال متفاوتی داشته باشند. خاک‌های حاصل از سنگ‌های آهکی سخت نسبت به خاک‌های حاصل از سنگ‌های آهکی نرم (مارن)، آهک فعال کمتری دارند.

اگرچه اغلب، کربنات کلسیم کل در بیان خصوصیات شیمیایی خاک استفاده می‌شود؛ اما همیشه ارتباط خوبی بین مقدار کربنات کلسیم کل و کاهش رشد و زردی ناشی از کمبود آهن در درختان میوه مشاهده نمی‌شود (کارتز، 1981؛ کارمن و همکاران، 2009). در مقابل، کربنات کلسیم در جزء رس خاک (کربنات کلسیم فعال خاک) که موجب ایجاد و نگهداری غلظت زیاد بی‌کربنات در محلول خاک می‌شود، برای پیش‌بینی پتانسیل توسعه کلروز مناسب‌تر است؛ بنابراین برای تشخیص حساسیت به کلروز درختان میوه در خاک‌های آهکی، آهک فعال شاخص مناسب‌تری می‌باشد (کاستل و استور، 2001؛ چولاریس و همکاران، 2004). آهک فعال معمولاً یک شاخص غیرمستقیم از توزیع اندازه ذرات یا سطح ویژه کربنات کلسیم است که به طور غیر مستقیم مسئول کاهش رشد و برخی ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مانند کلروز است (بای و همکاران، 1990؛ بایرن و همکاران، 1995). در اکثر اراضی معمولاً خاک‌های لایه سطحی (0-40

سانتی‌متر لایه سطحی خاک)، مقدار آهک کمتری دارند و در اغلب اراضی، مقدار آهک خاک در لایه‌های پایین‌تر افزایش می‌یابد که موجب افزایش pH خاک و کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود (شکل 3-6)؛ بنابراین صرفاً نمونه‌برداری از لایه سطحی خاک و انتخاب پایه و رقم بر اساس نتایج تجزیه خاک این لایه، در بیشتر موارد پس از افزایش رشد و سن درختان و رسیدن ریشه‌ها به لایه‌های زیرین با آهک بیشتر، ممکن است موجب تشدید کلروز، افزایش نیاز به مصرف کودهای آهن، افزایش هزینه باغدار، افزایش حساسیت به تنش‌های محیطی، خشکیدگی سرشاخه‌ها و زوال مرکبات می‌شود (اسدی گنکرشاهی و اخلاقی امیری، 1397؛ دونینی و همکاران، 2009). همچنین در بیشتر اراضی زراعی در زیر لایه 30-40 سانتی‌متری، ممکن است یک لایه فشرده (لایه شخم) وجود داشته باشد که نفوذپذیری بسیار پایینی دارد و نیاز است شکسته شود. گاهی اوقات تسطیح زمین، خاک سطحی مناطق مرتفع‌تر را به مناطق پست‌تر انتقال می‌دهد که موجب می‌شود خاک زیرین نامناسب در سطح قرار گیرد؛ لذا احداث باغ مرکبات در چنین خاک‌هایی موجب می‌شود که درختان رشد بسیار ضعیفی پس از تسطیح زمین داشته باشند. برای اجتناب از این موارد، قبل از تسطیح زمین، باید خاک سطحی زراعی (0-40 سانتی‌متری یا بیشتر) برداشته شود و در قسمتی از زمین جمع گردد سپس عملیات تسطیح زمین انجام شود. پس از اتمام عملیات تسطیح، خاک سطحی مجدداً در سطح مزرعه به صورت یکنواخت پخش شود. سپس پشته‌های محدب شکل موازی در جهت شمال و جنوب با شیب جانبی مناسب و با فاصله‌های مناسب احداث گردد (شکل 3-7). خاک پشته‌ها از حفر جوی‌های ایجاد شده برداشت می‌شود. فاصله عمودی کف جوی‌ها تا قسمت انتهایی پشته‌ها معمولاً بین 60 الی 70 سانتی‌متر پیشنهاد می‌شود. اما در زمین‌هایی که نیاز به تسطیح ندارند هنگام احداث پشته‌ها، معمولاً خاک سطحی اولیه با خاک لایه‌های پایین‌تر پوشش داده می‌شود که ممکن است ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن به طور معنی‌داری متفاوت از خاک سطحی باشد. خاک لایه زیرین که پس از احداث پشته، معمولاً در روی پشته‌ها قرار می‌گیرد احتمال دارد بافت درشت‌تر یا ریزتر از خاک سطحی داشته باشد؛ اما تقریباً در اغلب موارد دارای مواد آلی کمتری است. اگر خاک لایه‌های زیرین دارای آهک زیاد باشد خاک روی پشته‌ها نیز ممکن است دارای آهک بیشتری شود؛ بنابراین خاک منطقه ریشه در پشته‌ها حاصل‌خیزی و ظرفیت

نگهداری آب کمتری در مقایسه با خاک سطحی دفن شده دارد. به‌طور کلی از مهم‌ترین مزایای پشته می‌توان به افزایش عمق خاک حاصلخیز منطقه ریشه، بهبود تهویه خاک، کاهش فشردگی خاک، افزایش تراکم ریشه در خاک منطقه پشته، افزایش راندمان جذب آب و کود و ... است. ایجاد پشته در خاک‌های با مشکل مانداب سطحی، نوسان آب زیر زمینی، احتمال رخداد سیلاب‌های فصلی، بافت سنگین، زهکشی نامناسب و ... پیشنهاد می‌شود. به‌طور کلی از خاک سطحی (0-30 سانتی‌متری) یا حداکثر از 40 سانتی‌متری سطحی برای پشته‌سازی توصیه می‌شود اما در برخی موارد که زمین پست است یا خاک سطحی از کیفیت مناسب برخوردار نیست می‌توان از خاک سطحی مناسب بیرون از باغ برای ایجاد پشته استفاده کرد و در این حالت قبل از انتقال خاک به، توصیه می‌شود زمین شخم زده شود و سپس نسبت به ایجاد پشته‌ها (جهت ارتباط هیدرولیکی مناسب‌تر دو خاک) اقدام شود. خاک‌های با بافت لوم شنی، لوم، لوم سیلتی و سیلتی مناسب‌ترین خاک‌ها برای ایجاد پشته برای همه پایه‌ها هستند و پس از آنها خاک‌های با بافت لوم رسی سیلتی، لوم رسی و لوم رسی شنی قرار دارند که برای پایه‌های سه برگچه‌ای (پونسپروس، تروپرسیترنج، کاریزوسترنج و سی 35) توصیه نمی‌شوند اما برای پایه‌های دیگر از جمله نارنج، سوینگل سیتروملو، بکرائی، کلپاتراماندارین و ... مشکلی ندارند و در صورتی که این خاک‌ها حاصلخیری مناسب نداشته باشند با افزودن ماده آلی و کودهای شیمیایی (متناسب با نتایج تجزیه شیمیایی خاک) می‌توان آنها را غنی‌سازی کرد (متناسب با بند 4-6، غنی‌سازی بستر در فصل ششم) و سپس برای پشته استفاده شوند.



شکل 3-6. تغییرات شدید آهک با افزایش عمق خاک



شکل 3-7. کلروز ناشی از آهک در نارنگی انشو بر پایه سیتروملو در خاک‌های آهکی

3-5. عمق خاک

موفقیت یا عدم موفقیت در کشت مرکبات در هر منطقه‌ای، با عمق خاک همبستگی زیادی دارد و مقدار نسبی رس و شن درشت در بافت خاک از فاکتورهای اصلی مؤثر در رشد مرکبات هستند، همچنین بین عمق خاک و عملکرد مرکبات، همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. مطالعات میدانی در باغ‌های نارنگی انشو نشان داده است که حد بحرانی خاک، آب‌وهوا در پروفیل خاک برای رسیدن به عملکرد خوب میوه تقریباً (40-60): (20-40): (15-25) است. در بیشتر این باغ‌ها، با افزایش وزن مخصوص ظاهری در خاک تحتانی، عملکرد در واحد سطح کاهش نشان داد در چنین شرایطی انجام شخم عمیق موجب کاهش وزن مخصوص و افزایش عملکرد می‌شود.

اندازه درختان مرکبات به پایین‌ترین عمقی که ریشه‌های ریز در آن می‌توانند رشد کنند، بستگی دارد. رشد ریشه‌های ریز معمولاً در لایه‌های با 50 درصد یا بیشتر سنگریزه یا لایه‌های با فشردگی زیاد، محدود می‌شود. جرم مخصوص ظاهری، یک پارامتر قابل اندازه‌گیری است که کمترین ضریب تغییرات را در مقایسه با دیگر خصوصیات فیزیکی

خاک دارد. معمولاً عمقی از خاک، که در آن لایه یا لایه‌های با جرم مخصوص ظاهری بیشتر از حد بحرانی وجود داشته باشد، پتانسیل باروری خاک را تعیین می‌کند. حد بحرانی جرم مخصوص ظاهری برای خاک‌های رسوبی، حدود $1/60$ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. برای رسیدن به عملکرد بالا در خاک‌های با بافت ریز و متوسط، جرم مخصوص ظاهری $1/3-1/1$ گرم بر سانتی‌متر مکعب با $40-50$ درصد ذرات جامد درشت و با عمق حداقل $50-60$ سانتی‌متر، نیاز است. خاک‌های با عمق حداقل 2 متر، بافت یکنواخت و زهکشی خوب در لایه‌های تحتانی، عمق آب زیرزمینی پایین‌تر از 150 سانتی‌متر در تمام طول سال، مناسب‌ترین خاک‌ها برای کشت مرکبات هستند. بیشترین ریشه‌های مرکبات در عمق $80-70$ سانتی‌متری تجمع می‌یابند. پژوهش‌های انجام شده در خاک‌های عمیق سنگریزه دار نشان داده است که در خاک‌های با بیشتر از 15 درصد سنگریزه، عملکرد مرکبات کمتر از 50 درصد خاک‌های بدون سنگریزه با عمق یکسان می‌باشد (سریواستاوا و سینگ، 2002؛ سریواستاوا و کولی، 1997).

در باغ‌های احداث شده، چنانچه فشردگی خاک بیشتر از حد بحرانی باشد شخم عمیق (تا عمق $80-70$ سانتی‌متری) در کاهش فشردگی و فراهم کردن محیط مناسب‌تر برای رشد ریشه‌ها توصیه می‌شود. مطالعات انجام شده نشان داده است خاک‌های با عمق حداقل 60 سانتی‌متر، بافت درشت با خاک تحتانی سنگین‌تر، زهکشی خوب و عمق آب زیرزمینی بیشتر از 150 سانتی‌متر در سرتاسر سال برای بیشتر ارقام تجاری مرکبات مناسب هستند و برای حداکثر عملکرد، حداقل عمق خاک باید $180-150$ سانتی‌متر باشد (شکل 3-8). تهویه خاک بر تراکم ریشه و تولید درختان مرکبات بسیار مؤثر است. حد بحرانی تهویه خاک در ظرفیت مزرعه‌ای، حدود 10 درصد برای عمق 25 تا 75 سانتی‌متری خاک می‌باشد. ارتباط بین عمق خاک و عملکرد باغ‌های مرکبات نشان داده است که یک همبستگی مثبت معنی‌داری ($r=0.80^{**}$) بین عمق خاک و عملکرد میوه درختان مرکبات وجود دارد و حدود 4 تن افزایش عملکرد در هکتار به ازای هر 10 سانتی‌متر افزایش در عمق خاک (از 25 تا 150 سانتی‌متری) وجود دارد (اسدی کنگرگاهی و اخلاقی امیری، 1397؛ سریواستاوا و سینگ، 2002).



شکل 3-8. عمق خاک زراعی

3-6. سطح آب زیرزمینی و نوسان آن

تأثیر سطح آب زیرزمینی را بر عمق و تراکم ریشه‌های تغذیه‌کننده به‌صورت زیر می‌توان خلاصه کرد:

1. یکی از تهدید اصلی برای سلامت باغ‌های مرکبات، نوسان سطح آب زیرزمینی و مانداب سطحی است (شکل 3-9).
2. نوسان آب زیر زمینی، خسارت شوری را در مناطق ساحلی با آب آبیاری شور تشدید می‌کند.
3. عمق توسعه ریشه‌ها وابسته به عمق سطح آب زیر زمینی است.
4. تغییر سطح آب زیرزمینی از 75 به 175 سانتی‌متری، تعداد ریشه‌های تغذیه‌کننده را دو برابر می‌کند در نتیجه، اندازه درختان به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.
5. بیشتر ریشه‌های تغذیه‌کننده مرکبات، در عمق 70 تا 150 سانتی‌متری قرار دارند تا در عمق صفر تا 25 سانتی‌متری لایه سطحی خاک.

مطالعات انجام شده، نشان داده است که در درختان پرتقال و اشنگتن ناول با عملکرد حدود 17 تن در هکتار در منطقه‌ای با سطح ایستابی حدود 170 سانتی‌متری، هنگامی که سطح آب زیر زمینی به 80 سانتی‌متری از سطح خاک رسید، عملکرد تقریباً به صفر کاهش یافت. در شرایط بالا بودن سطح آب زیر زمینی (100-70 سانتی‌متری از سطح خاک)، کاشت مرکبات به شکل جوی و پشته‌ای توصیه می‌شود به‌طوری‌که نهال‌های مرکبات روی راس پشته قرار گیرند و ارتفاع پشته‌ها (از کف جوی تا تاج پشته) حدود 50 تا 70 سانتی‌متر

پس از نشست خاک پشته باشد (معمولاً پشته‌ها پس از احداث مقداری نشست دارند و این نشست می‌تواند از 10 تا 15 سانتی‌متر باتوجه‌به نوع خاک و روش احداث باشد). چنین پشته‌هایی موجب افزایش عمق خاک حاصلخیز، بهبود تهویه منطقه ریشه، کاهش یا حذف خسارت نوسان آب زیرزمینی، افزایش تراکم ریشه‌های تغذیه‌کننده در منطقه پشته و همچنین افزایش راندمان جذب آب و عناصر غذایی خواهند شد. باتوجه‌به این که ریشه‌های درختان مرکبات معمولاً پس از 3 تا 10 روز مانداب خسارت خواهند دید؛ بنابراین برای دید؛ بنابراین برای درختان مرکبات، سطح ایستابی در فاصله حدود 180 سانتی‌متری از سطح زمین مناسب است و یا حداقل باید در عمق 120 تا 150 سانتی‌متری ثابت نگهداشته شود. به‌هرحال، اگر نوسان سطح آب زیرزمینی وجود داشته باشد و در برخی مواقع از سال تا عمق 60 تا 90 سانتی‌متری از سطح خاک بالا بیاید و برای مدتی در این عمق بماند، باغ‌های مرکبات مناسبی در آن منطقه حاصل نخواهند شد. اما اگر سطح آب زیرزمینی ثابت نگهداشته شود امکان رسیدن به عملکرد بالا وجود دارد. مطالعات متعدد نشان داده است که امکان داشتن باغ‌های مرکبات با عملکرد بالا در مناطقی که سطح ایستابی با استفاده از روش‌های مهندسی در عمق 60 سانتی‌متری ثابت شده است، وجود دارد. از نظر باغداری آنچه بیشتر اهمیت دارد کنترل سطح آب و توقف نوسان آن در منطقه ریشه است. در این شرایط، درختان مرکبات، سیستم ریشه‌شان را در منطقه بالای سطح ایستابی توسعه می‌دهند. بنابراین به‌طور کلی، زهکشی مناسب یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین‌کننده تناسب اراضی خاک برای کشت و احداث باغ مرکبات است (سریواستاوا و کولی، 1997؛ اسدی کنگرگاهی و اخلاقی امیری، 1393 و 1395).



شکل 3-9. سطح آب زیرزمینی و نوسان آن در فصول مختلف سال

به طور معمول رشد ریشه مرکبات در چند سانتی‌متری بالای سطح ایستابی (آب زیرزمینی) متوقف می‌شود که به علت فقدان اکسیژن و حضور پاتوژن‌های ریشه در وضعیت اشباع خواهد بود. در یک خاک خوب، بدون هیچ لایه فشرده‌ای، بیشتر ریشه‌های تغذیه‌کننده در عمق حدود 70 سانتی‌متری لایه سطحی خاک توزیع می‌شوند. سطح آب زیرزمینی می‌تواند رشد ریشه‌ها را به عمق خاک بالای سطح آب زیرزمینی محدود کند. ریشه‌های تغذیه‌کننده درختان پرتقال ناول و نارنگی‌های انشو وقتی به سطح آب زیرزمینی می‌رسند برای اجتناب از وارد شدن به آن، بیشتر به صورت افقی رشد می‌کنند (تا به صورت عمودی). درختان مرکبات، وقتی با سخت کفه‌های رسی یا سطح آب زیرزمینی برخورد می‌کنند معمولاً رشد ریشه‌شان را اصلاح می‌کنند و نوک ریشه‌های آنها ممکن است بدشکل و معیوب شود همچنان که آنها سعی می‌کنند درون لایه‌های فشرده خاک نفوذ و رشد کنند. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد ریشه‌هایی که در درون لایه‌های فشرده خاک نفوذ می‌کنند مقداری عناصر غذایی از سلول‌های ریشه به درون خاک تراوش یا نشت می‌کند که معمولاً سبب جذب قارچ‌های بیماری‌زا می‌شود، که مجموع این عوامل می‌توانند موجب کاهش رشد ریشه‌ها و پوسیدگی آنها شوند. علاوه بر این اثرات مستقیم، سخت کفه‌های رسی به طور غیرمستقیم نیز به درختان مرکبات صدمه می‌زنند که ناشی از وضعیت بی‌هوازی، خشکی، کمبود عناصر غذایی، وضعیت شوری، تجمع مواد شیمیایی سمی و یا بیماری‌های ریشه می‌باشد.

معمولاً 24 ساعت پس از غرقاب یا مانداب، اکسیژن قابل‌استفاده در خاک به‌وسیله ریشه درختان یا میکروارگانیسم‌های خاک در فصل رشد تخلیه می‌شود. بنابراین، اگر مدت مانداب بیشتر از یک روز باشد بیشتر ریشه‌های مرکبات صدمه خواهند دید. مقدار نسبی ریشه‌های خسارت‌دیده با طول دوره زمانی مانداب ارتباط مستقیم دارد و با افزایش مدت‌زمان غرقاب و مانداب، تعداد ریشه‌های خسارت‌دیده نیز افزایش می‌یابد. با افزایش نسبی سطح ایستابی (نزدیک شدن به سطح خاک)، حجم خاک اشغال شده توسط ریشه‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین تخلیه عناصر غذایی از این منطقه نیز سریع‌تر می‌شود. همچنین با بالا آمدن سطح آب ایستابی بعد از آبیاری یا بارندگی، حجم خاک مناسب برای رشد ریشه نیز متناسب با آن کاهش می‌یابد و به علت این که ریشه‌ها در یک منطقه کوچک‌تر تجمع پیدا می‌کنند تخلیه آب از این ناحیه نیز بیشتر خواهد شد. به‌طور کلی، به

علت عدم دسترسی ریشه‌ها به منابع آب در عمق‌های پایین خاک، فراوانی و شدت تنش خشکی و همچنین شدت خسارت آن نیز بیشتر خواهد شد. در خاک‌های اشباع با آب به علت مصرف اکسیژن توسط ریشه‌ها و میکروارگانیسم‌ها، این خاک‌ها به تدریج بی‌هوازی می‌شوند و در شرایط بی‌هوازی، مواد آلی به طور کامل توسط میکروارگانیسم‌های خاک تجزیه نمی‌شوند بنابراین تجزیه ناقص مواد آلی منجر به تولید مواد شیمیایی و آلی می‌شوند که برای ریشه مرکبات، سمی هستند. این ترکیبات شامل نیتريت، آهن (II) و منگنز (II). سولفید هیدروژن و اسیدهای آلی می‌باشند. نیتريت در غلظت‌های بیش از یک میلی مول مانع رشد ریشه می‌شود. شکل‌های آهن و منگنز محلول، وقتی در غلظت بیش از 10 میلی گرم در لیتر باشند، می‌تواند به ریشه‌ها صدمه بزنند، تولید و تجمع سولفید هیدروژن یکی از علت‌های اصلی صدمه به ریشه مرکبات در خاک‌های بی‌هوازی، خاک‌های غرقابی و ماندابی می‌باشد.

سیستم ریشه بیشتر درختان مرکبات در غلظت‌های سولفید هیدروژن بیشتر از 2/5 الی 3 میلی گرم در لیتر (در pH حدود 6) شدیداً خسارت خواهند دید. پایه‌های رافلمون، نارنج و کلپاتراماندارین همگی حساس به سولفید هیدروژن هستند، اما با کاهش غلظت سولفید هیدروژن، رافلمون بیشتر قادر به تولید و بازیابی ریشه‌هایش می‌باشد. همچنین اگر pH خاک به 4 یا کمتر کاهش یابد بیشتر اسیدهای آلی موجب خسارت به ریشه می‌شوند. اثر دی اکسید کربن روی ریشه‌ها به درستی مشخص نشده است، اگر چه، غلظت دی اکسید کربن (CO_2) به تدریج در خاک‌های غرقابی و ماندابی افزایش می‌یابد، اما جداسازی اثرات افزایش غلظت دی اکسید کربن و کاهش اکسیژن تقریباً غیر ممکن است. یک خاک سطحی با تهویه خوب به طور معمول شامل 0/3 درصد دی اکسید کربن است ولی پس از چند روز غرقاب، غلظت دی اکسید کربن ممکن است به 17 تا 20 درصد برسد. در این غلظت صدمه ریشه‌ها عمدتاً به علت فقدان اکسیژن و حضور مواد سمی است (تا غلظت بالای دی اکسید کربن).

سیستم ریشه با گونه گیاه و محیط تغییر می‌کند. معمولاً قطر ریشه دولپه‌ای‌ها بیشتر از تک‌لپه‌ای‌ها است؛ ولی عمق ریشه آنها کمتر می‌باشد. انشعابات ریشه نیز با گونه گیاه تغییر می‌کند و معمولاً قطع شدن نوک ریشه‌ها، موجب تحریک ریشه‌ها برای انشعاب

می‌شود. انشعابات ریشه‌ها همچنین زمانی که نوک ریشه‌ها با لایه‌های مقاوم خاک برخورد کنند (به‌طوری‌که از توسعه ریشه‌ها جلوگیری شود) تحریک می‌شوند. ریشه‌های مویی، توسعه سلول‌های اپیدرم هستند که به‌صورت برجستگی‌های کوچکی روی سلول‌های اپیدرم در پایین‌تر از منطقه فعال تقسیم سلولی به وجود می‌آیند. ریشه‌های مویی ممکن است روزها یا هفته‌ها در طول ریشه حضور داشته باشند. تعداد ریشه‌های مویی معمولاً بسیار زیاد است و در منافذ ریز خاک، رشد و توسعه می‌یابند. گیاهانی که در خاک‌های با مقدار فسفر قابل‌استفاده کم، رشد می‌کنند معمولاً ریشه‌های مویی بیشتر و طولی‌تری دارند. اما وضعیت فیزیکی نامناسب خاک موجب تولید ریشه‌های ضخیم‌تر و با شکل نامنظم‌تر می‌شود، معمولاً با افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، قطر ریشه‌ها افزایش و رشد گیاهان کاهش می‌یابد.

پاسخ درختان مرکبات به تنش مانداب و غرقاب، توقف رشد سرشاخه‌ها، پژمردگی و زردشدن برگ‌ها، ریزش برگ‌ها قبل از بلوغ (از مسن‌ترین برگ‌ها شروع می‌شود)، تیره‌شدن ریشه‌ها و مرگ آنها، پوسیدگی طوقه (در برخی موارد)، تشکیل ریشه‌های سطحی، کاهش شدید محصول و مرگ سرشاخه‌ها می‌باشد (شکل 3-10). از نظر مقدار خسارت ناشی از وجود آب زیاد در منطقه ریشه، تفاوت زیادی بین آب در حال سکون و آب در حال حرکت در خاک وجود دارد، مانداب با آب در حال حرکت مشکل بسیار کمتری ایجاد خواهد کرد. زیادی آب در منطقه ریشه به‌عنوان یک مانع برای انتشار اکسیژن به منطقه ریشه عمل می‌کند. مطالعات میدانی انجام شده نشان داده است که معمولاً غلظت اکسیژن محلول در آب برای جلوگیری از خفگی ریشه کافی است، به‌طوری‌که کمبود اکسیژن در طول 7 روز مانداب، خسارت چندانی برای ریشه‌ها ایجاد نکرد، اما با افزایش غلظت سولفید هیدروژن به $2/5$ الی 3 میلی‌گرم در لیتر، خسارت شدید به ریشه‌ها وارد شد. مانداب همچنین می‌تواند موجب تولید مواد سمی در منطقه ریشه شود. افزایش تولید اتیلن، نیتريت، سولفید هیدروژن به علت تخلیه اکسیژن، ممکن است علاوه بر پوسیدگی ریشه موجب مرگ درختان مرکبات شود. آستانه تحمل مرکبات به سولفید هیدروژن (H_2S)، حدود $2/8$ الی 3 میلی‌گرم در لیتر است (سریواستاو و سیگ، 2002؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397). رافلمون، پونسیروس، سوینگل سیتروملو، بیشتر سیترنج‌ها و ولکامریانا از پایه‌های متحمل به تنش مانداب هستند (که

به احتمال زیاد بیشتر ناشی از تحمل آنها به سولفید هیدروژن می‌باشد) و در مقابل، نارنج از پایه‌های حساس به تنش مانداب است. کلوپاتراماندارین و پرتقال در گروه پایه‌های حد واسط قرار می‌گیرند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1395؛ آربونا و همکاران، 2009).



شکل 3-10. زوال درختان مرکبات ناشی از ماندآب (شکل‌های بالا و همچنین شکل وسط، سمت چپ)، پوسیدگی آوندهای چوبی (وسط، سمت راست) و از بین رفتن ریشه‌های فیبری (سمت چپ) به علت مانداب در منطقه ریشه (پایین، سمت چپ)

3-7. فشردگی خاک

به‌طور کلی فشردگی خاک یک عامل محدودکننده برای رشد ریشه و عملکرد مرکبات است. در باغ‌های احداث شده، چنانچه فشردگی خاک بیشتر از حد بحرانی باشد شخم عمیق (تا عمق 70-80 سانتی‌متری) در کاهش فشردگی و فراهم کردن محیط مناسب‌تر برای رشد ریشه‌ها توصیه می‌شود. این شخم عمیق با عمق حدود 80 سانتی‌متر در فاصله شعاعی مناسب از تنه درختان (100 تا 200 سانتی‌متری از تنه درخت) موجب کاهش

فشردگی، افزایش تهویه، افزایش عملکرد و اندازه میوه باغ‌های مرکبات خواهد شد. فشردگی یا مقاومت به نفوذ بیشتر از 2000 کیلوپاسکال در عمق 20 سانتی‌متری از سطح خاک یا بیشتر، موجب کاهش رشد ریشه، عملکرد و کیفیت میوه می‌شود. انجام یک‌بار عملیات شخم می‌تواند این مقاومت را برای حداقل سه سال کاهش داده و رشد مجدد ریشه‌ها را در عمق 20 تا 80 سانتی‌متری به شدت افزایش می‌دهد (شکل 3-11 و 3-12).

در بیشتر مناطق با سابقه کشت طولانی، لایه متراکم و فشرده‌ای که اغلب کفه شخم یا پن شخم نامیده می‌شود، در عمق 30 تا 40 سانتی‌متری از سطح خاک وجود دارد. این لایه در اثر استفاده مداوم و طولانی مدت از ماشین‌های سنگین، انجام عمق یکسان شخم در سال‌های متوالی و همچنین رفت‌وآمد زیاد دیگر وسایل سنگین تشکیل می‌شود. معمولاً این کفه‌ها موجب کاهش نفوذپذیری و کاهش تهویه در خاک می‌شوند و با محدود کردن نفوذ آب و اکسیژن به خاک منطقه ریشه و همچنین کاهش قابلیت استفاده برخی عناصر غذایی، پتانسیل عملکرد درختان مرکبات را کاهش می‌دهند. همچنین حرکت آب آزاد در این کفه‌ها به وسیله کاهش در قطر منافذ به شدت کاهش می‌یابد. منافذ خاک، فضاهای پر شده از هوا و آب بین ذرات خاک هستند که حرکت آب، تبادلات گازی و رشد ریشه در این فضاها رخ می‌دهد، بنابراین هر کاهشی در اندازه و کمیت منافذ، به طور مستقیم این فعالیت‌ها را محدود می‌کند. به علت کاهش در قطر منافذ در کفه‌ها، آبی که به آنها نفوذ می‌کند بیشتر به صورت یک لایه خیلی نازک (فیلم) روی سطح ذرات خاک می‌باشد و نمی‌تواند به آسانی توسط ریشه‌های درختان مرکبات استفاده شود. همچنین توانایی ریشه درختان مرکبات برای رشد در پروفیل خاک به اندازه منافذ، جرم مخصوص ظاهری توده خاک و استحکام خاک بستگی دارد. حداکثر فشار ریشه درختان مرکبات ظاهراً حدود 1500 کیلوپاسکال است بنابراین خاک‌های با استحکام بیشتر موجب کاهش یا توقف رشد ریشه درختان مرکبات خواهند شد. ریشه‌های این درختان با دنبال کردن فضای منافذ و کنار زدن ذرات خاک (با فشار ناشی از ریشه)، رشد کرده و طویل می‌شوند. کاهش فضای منافذ، افزایش جرم مخصوص ظاهری و افزایش استحکام خاک در این لایه شخم، موجب افزایش پایداری مکانیکی خاک و کاهش نفوذ ریشه به این لایه‌ها می‌شود.



شکل 3-11. فشردگی و تراکم لایه‌های زیرین خاک در نیمرخ پروفیل خاک



شکل 3-12. فشردگی و تراکم لایه‌های زیرین خاک در نیمرخ پروفیل خاک و تأثیر آن در زوال مرکبات

3-8. زهکشی ضعیف و مانداب سطحی

ماندابی به پوشش سطح اراضی پست توسط آب اطلاق می‌شود و به نفوذپذیری کم این اراضی، آب جمع شده در سطح این خاک‌ها بیشتر توسط تبخیر، یا تعرق یا ترکیبی از این فرایندها از محیط بسته خارج می‌شود. ماندابی خاک‌ها بر اساس عمق، تناوب، طول دوره و ماه‌های شروع و پایان پدیده ماندابی طبقه‌بندی می‌شود. عمق ماندابی، به‌طور کلی به عمق آب راکد در سطح خاک اطلاق می‌گردد که با واژه‌های کم‌عمق،

متوسط و عمیق توصیف شده و برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. ریشه‌های مرکبات به کمبود اکسیژن منطقه ریشه بسیار حساس هستند و نیاز آنها به اکسیژن نیز زیاد است. در خاک‌های با زهکشی ضعیف، اثر تهویه ضعیف به‌زودی و به‌وضوح در سطح ریشه‌ها قابل مشاهده است. این مشکل به‌ویژه در مناطق دشت جلگه‌ای میانه و شرق مازندران (آمل، بابل، قائم‌شهر، بهنمیر، جویبار، کیاکلا، ساری و نکا)، جدی است و سطح آب در برخی ماه‌های سال در این مناطق، نوسان شدید دارد و ممکن است در برخی موارد تا عمق 20 تا 50 سانتی‌متری از سطح خاک نیز برسد. در فصل‌های بارانی، سطح آب معمولاً بالا می‌آید و برای مدتی، حالت غرقاب یا مانداب در خاک ایجاد می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 2008 و 1397)؛ بنابراین زهکشی سطحی و عمقی خاک، قبل از کاشت مرکبات در این مناطق ضروری است. زوال بیشتر درختان مرکبات این منطقه، به علت زهکشی ضعیف خاک‌های این منطقه است؛ زیرا این زهکشی ضعیف و مانداب منطقه ریشه، موجب کاهش شدید رشد ریشه مرکبات، تخلیه کربوهیدرات‌های ریشه، پوسیدگی بیشتر ریشه‌های تغذیه‌کننده، کاهش شدید غلظت برخی عناصر غذایی، کاهش شدید هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها و... خواهد شد؛ بنابراین عملکرد پایین، خشکیدگی سرشاخه‌ها و زوال بیشتر باغ‌های مرکبات این منطقه را می‌توان ناشی از آن دانست (شکل 3-13).

3-8-1. طول دوره ماندابی: طول دوره ماندابی عبارت است از میانگین مدت یا طول

زمان مانداب در هر رخداد آب ماندابی است و به چهار کلاس خیلی کوتاه، کوتاه، طولانی و خیلی طولانی طبقه‌بندی می‌شود که در جدول 3-3 نشان داده شده است. حد بحرانی طول دوره مانداب در هر رخداد آب ماندگی برای اغلب پایه‌های مرکبات تقریباً 2 تا 7 روز است و دوره‌های بیشتر مانداب در منطقه ریشه موجب ایجاد ناهنجاری‌های تغذیه‌ای، فیزیولوژیکی، متابولیکی و بیوشیمیایی شدیدی برای مرکبات منطقه ایجاد نماید، بنابراین ایجاد سیستم زهکشی مناسب در باغ‌های احداث شده جهت خروج سریع آب‌های سطحی و جلوگیری از تجمع آب در منطقه ریشه توصیه می‌شود.

■ تنش ماندابی و غرقابی منطقه ریشه یکی از عوامل محدودکننده انتقال کربوهیدرات‌ها از اندام هوایی به ریشه می‌باشند، همچنین با توجه به وجود بیماری ویروسی تریترا

(مهم‌ترین تنش زنده در این منطقه)، هر دو از عوامل محدودکننده انتقال کربوهیدرات‌ها از اندام هوایی به ریشه می‌باشند و در تشدید خشکیدگی سرشاخه‌ها و زوال درختان، افزایش تشدید ریزش گل و ریزش میوه‌چه‌ها بعد از تشکیل میوه و ریزش فیزیولوژیکی تابستانه میوه‌چه‌ها می‌شود.

▪ تنش مانداب و غرقاب منجر به کاهش شدید هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها، تخلیه شدید نشاسته و قندهای محلول ریشه، تخلیه برخی عناصر غذایی از جمله کلسیم، منیزیم، فسفر و نیتروژن و همچنین تجمع بیش از حد آهن و منگنز (که منجر به سمیت آهن در بافت ریشه می‌شود) در ریشه‌ها می‌گردد که به احتمال زیاد یکی از دلایل اصلی پایین‌بودن عملکرد، تناوب باردهی، خشکیدگی سرشاخه‌ها و زوال مرکبات در شرق مازندران است.

▪ تنش مانداب و غرقابی موجب از بین رفتن بیشتر ریشه‌های فیبری در بیشتر ژنوتیپ‌های مرکبات می‌شود و باتوجه به این که تنش مانداب و غرقاب در مازندران به طور عمده در فصل زمستان و اوایل بهار اتفاق می‌افتد، مرگ این ریشه‌های فیبری سبب کاهش شدید پتانسیل ریشه برای جذب آب و مواد معدنی در فصل زراعی بعد خواهد شد؛ بنابراین با شروع فصل رشد اندام هوایی و گل‌دهی، سیستم ریشه صدمه‌دیده توانایی جذب و انتقال آب، مواد معدنی و تولید مواد هورمونی لازم را نداشته و موجب ریزش شدید گل و میوه‌چه‌ها خواهد شد.

جدول 3-3. طبقه‌بندی خاک‌های مستعد مانداب براساس میانگین طول دوره ماندابی در هر رخداد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397)

کلاس	میانگین طول دوره ماندابی در هر رخداد (روز)
خیلی کوتاه	کمتر از 2 روز
کوتاه	2 تا 7 روز
طولانی	7 تا 30 روز
خیلی طولانی	30 روز و بیشتر

3-8-2. کلاس تناوب ماندابی: به طور کلی برای بیان تعداد دفعات بروز رخداد آب ماندگی در طول سال از کلاس تناوب ماندابی استفاده می‌شود که عبارت است از تعداد دفعات رخداد ماندابی در زمانی معین و مشخص در هر منطقه است که در جدول 3-4 ارائه شده است.

جدول 3-4. کلاس تناوب ماندابی در خاک‌های مستعد به مانداب براساس احتمال وقوع ماندابی در طی سال (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397).

کلاس تناوب ماندابی	احتمال وقوع ماندابی در هر منطقه (در طول سال)
فاقد ماندابی	احتمال وقوع مانداب وجود ندارد و شانس وقوع ماندابی در هر سال نزدیک به صفر است.
به‌ندرت ماندابی	احتمال وقوع مانداب بسیار کم است و شانس وقوع ماندابی در هر سال از صفر تا 5 درصد است.
گاهی ماندابی	احتمال وقوع مانداب دور از انتظار نیست و شانس وقوع ماندابی در هر سال از 5 تا 50 درصد است.
غالباً مانداب	احتمال وقوع مانداب زیاد است و شانس وقوع ماندابی در هر سال بیشتر از 50 درصد است.



شکل 3-13. آب‌ماندگی در سطح خاک و خشکیدگی سرشاخه‌ها درختان مرکبات

3-9. واکنش خاک (pH)

pH خاک، معیاری از اسیدی یا بازی بودن خاک است و در تصمیم‌گیری باغ‌داران برای انتخاب پایه، مدیریت مصرف کودهای شیمیایی، مدیریت مصرف اسید در آب آبیاری، آهک یا گوگرد کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری pH خاک، سریع، آسان و

ارزان است و کنترل آن در دامنه مناسب بسیار مهم است؛ زیرا قابلیت استفاده بیشتر عناصر غذایی به علاوه سمیت آنها نیز تحت تأثیر pH خاک است. pH خاک همچنین بر قابلیت استفاده عناصر غذایی فسفر، کلسیم، منیزیم و عناصر ریز مغذی تأثیر دارد (منگل، 1995؛ منگل و گارتزن، 1986). مناسب‌ترین pH خاک برای کشت بیشتر ژنوتیپ‌های مرکبات حدود 6 تا 7 است. pH خاک‌های اسیدی در اثر مصرف آهک و کودهای شیمیایی می‌تواند تغییر کند. اما در خاک‌های آهکی، pH نسبتاً ثابت می‌ماند و معمولاً در محدوده 7/5 تا 8 است.

برخی خاک‌های غرب مازندران و همچنین برخی خاک‌های مناطق جنوبی و دامنه‌ای در شرق مازندران اسیدی هستند؛ بنابراین به احتمال زیاد، نیاز به مصرف آهک قبل از کاشت دارند (ایزدپناه، 1355). از طرف دیگر، در خاک‌های اسیدی غرب و همچنین خاک‌های دامنه‌های جنوبی شرق مازندران، عمده کلسیم خاک به شکل کانی‌های کم محلول شامل کربنات‌های کلسیم و فسفات‌های کلسیم است. این ترکیبات باید حل شوند تا کلسیم آنها بتواند برای درختان میوه قابل استفاده شود. خاک‌های بافت درشت مناطق ساحلی نیز کلسیم کمی دارند؛ زیرا آنها به طور عمده شنی هستند. قابلیت استفاده کلسیم در خاک یکی از فاکتورهای اصلی عرضه کلسیم از محلول خاک به سطح ریشه است. در باغ‌های مناطق غرب و دامنه‌های شرق مازندران که pH بیشتر خاک‌های آنها اسیدی است، باغ‌داران باید از مصرف زیاد قارچ‌کش‌های مسی (مانند اکسی کلرور مس، محلول بردو و ...) اجتناب کنند و روند افزایش غلظت مس در خاک منطقه ریشه به طور متناوب (هر 2 الی 3 سال یکبار) کنترل شده و احتیاط‌های لازم به عمل آید. اگر آزمایش خاک، تجمع زیاد مس در خاک را نشان ندهد، pH حدود 6 برای کشت مرکبات مناسب است. اما اگر آزمایش خاک تجمع مس را در خاک نشان دهد pH خاک باید به 6/5 تا 7 افزایش یابد؛ زیرا این عنصر در pH‌های پایین خاک برای مرکبات سمیت ایجاد می‌کند. pH خاک را با مصرف کلسیت یا دولومیت می‌توان به آسانی افزایش داد. علاوه بر افزایش pH، کلسیت منبع مؤثری از کلسیم است، همچنین دولومیت می‌تواند منبع خوبی برای کلسیم و منیزیم باشد؛ بنابراین گرچه کلسیت و دولومیت می‌توانند برای کشت مرکبات در

خاک‌های اسیدی مصرف شوند انتخاب دولومیت بیشتر برای خاک‌هایی مناسب است که علاوه بر کلسیم نیاز به منیزیم نیز دارند.

در باغ‌های با pH مناسب و کلسیم پایین، گچ یا کودهای محلول‌تر مانند نترات کلسیم می‌توانند به عنوان منبع کلسیم مصرف شوند. در بیشتر باغ‌های بارده، pH خاک عموماً بیشتر از 6 می‌باشد بنابراین به مصرف آهک نیازی نیست. گچ یک منبع با قابلیت دسترسی متوسط از کلسیم است که تاثیری در pH خاک ندارد. درحالی‌که نترات کلسیم، کودی با قابلیت دسترسی سریع برای کلسیم و نیتروژن است که واکنش قلیایی کمی در خاک ایجاد می‌کند. اگرچه مصرف دولومیت می‌تواند کمبود منیزیم را کاهش دهد اما درختان مرکبات به آرامی و به کندی به آن پاسخ می‌دهند. بنابراین اگر pH خاک در محدوده مناسب باشد دولومیت به عنوان یک منبع منیزیم توصیه نمی‌شود. در چنین شرایطی مصرف سولفات منیزیم در خاک یا نترات منیزیم به شکل محلول‌پاشی برگی می‌تواند کمبود منیزیم را جبران نماید. اما بیشتر خاک‌های شرق مازندران دارای مقدار زیادی کربنات کلسیم (آهک) در لایه سطحی هستند و مقدار آهک با افزایش عمق، بیشتر نیز می‌شود. این خاک‌های آهکی، کلسیم بسیار زیادی دارند که ممکن است به شکل غیر قابل تبادل (کانی‌ها)، کلسیم قابل تبادل (جذب شده در سطح رس‌ها یا کلوئیدهای آلی) و کلسیم در محلول خاک باشد. کلسیم قابل تبادل، عمده کلسیم ذخیره خاک است که برای ریشه‌های درختان قابل استفاده می‌باشد. بیشتر آب‌های آبیاری در شرق مازندران نیز دارای مقدار زیادی بی‌کربنات می‌باشند که به آرامی pH خاک‌ها را افزایش می‌دهند. pH بالاتر خاک به‌ویژه در نواحی خیس شده زیر قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای به‌وضوح در بیشتر باغ‌ها مشاهده می‌شود.

3-9-1. دامنه pH مناسب خاک برای احداث باغ مرکبات (اسدی کنگرشاهی و

اخلاقی امیری، 1393):

- pH کمتر از 4 خیلی اسیدی و برای کشت بیشتر ارقام مرکبات نامناسب است. در این شرایط، معمولاً ریشه بیشتر ارقام مرکبات، خپل و کوتاه شده و رشد آنها به شدت کاهش می‌یابد. حلالیت آلومینیم نیز افزایش می‌یابد و ممکن است غلظت آن به آستانه

سمیت برای درختان مرکبات برسد. سمیت آلومینیم، فعالیت ریشه‌های مرکبات را به شدت کاهش می‌دهد.

- pH حدود 4 تا 6، برای کشت بیشتر ارقام مرکبات مناسب است و آنها به خوبی در این دامنه رشد می‌کنند. اما شستشوی عناصر غذایی از منطقه ریشه، بسیار سریع است. به طور کلی pH کمتر از 5 برای رشد ریشه بیشتر ارقام مرکبات نامناسب می‌باشد.
- pH حدود 6 تا 7، بهترین دامنه pH برای کشت اغلب ارقام مرکبات است.
- pH حدود 7 تا 8/5، بیشتر ارقام مرکبات در این دامنه نسبتاً خوب رشد می‌کنند اما قابلیت استفاده بیشتر عناصر غذایی به شدت کاهش می‌یابد.
- pH بیشتر از 8/5، برای کشت بیشتر ارقام مرکبات نامناسب است.

10-3. شوری خاک

مرکبات جزء گلیکوفیت‌ها می‌باشند و تحمل آنها به شوری با توانایی آنها برای محدود کردن ورود یون‌های سمی (سدیم، کلر و بور) به سرشاخه‌ها و برگ‌ها همبستگی دارد. اختلاف زیادی بین پایه‌های مختلف مرکبات در تجمع یا رد کردن سدیم و کلر وجود دارد. کلوپاتراماندارین یک ردکننده یون کلر و یک تجمع‌کننده یون سدیم است. در مقابل، نارنج هم سدیم و هم کلر را در برگ‌ها جمع می‌کند و صدمه نمک به مرکبات به طور عمده به علت تجمع زیاد کلر و سدیم است.

شوری خاک یک مشکل عمده برای کشت مرکبات، به‌ویژه در مناطق خشک و همچنین مناطقی است که از آب‌های شور به‌عنوان منبع آبیاری مرکبات استفاده می‌شود. بخش‌های از اراضی زراعی و باغی شرق استان مازندران مانند بخش‌های زیادی از اراضی بهنمیر، کیاکلا، بابلسر، جویبار، شمال ساری و زاغمرز به علت شوری آب‌های زیرزمینی و استفاده از این آب‌های شور به‌عنوان منبع آب آبیاری موجب شور شدن خاک منطقه ریشه، کاهش میانگین عملکرد، خشکیدگی سرشاخه‌ها و زوال مرکبات در این مناطق شده است. بیشتر مطالعات انجام شده نشان داده است که معمولاً یک رگرسیون خطی بین عملکرد و متوسط قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) در دامنه شوری از 1

تا 5 دسی‌زیمنس بر متر وجود دارد به‌طوری‌که به‌ازای هر واحد افزایش در قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e)، حدود 10 درصد عملکرد میوه کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، تحمل پایه‌های معمول مرکبات به شوری بسیار متفاوت است. ترتیب پایه‌ها از متحمل‌ترین به حساس‌ترین شامل: 1. کلپاترا ماندارین، 2. نارنج، 3. سوینگل‌سیتروملو، 4. کاریزوسیترنج، ترویرسیترنج و 5. رافلمون است البته این ترتیب باتوجه‌به یون عامل شوری و ویژگی‌های خاکی و اقلیمی منطقه می‌تواند تغییر کند.

کلاس‌بندی نسبت جذب سدیم (SAR) آب آبیاری برای کشت مرکبات معمولاً به‌صورت: 0-5: خوب، 5-10: متوسط و 10-15: زیاد می‌باشد و کلاس‌بندی قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) شامل: 0/5-1 دسی‌زیمنس بر متر، خوب؛ 1-1/75 دسی‌زیمنس بر متر، متوسط؛ 1/75-3 دسی‌زیمنس بر متر، زیاد و 3-6 دسی‌زیمنس بر متر، خیلی زیاد است. آب آبیاری، با غلظت یون کلر بیشتر از 300 میلی‌گرم در لیتر و یون سولفات بیشتر از 700 میلی‌گرم در لیتر به‌عنوان اعداد آستانه برای آبیاری مرکبات گزارش شده‌اند.

علائم ظاهری شوری شامل برنزه‌شدن برگ‌ها، ریزش برگ‌ها، کلروز برگ‌ها (مشابه کلروز ناشی از آهن)، برگ‌های کوچک، میوه‌های کوچک، ریزش برگ‌ها و خشکیدگی سرشاخه‌های جوان است. نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داده که معمولاً درصد سدیم تبدالی (ESP) بیشتر از 5 درصد در بیشتر ارقام مرکبات موجب توقف رشد می‌شود.

جذب سدیم و مشکلات سدیم ناشی از آن، معمولاً با نسبت جذب سدیم (SAR) تعریف می‌شود، زیرا غلظت کل نمک به‌علاوه نسبت جذب سدیم (SAR)، در تعیین پاسخ محصول به سدیم بسیار مؤثر هستند. عامل دیگری که ظاهراً در پاسخ مرکبات به درصد سدیم تبدالی (ESP) نقش دارد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک است. دامنه تحمل ارقام مختلف مرکبات به درصد سدیم تبدالی (ESP) حدود 2 تا 10 درصد می‌باشد. ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات می‌تواند بر اساس نتایج آزمایش برگ برای غلظت یون‌های کلر و سدیم در برگ باشد. اما این روش کاستی‌هایی دارد. زیرا تجمع و غلظت این یون‌ها به سن برگ نیز بستگی دارد؛ بنابراین نمونه‌ها باید از برگ‌های با سن یکسان تهیه شوند. همچنین برگ‌هایی که در معرض آب آبیاری شور هستند ممکن است

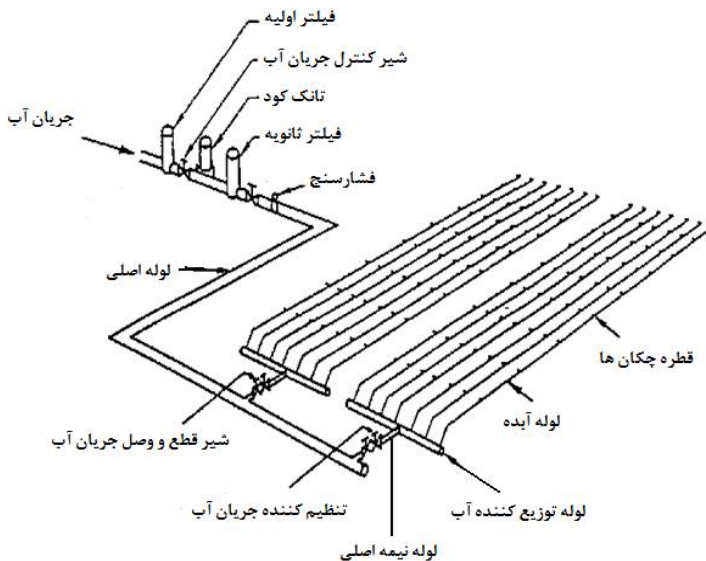
این یون‌ها را مستقیماً توسط اپیدرمشان جذب کنند. از این رو، غلظت این یون‌ها در برگ ممکن است نشان‌دهنده جذب خالص به وسیله ریشه‌ها نباشد؛ بنابراین در ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات به شوری پیشنهاد می‌شود تعدادی از پارامترهای فیزیولوژیکی مانند هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها و ظرفیت تبادل کاتیونی ریشه نیز در نظر گرفته شوند.

فصل چهارم

آبیاری

مناسب‌ترین روش آبیاری برای درختان میوه، آبیاری قطره‌ای است که در آن، آب به مقدار کمتر ولی در دفعات بیشتر مصرف می‌شود. معمولاً سیستم آبیاری قطره‌ای دارای اجزای مختلفی است که شامل منبع آب (چاه، استخر، کانال آب و...)، الکتروپمپ (موتور و پمپ)، صافی‌ها (فیلترها)، تانک کود، لوله‌ها (اصلی، نیمه‌اصلی، توزیع‌کننده و آبدۀ) و قطره‌چکان‌ها است (شکل 4-1). مجموعه موتور و پمپ، فشار مورد نیاز را در سیستم ایجاد می‌کند، معمولاً، در آبیاری‌های تحت فشار از موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود که با برق سه فاز یا تک فاز کار می‌کنند. اما اگر اختلاف ارتفاع بین منبع آب و باغ به اندازه‌ای باشد که بتواند فشار مناسب را در سیستم ایجاد نماید نیازی به پمپ نیست. برای هر سیستم آبیاری، احداث یک ایستگاه فیلتراسیون ضروری است این ایستگاه شامل ترکیبی از سیکلون (دورانی)، فیلتر شن و فیلتر دیسکی (توری) است که بر پایداری و عملکرد سیستم آبیاری بسیار موثر هستند. توصیه می‌شود ایستگاه، حدود نیم متر بالاتر از سطح زمین احداث شود. برای یک باغ با مساحت حدود ده هکتاری، نیاز است فضایی حدود 20 متر مربع به ایستگاه اختصاص داده شود و توصیه می‌شود حتماً مسقف باشد، کف ایستگاه نیز باید دارای شیب مناسب جهت هدایت آب به خارج باشد. برای شستشوی معکوس فیلترها، که حجم خروجی فراوانی دارد، توصیه می‌شود مسیر مناسبی از قبل پیش بینی شود کف ایستگاه را نیز بتون کرده و در صورت امکان، اطراف محوطه ایستگاه را با ففس‌های فلزی نصب شود. همچنین توصیه می‌شود سیستم فیلتراسیون را حداقل دو برابر ظرفیت لازم، طراحی شود و با تکرار مرتب عمل شستشوی معکوس، از انباشت بیش از حد رسوبات در فیلترها جلوگیری شود. در دوره خواب زمستانی و عدم نیاز به آبیاری، شن‌ها را از فیلتر شن خارج و شستشو نمایید شن‌های درون این فیلتر باید دارای دانه‌بندی متفاوتی باشند عدم رعایت در ترتیب لایه‌های شن، موجب کاهش کارایی فیلتر

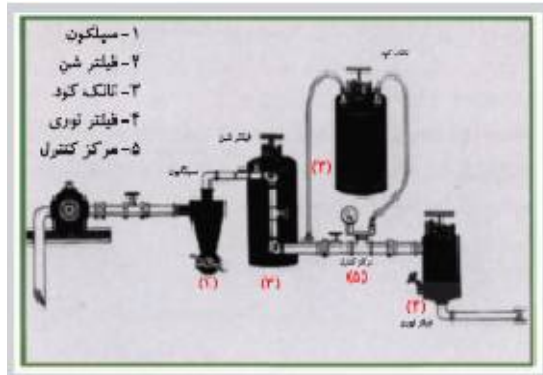
می‌شود، همچنین فیلترهای دیسکی و توری نیز در این دوره زمانی، از محفظه خارج و در مواد رسوب‌گیر مانند جوهر نمک به طور کامل شستشو و رسوب‌گیری شود.



شکل 4-1. نحوه قرار گرفتن فیلترها، تانک مواد شیمیایی، شیرهای کنترل، لوله‌های اصلی، نیمه اصلی، لوله‌های توزیع کننده، لوله‌های آبده و قطره‌چکان‌ها در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای.

4-1. نصب صافی‌ها (فیلترها)

صافی‌ها، پس از پمپ قرار داده می‌شوند و مانع از ورود ذرات معدنی خاک (ماسه، سیلت و رس)، مواد آلی (بقایای گیاهی، حیوانی، جلبک‌ها و...) و همچنین ذرات کربنات کلسیم به سیستم می‌شوند. صافی‌ها در سیستم‌های آبیاری تحت فشار، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار هستند؛ بنابراین، توصیه می‌شود در انتخاب و نگهداری آنها دقت لازم به عمل آید. معمولاً در سیستم‌های آبیاری تحت فشار از صافی‌های دورانی، شنی، دیسکی و توری (به علت وجود انواع ذرات معدنی و آلی) استفاده می‌شود و هر یک از این صافی‌ها قادر به تصفیه ذرات خاصی هستند (شکل 4-2).



شکل 4-2. ترتیب قرار گرفتن صافی‌های دورانی، شنی و توری و همچنین تانک کود در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای

4-1-1. صافی‌های دورانی (سیکلون): این صافی معمولاً ذرات با وزن مخصوص زیاد (مانند ذرات شن، سیلت درشت و ...) را جدا کرده و در مخزن زیر صافی جمع می‌کنند و با باز نمودن درپوش مخزن، می‌توان ذرات را به طور مرتب از مخزن خارج کرد (شکل 4-3). به طور کلی صافی سیکلون، حدود 70 تا 95 درصد ذرات سنگین معلق در آب (با اندازه بزرگ‌تر از 0/075 میلی‌متر) را فیلتر می‌کند باشد و توصیه می‌شود در ابتدای یک سیستم فیلتراسیون نصب گردد. در این صافی، با فرایند گریز از مرکز (ناشی از چرخش آب) ذرات شن و دیگر ذرات سنگین معلق در آب جدا می‌شوند. اساس عملکرد هیدروسیکلون بر گردش آب در مسیر مارپیچ و کاهش سرعت جریان آب و سپس تغییر مسیر آن بصورت عمودی که منجر به ته نشین شدن ذرات در تانک زیرین آن می‌شود. معمولاً برخی از تولید کنندگان داخلی مسیر مارپیچ درونی این دستگاه را حذف می‌کنند که موجب کاهش کارایی صافی می‌گردد لذا پیشنهاد می‌شود باغداران محترم در موقع خرید، به استانداردهای دستگاه توجه نمایند. در برخی موارد طراحان سیستم، نصب این دستگاه را غیرضروری می‌دانند اما تجربه عملی نشان‌دهنده تأثیر مثبت آن در جداسازی حجم قابل توجهی از گل و لای با دانه بندی درشت به سیستم فیلتراسیون است به ویژه در مواردی که منبع آب حاوی گل و لای زیاد است استفاده از این دستگاه در ورودی سیستم پمپاژ می‌تواند در کاهش انتقال رسوبات به شبکه بسیار موثر باشد.



شکل 3-4. صافی هیدروسپیکلون (با اندازه‌های متفاوت)

2-1-4. صافی‌های شنی: مخزن‌های فلزی هستند که در آن شن و ماسه وجود دارد و معمولاً مواد آلی و معدنی معلق و همچنین جلبک‌ها را از آب جدا می‌کنند و پس از سیکلون نصب می‌شوند (شکل 4-4). سطح فیلتراسیون در صافی‌های شنی در واقع مساحت مقطع مخزن این صافی‌ها است. در سیستم‌های که دو دستگاه یا بیشتر صافی شن نصب می‌گیرد لازم است سیستم طوری طراحی شود که در حین فیلتراسیون و انجام عملیات آبیاری فرایند شستشوی معکوس امکانپذیر باشد. توصیه می‌شود از دو فیلتر شن پر ظرفیت استفاده شود تا در زمان عمل شستشوی معکوس، آب فیلتر شده برای شستشوی نوبتی فیلترها استفاده شود. نصب شیر تخلیه هوا نیز از ضروریات صافی‌های شنی است در برخی موارد، حباب‌های هوا محبوس شده در درون صافی می‌تواند موجب کاهش کارایی سیستم شود لذا نصب شیرهای مناسب (ونت) می‌تواند به تدریج این حباب‌ها را از صافی خارج کند نصب فشارسنج در دو طرف صافی و فشار نسبی برابر آن‌ها، نشان‌دهنده تمیز بودن صافی خواهد بود.



شکل 4-4. صافی‌های شنی (دو نوع با اندازه‌های متفاوت)

3-1-4. صافی دیسکی: این صافی‌ها برای حذف مواد بیولوژیکی و ذرات معلق در آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شوند. این فیلترها دارای شیارهای بسیار باریک روی دیسک‌های پلاستیکی هستند که ذرات و مواد بسیار ریز معلق در آب را گرفته و تا زمان انجام فرآیند شستشو معکوس آن‌ها را نگه می‌دارند (شکل 4-5). با عملیات شستشوی معکوس، این ذرات و مواد بسیار ریز معلق از بین شیارهای دیسک‌ها تمیز می‌شوند. در فیلترهای دیسکی جدید، جهت افزایش سطح فیلتراسیون و همچنین عملکرد مطلوب در زمان شستشوی معکوس، دیسک‌ها به صورت سینوسی شکل ساخته شده‌اند. این فیلترها مجهز به توربولاتور در قسمت ورودی آب هستند و در صورت نصب در وضعیت مناسب، می‌توانند نقش صافی هیدروسیکلون را نیز داشته باشند. برای تمیز شدن فیلترهای دیسکی در فرآیند شستشوی معکوس (در مقایسه با فیلترهای شنی)، نیاز به آب کمتر اما با فشار بالاتر است.



شکل 4-5. صافی‌های دیسکی (سه نوع مختلف)

4-1-4. صافی‌های توری: صافی‌های توری، ذرات ریز آلی و غیرآلی را از آب می‌گیرند و پس از صافی شنی و قبل از ورود آب به لوله اصلی قرار می‌گیرند (شکل 4-6). این صافی‌ها، خطر گرفتگی فیزیکی با ذرات ریز را برطرف می‌نمایند. مقدار آب عبوری مجاز از فیلتر توری، حداکثر 136 لیتر در ثانیه از هر متر مربع مفید فیلتر است (سطح مفید فیلتراسیون سطحی است که امکان عبور آب از آن وجود دارد) و فشار ورودی آب بسیار بالا، ممکن است باعث تغییر شکل استوانه فیلترهای توری شود. وقتی اختلاف فشار در بخش ورودی و خروجی فیلتر حدوداً برابر 0/21 الی 0/35 بار شود زمان تمیز کردن فیلتر است و تمیز کردن این فیلترها با فرآیند شستشوی معکوس انجام می‌شود. فیلترهای توری معمولاً دو لایه هستند و توصیه می‌شود در طول سال چند بار، فیلترها را از محفظه خارج کرده و سطوح آن شستشو داده شود.



شکل 4-6. صافی‌های توری (دو نوع مختلف)

2-4. نصب تانک کود

تانک کود، مخزنی است که کودهای شیمیایی با حلالیت زیاد (مانند اوره، سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم، سولوپتاس، نیترات پتاسیم، سولفات پتاسیم پودری، سولوکراس، سولفات منیزیم، نیترات منیزیم، مونو آمونیوم فسفات، دی آمونیوم فسفات، اسید فسفریک و...) در آن قرار داده تا همراه با آب آبیاری (کودآبیاری) وارد سیستم شده و مصرف شوند (شکل 23). تانک کود معمولاً پس از صافی شنی و قبل از صافی توری قرار داده می‌شود (شکل 4-7).



شکل 4-7. انواع تانک کود، فلزی عمودی (سمت راست)، پلاستیکی افقی (سمت چپ)

3-4. نصب و آرایش لوله‌های آبده

آرایش و نحوه استقرار لوله‌های آبده نسبت به ردیف‌های درختان، معمولاً به شکل نواری (ایجاد نوار مرطوب در امتداد ردیف درختان) یا لوپ (ایجاد حلقه مرطوب در اطراف درختان) است. در روش نواری، یک یا دو ردیف لوله آبده دارای قطره‌چکان (که قطره‌چکان‌ها به فاصله معینی روی آن نصب شده است) به موازات درختان و به فاصله معینی از طوقه درختان قرار داده می‌شود (شکل‌های 4-8 و 4-9). اما در روش لوپ،

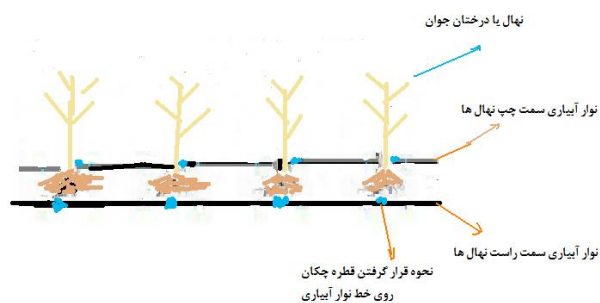
لوله‌های آبدۀ بدون قطره‌چکان در امتداد ردیف‌های درختان قرار داده می‌شود و سپس برای هر درخت یک لوله آبدۀ دارای قطره‌چکان از آن انشعاب داده و در اطراف درختان (در فاصله معینی از طوقه) قرار داده می‌شود (شکل 4-10). تعداد قطره‌چکان‌ها و فواصل آنها به مقدار آبدۀ (دبی) قطره‌چکان‌ها، ویژگی‌های خاک، مدیریت آبیاری و سن درختان بستگی دارد. در بیشتر مناطق شرق مازندران، توصیه می‌شود فاصله قطره‌چکان‌ها در روی خط، حدود 60 تا 80 سانتی‌متر باشد.

آب پس از خروج از پمپ و صافی‌ها وارد لوله اصلی می‌شود. قطر این لوله نسبتاً بزرگ است که آب را به لوله‌های نیمه‌اصلی می‌رساند و لوله‌های نیمه‌اصلی آب را به واحدهای آبیاری (دو یا چند قطعه از باغ) انتقال می‌دهند. در ابتدای هر لوله نیمه‌اصلی یک شیر آب (برای قطع و وصل جریان آب) قرار داده می‌شود. در باغ‌های با مساحت زیاد، برای اجتناب از به‌کارگیری لوله‌های اصلی بسیار بزرگ با پمپ‌ها و موتورهای قوی‌تر، توصیه می‌شود باغ، به چندین واحد آبیاری تقسیم شود و هر واحد آبیاری به‌طور مجزا آبیاری شود. لوله‌های توزیع‌کننده، آب را از لوله‌های نیمه‌اصلی به قطعات مورد نظر در هر واحد آبیاری (لوله‌های آبدۀ) انتقال می‌دهند. لوله‌های آبدۀ در امتداد ردیف‌های درختان قرار دارند و قطره‌چکان‌ها بر روی آنها یا در مسیر آنها نصب می‌گردند. همچنین در ابتدا و انتهای هر لوله آبدۀ یک شیر آب نصب می‌شود، شیر ابتدایی برای قطع و وصل جریان و شیر انتهایی برای امکان شستشوی لوله‌ها است. توصیه می‌شود شستشوی لوله‌ها، حداقل در ابتدا و انتهای فصل آبیاری برای کاهش یا ممانعت از گرفتگی قطره‌چکان‌ها انجام شود.

سرعت نفوذ آب در خاک‌های مختلف، متفاوت است؛ بنابراین، دبی تخلیه قطره‌چکان‌ها باید متناسب با سرعت نفوذ آب در خاک باشد. اگر دبی تخلیه قطره‌چکان‌ها بیشتر از سرعت نفوذ آب در خاک باشد موجب تولید رواناب یا شرایط ماندابی خواهد شد. اما اگر دبی تخلیه قطره‌چکان‌ها، خیلی کمتر از سرعت نفوذ آب در خاک باشد موجب کاهش حرکت جانبی آب در خاک و کاهش قطر منطقه خیس شده خواهد شد. در این حالت باید یا دبی قطره‌چکان‌ها افزایش یابد یا فاصله قطره‌چکان‌ها کمتر شود. برای مثال، اگر دبی تخلیه یک قطره‌چکان حدود 4 لیتر در ساعت باشد، سرعت نفوذ آب در خاک باید حدود 1/4 سانتی‌متر بر ساعت باشد تا قطر دایره خیس‌شده در اطراف قطره‌چکان، حدود

60 سانتی‌متر شود. معمولاً خاک‌های شنی، به‌ویژه با لایه‌بندی افقی اندک، برای آبیاری قطره‌ای بسیار مناسب هستند و این لایه‌بندی‌های اندک، برای آبیاری قطره‌ای مفید است زیرا حرکت جانبی آب را افزایش داده و حجم بیشتری از خاک را مرطوب می‌سازد. بررسی‌های میدانی نشان داده است که خاک‌های دارای بافت لوم برای آبیاری قطره‌ای، مناسب هستند. در مقابل، در بیشتر خاک‌های بافت ریز، روان آب سطحی ایجاد می‌گردد و به مدیریت آبیاری دقیق‌تری نیاز است.

بر اساس مطالعات منطقه‌ای نگارندگان و همچنین منابع علمی بررسی شده، برای درختان مرکبات سیستم آبیاری خطی (نواری) مناسب‌تر از سیستم حلقه‌ای (لوپ) است. برای نهال‌های جوان 1 تا 2 ساله، سیستم نواری با یک نوار در یک سمت ردیف کاشت نهال‌ها با یک قطره‌چکان با دبی حدود 4 لیتر در ساعت که در فاصله حداقل 20 سانتی‌متری از طوقه نهال قرار گرفته باشد، کافی است. اما توصیه می‌شود در پایان سال دوم رشد، یک نوار به سمت دیگر ردیف نهال‌ها افزوده شود؛ بنابراین دو نوار، در دو طرف نهال‌ها وجود خواهند داشت. با افزایش سن درختان و متناسب با شعاع تاج درختان، فاصله نوارهای آبیاری از طوقه نهال‌ها افزایش داده شود به‌طوری که قطره‌چکان‌ها، در یک‌سوم حاشیه خارجی سایبان درختان قرار گیرند. فاصله قطره‌چکان‌ها روی نوار، متناسب با بافت خاک (از 50 تا 60 سانتی‌متر در خاک‌های با بافت سبک تا حداکثر 80 تا 90 سانتی‌متر در خاک‌های با بافت سنگین) و تعداد قطره‌چکان‌ها متناسب با قطر تاج درختان می‌باشد. بر اساس پژوهش‌های نگارندگان، در خاکی با بافت سبک (لوم سیلتی) و شعاع خیس شوندگی حدود 35 سانتی‌متر که 50 درصد از آب قابل‌استفاده آن تخلیه شده باشد 3 تا 4 ساعت باز بودن سیستم آبیاری با دبی قطره‌چکان‌های حدود 4 لیتر بر ساعت برای خیس شدن این شعاع تا عمق 50 سانتی‌متری کفایت می‌کند و در خاکی با بافت نسبتاً سنگین (رس لومی) 4 تا 5 ساعت آبیاری با این سیستم کافی است. درختان مرکبات به حجم آب کم با دور آبیاری نزدیک (آبیاری پالسی) نیاز دارند. مرکبات به تنش مانداب نیز بسیار حساس هستند و از آبیاری زیاد برای این درختان باید پرهیز شود.



شکل 4-8. شماطیک سیستم آبیاری خطی (نواری)



شکل 4-9. سیستم آبیاری خطی (نواری) برای درختان بارده مرکبات



شکل 4-10. سیستم آبیاری حلقه‌ای (لوپ)

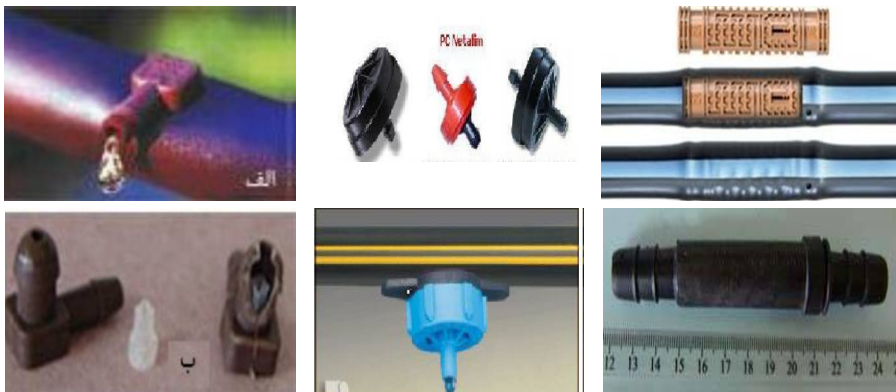
4-4. نصب قطره‌چکان‌ها

قطره‌چکان‌ها، آخرین وسیله در سیستم آبیاری تحت فشار قطره‌ای هستند که آب به شکل قطره‌قطره از آن‌ها خارج می‌شود. قطره‌چکان‌ها از نظر مقدار دبی خروجی (آبدهی) و نحوه نصب، متفاوت هستند. قطره‌چکان‌هایی که برای درختان مرکبات توصیه می‌شوند به طور معمول باید مقدار آبدهی آن‌ها، 4 لیتر در ساعت یا کمتر باشد. از نظر نحوه نصب، قطره‌چکان‌های روی خط و قطره‌چکان‌های داخل خط وجود دارند.

قطره‌چکان‌های روی خط، در روی لوله‌های آبدی نصب می‌شوند به‌طوری‌که، لوله آبدی را سوراخ کرده (با ابزار مخصوص) و پایه قطره‌چکان در آن قرار داده می‌شود. از قطره‌چکان‌های روی خط می‌توان نتافیم و میکروفلاپرها را نام برد که سازندگان آن‌ها ادعا دارند گرفتگی روزنه‌های خروج آب آن‌ها بسیار کم است. به‌طوری‌که در این قطره‌چکان‌ها با مسدودشدن روزنه‌ها، فشار آب در پشت روزنه‌های خروج آب افزایش یافته و قطر روزنه‌ها به علت خاصیت ارتجاعی بزرگ‌تر شده و موجب خروج ذره یا عامل انسداد خواهد شد و با خروج ذره یا عامل انسداد، روزنه‌ها مجدداً به حالت اولیه برمی‌گردند. به‌طور کلی از بین انواع مختلف قطره‌چکان‌ها، قطره‌چکان‌های نتافیم (Netafim) از کارایی و پایداری بهتری برخوردار هستند (شکل 4-11 ردیف بالا). این قطره‌چکان‌ها، دو نوع کلی PC و NPC دارند که دبی 2 تا 16 لیتر در ساعت دارند. قطره‌چکان‌ها با آبدهی 4 لیتر در ساعت و کمتر برای درختان مرکبات توصیه می‌شوند. درپیرهای نوع PC آن در محدوده فشار 1 تا 3 اتمسفر عملکرد ثابتی داشته و دبی خروجی آن تغییر نمی‌کند؛ اما نوع NPC در محدوده فشار 10 تا 40 psi تغییرات صددرصدی در دبی خروجی دارد؛ بنابراین در این قطره‌چکان‌ها امکان تغییر دبی خروجی با تغییر فشار خط وجود دارد؛ لذا استفاده از این نوع درپیرها، مستلزم تسطیح مناسب بلوک‌های آبیاری و دقت در طراحی سیستم آبیاری جهت حفظ فشار متعادل در لوله‌های توزیع آب یا لاترال‌ها است.

اما قطره‌چکان‌های داخل خط، در روی لوله‌های آبدی نصب نمی‌شوند، بلکه این قطره‌چکان‌ها در مسیر لوله‌های آبدی قرار داده می‌شوند (شکل 4-11، ردیف پایین). برای نصب آن‌ها، لوله آبدی را قطع نموده و قطره‌چکان در بین دو قسمت قطع شده قرار داده می‌شود. یکی از معایب اصلی قطره‌چکان‌ها، احتمال گرفتگی آن‌ها است که به علت باریک

بودن، طولانی بودن و همچنین مارپیچی بودن مجرای خروجی آن‌ها است. البته باریک، طولانی و مارپیچی بودن مجراها، برای کاهش فشار آب و کاهش دبی خروجی، متناسب با مقدار مورد انتظار است. عبور آب از این مسیر باریک، مارپیچی و طولانی با سرعت کم، موجب رسوب مواد با حلالیت کم (مانند کربنات‌های کلسیم و منیزیم، سولفات‌های کلسیم و) شده و با افزایش تدریجی این رسوبات، روزنه‌های خروج آب مسدود و به اصطلاح، گرفتگی قطره‌چکان‌ها رخ خواهد داد.



شکل 4-11. قطره‌چکان‌های روی خط: تنافیم (ردیف بالا) و میکروفلاپر (ردیف وسط)،
قطره‌چکان‌های داخل خط (پایین)

فصل پنجم

مهم‌ترین ویژگی‌های خاکی و مدیریت انتخاب پایه و نهال

5-1. pH و آهک خاک (تحمل پایه‌ها و مدیریت کشت)

5-1-1. کاهش pH در خاک‌های آهکی: گاهی اوقات باغداران و تولیدکنندگان تمایل دارند pH خاک باغ را کاهش دهند بیشتر آنها ممکن است فکر کنند پایین آوردن pH خاک موجب افزایش قابلیت استفاده عناصر غذایی در خاک‌های بازی و آهکی می‌شود (تولان و همکاران، 1992؛ زربی، 2002). اما به طور کلی مصرف عناصر غذایی ارزان‌تر و اقتصادی‌تر از پایین آوردن pH در خاک‌های آهکی است. کاهش pH خاک با مصرف اسیدها یا موادی که هنگام واکنش با خاک موجب تشکیل اسید می‌شوند امکان‌پذیر است اما در بیشتر موارد غیراقتصادی است (رامهلد، 2000؛ وایی و همکاران، 1994؛ وایرن و گروساک، 2000). مصرف کودهای نیتروژنی دارای یون آمونیم (مانند سولفات آمونیم) به خاک، موجب اسیدی شدن خاک می‌شوند همچنانکه سولفور عنصری، سولفات‌های آهن و آلومینیم انجام می‌دهند. سولفور اکسید شده به شکل سولفات آلومینیم یا سولفات آهن فرو نیز قابل استفاده است و می‌توانند موجب کاهش pH خاک شوند اما به مقدار بیشتری از این مواد (نسبت به سولفور عنصری) برای کاهش یک واحد pH نیاز است (به ترتیب 4 و 8 برابر). به طور کلی پس از مصرف سولفور در خاک، برای نشان دادن تأثیر سولفور بر pH خاک حدوداً سه ماه زمان نیاز است و پس از سه ماه، انجام آزمایش خاک برای بررسی مقدار تأثیر توصیه می‌شود (جدول‌های 5-1 و 5-2).

5-1-2. pH چه خاک‌های را می‌توان کاهش داد: موفقیت در کاهش pH خاک یا

اسیدی کردن خاک، به ظرفیت بافری خاک بستگی دارد در کل، کاهش pH در یک خاک شنی با ماده آلی پایین و ظرفیت تبادلی کم بسیار آسان‌تر از یک خاک رسی با ظرفیت تبادلی بالا است. در خاک‌های با ظرفیت بافری زیاد، کاهش pH خاک ممکن است

کوتاه‌مدت باشد. عامل دیگری که در کاهش pH خاک یا اسیدی کردن خاک تأثیر دارد مقدار آهک (کربنات کلسیم یا T.N.V) خاک است. خاک‌های با pH بیشتر از هفت، معمولاً دارای مقدار زیادی کربنات کلسیم و منیزیم هستند که بلافاصله با مصرف اسید یا اسید تولیدی ناشی از مصرف گوگرد واکنش داده و آن را خنثی می‌کنند؛ لذا از کاهش pH ممانعت می‌شود. درجه pH طبیعی خاک نیز بر سهولت کاهش pH مؤثر است به‌خاطر داشته باشید که درجه pH لگاریتمی است؛ لذا کاهش pH از 7 به 5، 10 برابر مشکل‌تر از کاهش pH از 6 به 5 است. خاک‌های که pH طبیعی آن‌ها 2 واحد بیشتر از pH مورد نظر است تقریباً کاهش آن تقریباً غیرعملی است برای مثال اگر حدود 750 کیلوگرم در هکتار سولفور برای کاهش pH از 6 به 5 مورد نیاز است برای کاهش از 7 به 5 حدود 8000 کیلوگرم یا بیشتر سولفور نیاز است.

3-1-5. سولفور پودری (گوگرد عنصری): مصرف گوگرد یا سولفور عنصری (S) عملی‌ترین و تجاری‌ترین روش برای کاهش pH است با مصرف سولفور در خاک برخی باکتری‌های خاک طی یک فرآیند بیولوژیکی، سولفور عنصری را تبدیل به سولفات می‌کنند. به طور میانگین راهنمای مقدار سولفور مورد نیاز برای کاهش pH، در جدول 1-5 آمده است. سولفور پودری سریع‌تر از گوگرد گرانوله عمل می‌کند اما گران‌تر و پخش آن مشکل‌تر است سولفور می‌تواند در هر فصلی از سال مصرف شود. جایگزین‌های مناسب برای گوگرد عنصری در جدول 2-5 ذکر شده است. اعداد این جدول تئوریکال و تقریبی هستند زیرا بر این اساس محاسبه شده‌اند که درصد در خاک واکنش انجام دهند و تولید اسید نمایند اما در عمل مقداری از این مواد با خاک واکنش می‌دهند بسیار کمتر از این است و اغلب در حدود 50 درصد است و 50 درصد بقیه در سطوح خاک غیر متحرک می‌شوند یا توسط میکروب‌های خاک یا گیاهان جذب می‌شوند.

4-1-5. گوگرد یا سولفور مایع: گوگرد مایع (یا سوسپانسیون گوگرد)، به سوسپانسیون گوگرد در یک مایع اطلاق می‌شود. گوگرد استفاده شده برای سوسپانسیون باید دارای ذرات بسیار ریز باشد و همچنین در آب یا یک کود مایع سوسپانسیون شود. به طور کلی سوسپانسیون گوگرد یا گوگرد مایع حدود 50 تا 70 درصد گوگرد، 0/5 تا 5 درصد رس و مقداری نیز از یک عامل دیسپرس کننده است و درصد باقیمانده که حدود 30 تا 45 درصد

می‌باشد شامل آب یا یک کود مایع است. گوگرد سوسپانسیون شده دارای درجه پودری بالا است و گوگردی که از غربال 60 مش عبور کند معمولاً از بیشترین کارایی برخوردار است. اما شواهدی وجود ندارد که گوگرد مایع موثرتر از گوگرد پودری باشد فقط مصرف آن آسان‌تر و عملی‌تر است و از هزینه کارگری کمتری برخوردار است.

5-1-5. گوگرد گرانوله: برخی شرکت‌ها، گوگرد گرانوله را ترویج و توصیه می‌کنند گوگرد گرانوله، در واقع همانگوگرد پودری یا عنصری است که به صورت گرانوله در آمده است (مشابه با کودهای گرانوله). گرانوله کردن مصرف آن را آسان‌تر می‌سازد به طوری که پخش و مصرف آن با دستگاه‌های کودپاشی معمول امکان‌پذیر می‌کند. اما این گوگرد گرانوله موثرتر از گوگرد پودری یا عنصری نیست و مقدار مصرف آن در هکتار نیز معادل با گوگرد پودری توصیه می‌شود.

جدول 5-1. سولفور موردنیاز برای کاهش pH در خاک‌های غیر آهکی با بافت متفاوت

سولفور مورد نیاز برای کاهش هر واحد pH (کیلوگرم در هکتار)	بافت خاک
350	شنی
750	لوم شنی
1100	لوم

جدول 5-2. مؤثر بودن نسبی مواد مختلف برای کاهش pH خاک

ماده شیمیایی	فرمول شیمیایی	درصد سولفور	کیلوگرم برای خنثی‌سازی 100 کیلوگرم آهک (کربنات کلسیم)
سولفور عنصری	S	100	32
سولفور گرانوله	S	90	36
اسیدسولفوریک	H ₂ SO ₄	32	98
سولفات آمونیوم	(NH ₄) ₂ SO ₄	23/7	66

نتایج اندازه‌گیری درجه کلروز برگ پایه‌ها مختلف مرکبات در خاک‌های آهکی شرق مازندران نشان داد که سوینگل‌سیتروملو بیشترین درجه کلروز را داشت و پایه‌های سی 35، کاریزوسیترنج، گوتو، تروپرسیترنج، اسموت‌فلت‌سویل و نارنج به ترتیب بعد از سیتروملو قرار داشتند (جدول 5-3). البته در شرق مازندران به علت شیوع گسترده بیماری ویروسی تریستزا استفاده از نارنج بسیار محدود شده است. تحمل پایه‌های مختلف به آهک در خاک‌های آهکی شرق مازندران بر اساس شاخص‌های مختلف در جدول 6 آورده شده است. بر اساس نتایج این تحقیق، پایه تروپرسیترنج برای خاک‌های با آهک کل کمتر از 20 درصد یا آهک فعال کمتر از 10 درصد توصیه می‌شود و در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 20 درصد یا آهک فعال بیشتر از 10 درصد زردی و کاهش رشد نشان می‌دهد. به‌طور کلی باتوجه به نتایج پژوهش‌های اسدی کنگرشاهی (1397) و اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1396)، 1399 و 1401) توصیه می‌شود در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 14 و آهک فعال بیشتر از 5 درصد از پایه سوینگل‌سیتروملو استفاده نشود و در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 9 تا 14 درصد از پایه سی 35 استفاده نشود. همچنین باتوجه به نتایج پژوهش‌های مختلف بافت خاک و مقدار آهک در تحمل پایه کاریزوسیترنج به خاک‌های آهکی بیشترین تأثیر دارند به‌طوری در خاک‌های با بافت سنگین و متوسط و آهک کل بیشتر از 14 درصد علائم شدید زرد برگی و کاهش رشد نشان می‌دهد؛ اما در خاک‌های با بافت سبک و آهک کل 40 درصد، علائم کلروز ظاهر نشد یا بسیار خفیف بود؛ بنابراین به باغداران توصیه می‌شود در انتخاب این پایه، بافت خاک و مقدار آهک خاک را لحاظ نمایند. نتایج گزارش‌های مختلف نشان داده است که درختان مرکبات با پایه‌های نارنج، اسموت فلت سویل و گوتو به‌خوبی در خاک‌های آهکی رشد می‌کنند و علائم کلروز در خاک‌های با آهک مختلف ندارند (ماربل و همکاران، 2005؛ پستانا و همکاران، 2005)؛ بنابراین در خاک‌های آهکی (به‌ویژه خاک‌های با آهک متوسط و زیاد) می‌توان از پایه‌های اسموت فلت سویل و گوتو به‌عنوان پایه جایگزین برای نارنج در احداث باغ استفاده کنند.

جدول 5-3. تحمل پایه‌های مختلف مرکبات به کربنات کلسیم (آهک) بر اساس شاخص‌های مختلف ارزیابی در خاک‌های استان مازندران (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1397؛ اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1394)

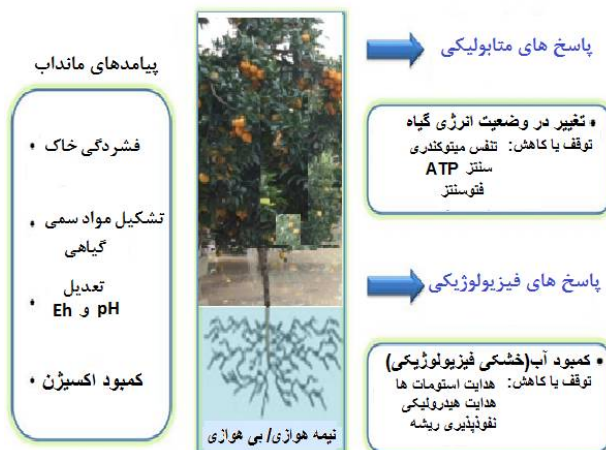
شاخص تحمل به کربنات کلسیم (آهک)*			
درجه زردی برگ	فلورسنس کلروفیل	آهن فعال برگ	تحمل
نارنج	نارنج	نارنج	زیاد
اسموت فلت سویل	اسموت فلت سویل	اسموت فلت سویل	
تروپرسیترنج	گوتو	تروپرسیترنج	↓
گوتو	تروپرسیترنج	سی-35	↓
کاریزو سیترنج	کاریزو سیترنج	کاریزو سیترنج	↓
سی-35	سی-35	گوتو	↓
سوپنگل سیتروملو	سوپنگل سیتروملو	سوپنگل سیتروملو	کم

*- این ترتیب تحمل برای درختان به خاک‌های آهکی میانه و شرق مازندران می‌باشد.

2-5. تنش مانداب و سیلاب (تحمل پایه‌ها و مدیریت کشت)

شرایط مانداب و غرقاب یک تنش فصلی است که موجب تغییرات شیمیایی، بیوشیمیایی و الکتروشیمیایی در محلول خاک می‌شود (شکل 5-1). در سواحل مدیترانه و دیگر نواحی عمده کشت مرکبات در جهان (مانند فلوریدا، برزیل، چین، شمال ایران و ...) باران‌های شدید، اغلب منجر به مانداب شدن کوتاه مدت خاک می‌شوند. بررسی‌های منطقه‌ای بیشتر باغ‌های مناطق جلگه‌ای مازندران نشان داده است که در برخی از فصول سال باغ‌های منطقه دچار مانداب سطحی یا نوسان آب زیر زمینی هستند. همچنین زمین‌های پست و شالیزاری که به باغ تبدیل شده‌اند در مواقعی از سال که بارندگی شدید است ماندابی می‌شوند (شکل 5-2). در این حالت، مشکلات فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای برای درختان این باغ‌ها ایجاد می‌شود. تاج تنک، کاهش تشکیل میوه، خشکیدگی شدید سرشاخه‌ها، ریزش شدید گل و میوه‌چه‌ها از نشانه‌های اکثر درختان این باغ‌ها می‌باشد. عملکرد پایین و کیفیت نامطلوب میوه این درختان خسارت‌های اقتصادی زیادی برای باغداران منطقه به همراه دارد.

شرایط مانداب و غرقاب موجب کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه‌ها می‌شود و کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه در شرایط مانداب ناشی از تغییر در فراوانی یا فعالیت پورین‌ها (پروتئین‌های غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه) است. بیان ژن‌های مسئول ساخت این پورین‌ها، تحت شرایط ماندابی و غرقابی به‌شدت کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، دو مدل برای انتقال آب در بافت ریشه (سیمپلاست و آپوپلاست) وجود دارد پورین‌ها بیشتر در تنظیم مسیر سیمپلاست دخالت دارند. نتایج پژوهش‌های انجام شده در مورد درختان مرکبات نشان داده است که 80 درصد آب مورد نیاز این گیاهان از مسیر سیمپلاست عبور می‌کند و شرایط مانداب و غرقاب، موجب اختلال شدید در مسیر سیمپلاست می‌شود.



شکل 5-1. تأثیر مانداب موقت منطقه ریشه بر برخی ویژگی‌های خاکی و پاسخ‌های درختان

به‌طور کلی تحمل درختان میوه به شرایط مانداب و غرقاب، بیشتر به پایه آنها بستگی دارد. مرکبات به‌طور کلی، به‌عنوان محصولات حساس به شرایط مانداب و غرقاب طبقه‌بندی می‌شوند و هیچ‌گونه سازگاری مورفولوژیکی و آناتومی به مانداب و غرقاب ندارند. اما تفاوت‌های زیادی میان ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات در تحمل به شرایط مانداب و غرقاب وجود دارد که به‌طور عمده، ناشی از اختلاف در پاسخ‌های تغذیه‌ای، فیزیولوژیکی و متابولیکی آنها است. شرایط مانداب و غرقاب سبب چندین اختلال فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در مرکبات می‌شود. زیرا مرکبات فاقد سازگاری ویژه‌ای به

شرایط مانداب و غرقاب (مانند تشکیل آثرانشیما، ریشه‌های نابجا، عدسک‌ها و ...) می‌باشند. تحمل درختان به مانداب و غرقاب می‌تواند به طور معنی‌داری تحت‌تأثیر ویژگی‌های خاک نیز قرار گیرد. تغییر در هدایت هیدرولیکی ریشه، انتقال در آوندهای چوبی و آبکشی، میزان کلروفیل و فتوسنتز ناشی از شرایط مانداب و غرقاب، موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها شده و این کاهش انتقال مواد فتوسنتزی، سبب به‌هم‌خوردن تعادل بین ریشه و اندام هوایی، نسبت کربوهیدرات‌ها به نیتروژن، ریزش گل‌ها، خشک‌شدن سرشاخه‌ها، ریزش برگ‌ها، کاهش عملکرد و کیفیت میوه در بیشتر ژنوتیپ‌های مرکبات می‌شود (شکل 5-3).

با مانداب یا غرقاب‌شدن خاک و تخلیه تدریجی اکسیژن، تنفس از هوازی به بی‌هوازی تغییر می‌یابد و در نتیجه، برخی یون‌ها مانند آهن II، منگنز II و سولفید ممکن است در منطقه ریشه تجمع یابند و موجب مسمویت گیاه شوند. همچنین کاهش آهن III، می‌تواند فسفات جذب شده به‌وسیله اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن را آزاد کند. آبیاری زیاد و مانداب خاک، موجب محدودشدن قابلیت استفاده اکسیژن برای ریشه‌ها شده و در نتیجه می‌تواند نفوذپذیری ریشه و جذب آب را کاهش داده و موجب کاهش رشد گیاهان شود. علائم تنش مانداب و غرقاب، تقریباً مشابه با تنش خشکی است اگرچه سازوکارها و علت‌ها متفاوت است. تحت شرایط مانداب، ظرفیت فتوسنتزی برگ کاهش یافته و بیشتر ریشه‌های موئین صدمه خواهند دید. تغییرات الکتروشیمیایی و بیوشیمیایی از جمله پتانسیل اکسایش-کاهش (Eh) در خاک‌های در معرض مانداب می‌تواند به طور مستقیم و غیرمستقیم بر حلالیت و قابلیت استفاده بیشتر عناصر غذایی تأثیر داشته باشد.



شکل 5-2. ماندابی موقت منطقه ریشه درختان مرکبات پس از وقوع بارندگی شدید در شرق مازندران (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1392)



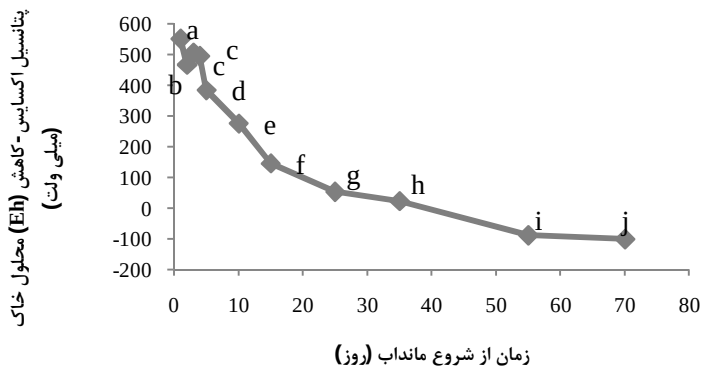
شکل 3-5. ماندابی شدن طولانی مدت منطقه ریشه درختان مرکبات به علت سنگینی بافت خاک و تداوم بارندگی‌ها از اواسط پاییز تا اواسط بهار در مناطق دامنه‌ای غرب مازندران

5-2-1. تأثیر مانداب بر پتانسیل اکسایش-کاهش (Eh): نتایج پژوهش‌های

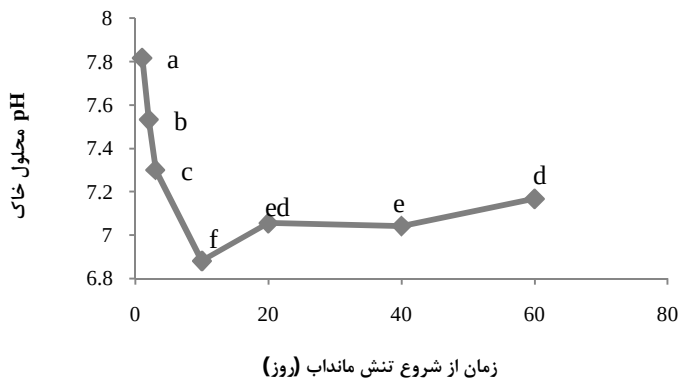
میدانی نشان داده است که میانگین تغییرات Eh محلول خاک در تمام طول دوره مانداب ادامه دارد و دامنه آن بین 99- تا 552 میلی‌ولت بود. میانگین Eh در روز دوم به 468 میلی‌ولت کاهش یافت سپس در روز سوم افزایش نسبی داشت و به 508 میلی‌ولت رسید و پس از آن سریعاً کاهش یافت به طوری که در روز هفتم به 227 میلی‌ولت رسید. از روز هفتم تا پایان آزمایش، روند کاهش Eh ادامه داشت به طوری که در پایان آزمایش به 99- میلی‌ولت رسید. به طور کلی پتانسیل اکسایش-کاهش در خاک‌های غیرغرقاب بیشتر از 370 میلی‌ولت است در این خاک‌ها اکسیژن به‌عنوان پذیرنده نهایی الکترون است و در چند روز پس از مانداب، اکسیژن توسط میکروب‌های هوازی مصرف می‌شود که منجر به کاهش سریعی در Eh می‌شود. نتایج پژوهشی نشان داد که Eh خاک‌ها پس از 10، 15، 25، 35، 55 و 70 روز به ترتیب به حدود 277، 147، 55، 24، 87- و 99- میلی‌ولت رسید. خاک‌های معدنی معمولاً مقدار زیادی اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و منگنز دارند. بنابراین Eh خاک‌ها در مانداب‌های فصلی به ندرت به کمتر از 100- میلی‌ولت می‌رسد. در این مطالعه میانگین Eh خاک‌ها نشان داد که شرایط احیاء حدود 5 روز پس از مانداب شدن خاک‌ها حادث می‌شود و پس از حدود 15 تا 20 روز شرایط کاهشی حاصل خواهد شد و در پایان آزمایش به حدود 99 میلی‌ولت رسید. بنابراین Eh بحرانی (Eh) که موجب تولید گاز متان می‌شود) در این خاک‌ها در این دوره زمانی مانداب

حادث نشد. گزارش‌های مختلف نشان داده است که Eh بحرانی برای تولید گاز متان (CH_4) حدود 200- میلی‌ولت است. به طور کلی خاک‌ها از نظر پتانسیل اکسایش-کاهش (Eh) به خاک‌های اکسیدی، نیمه احیایی و احیایی تقسیم می‌شوند، به طوری که در $\text{pH} = 7$ ، خاک‌های اکسایشی دارای پتانسیل ریداکس بالاتر از 440 میلی‌ولت، خاک‌های نسبتاً کاهش یافته حدود 120 تا 440 میلی‌ولت، خاک‌های کاهش یافته 120- تا 120 میلی‌ولت و خاک‌های شدیداً کاهش یافته پایین‌تر از 120- میلی‌ولت می‌باشند. به طور میانگین خاک‌ها پس از چهار روز شرایط ماندابی هنوز در حالت اکسیدی هستند اما از روز پنجم شرایط نسبتاً کاهش‌ی حاصل خواهد شد و از حدود روز پانزدهم به بعد تقریباً شرایط به کاهش‌ی تغییر خواهد کرد (شکل 4-5).

2-2-5. تأثیر مانداب بر pH محلول خاک: با غرقاب شدن خاک‌ها، pH شروع به کاهش کرد و پس از 10 روز به حداقل (6/88) رسید سپس به مقدار جزئی افزایش یافت و به مقدار نسبتاً پایداری رسید که حدود 7/05 و 7/04 به ترتیب در 20 و 40 روز پس از تنش مانداب و غرقاب رسید پس از آن، pH روند افزایشی داشت و به 7/17 در 60 روز پس از مانداب رسید. بنابراین به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که با مانداب و غرقاب شدن خاک‌ها، pH پس از 20 روز تقریباً به حدود خنثی (حدود 7) می‌رسد (شکل 5-5). کاهش pH در خاک‌های آهکی و قلیایی عمدتاً ناشی از تجزیه میکروبی مواد آلی و تنفس میکروبی است که منجر به تولید و تجمع دی‌اکسیدکربن در محلول خاک می‌شود. به همین دلیل pH خاک‌های ماندابی و غرقابی، بدون توجه به pH اولیه خاک (قبل از غرقاب) به حالت خنثی (6/5 تا 7) می‌رسد. برای تغییر pH خاک‌های ماندابی و غرقابی باتوجه به نوع خاک، میزان مواد آلی و جمعیت میکروبی، درجه حرارت خاک و دیگر ویژگی‌های خاک ممکن است به یک تا چندین هفته زمان نیاز داشته باشد. همچنین این تغییر pH در خاک‌های ماندابی و غرقابی می‌تواند بر حاصلخیزی خاک‌ها و همچنین قابلیت استفاده برخی عناصر غذایی و غلظت مواد سمی تأثیر داشته باشد که عمدتاً ناشی از اثر آن‌ها بر تعادل‌های شیمیایی، جذب و واجذبی، تصعید آمونیاک، تولید مواد سمی و فعالیت میکروبی در خاک است.



شکل 5-4. تغییرات زمانی میانگین Eh خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی

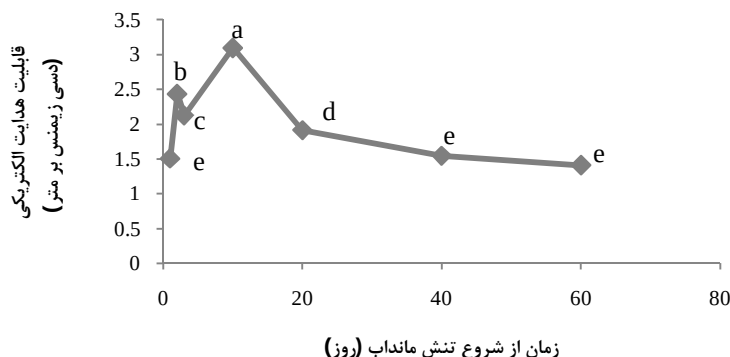


شکل 5-5. تغییرات زمانی میانگین pH خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی

3-2-5. تأثیر مانداب بر قابلیت هدایت الکتریکی (EC) محلول خاک: تأثیر

مانداب بر میانگین EC محلول خاک در خاک‌های مختلف در شکل 5-6 نشان داده شده است. میانگین EC محلول خاک یک روز پس از غرقاب حدود 1/5 دسی‌زیمنس بر متر بود که در روز دوم به 2/43 دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت سپس مقداری کاهش نشان داد و به 2/13 دسی‌زیمنس بر متر رسید و مجدداً به 3/19 دسی‌زیمنس بر متر در روز دهم پس از اعمال تنش رسید. پس از آن میانگین EC شروع به کاهش کرد به طوری که در 20، 40

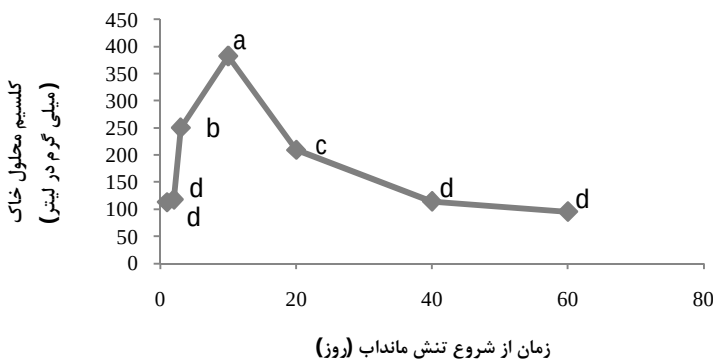
و 60 روز پس از تنش مانداب به ترتیب به 1/91، 1/54 و 1/41 دسی‌زیمنس بر متر رسید که مقدار آن در پایان دوره مانداب، تقریباً به مقدار در شروع تنش غرقاب رسید. افزایش EC در روزهای اول پس از اعمال تنش غرقاب در خاک‌های آهکی می‌تواند ناشی از تجمع CO_2 و حل شدن کربنات کلسیم باشد (روستامینا و همکاران، 2011). برخی گزارش‌ها افزایش EC را ناشی از حل شدن اکسیدهای قابل کاهش آهن و منگنز و همچنین رهاسازی عناصر جذب شده روی سطوح اکسیدها بیان کرده‌اند (بوین و همکاران، 2002). کاهش مجدد EC پس از رسیدن به حداکثر نیز به تجزیه اسیدهای آلی و کاهش فشار جزئی CO_2 نسبت داده شده است (روستامینا و همکاران، 2011). برخی گزارش‌ها نیز دلیل افزایش قابلیت هدایت الکتریکی در محلول خاک، کاهش یون‌های آهن سه ظرفیتی و منگنز سه و چهار ظرفیتی به ترتیب به آهن دو ظرفیتی و منگنز دو ظرفیتی و در نتیجه افزایش تحرک این یون‌ها، تشکیل یون‌های NH_4^+ ، HCO_3^- ، RCOO^- و اسیدهای آلی ناشی از تجزیه مواد آلی و همچنین جانشینی کاتیون‌های موجود در سطح کلونیدهای خاک به وسیله یون‌های آهن (II)، منگنز (II) و آمونیم (NH_4^+) است (بوین و همکاران، 2002). دلیل کاهش بعدی و رسیدن به یک مقدار نسبتاً پایدار نیز رسوب آهن (II) به صورت FeS و $\text{Fe}_3(\text{OH})_8$ ، رسوب منگنز (II) به صورت MnCO_3 ، تبدیل RCOO^- ، HO_3^- و اسیدهای آلی به CH_4 و CO_2 و همچنین تلفات CO_2 است.



شکل 5-6. تغییرات زمانی میانگین EC خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی

5-2-4. تأثیر مانداب بر کلسیم محلول خاک: میانگین غلظت کلسیم در محلول

خاک در شروع آزمایش حدود 113 میلی‌گرم در لیتر بود و مانداب شدن به طور کلی موجب افزایش غلظت کلسیم در محلول خاک شد و حداکثر غلظت حدود 10 روز پس از اعمال شرایط مانداب حاصل شد. پس از آن، غلظت کلسیم شروع به کاهش کرد به طوری که پس از 40 روز به حدود 114 میلی‌گرم در لیتر رسید. دیگر پژوهشگران نیز نشان دادند که غلظت کلسیم در محلول خاک تحت شرایط مانداب و غرقاب افزایش می‌یابد (لارسون و همکاران، 1991). افزایش غلظت کلسیم در محلول خاک ناشی از حل شدن کربنات‌ها و بی‌کربنات‌های نامحلول خاک در خاک‌های آهکی تحت شرایط ماندابی، حلالیت فسفات‌های کلسیم، کاهش سایت‌های تبدالی به دلیل حلالیت کربن آلی (تخریب ساختمان خاک و خاکدانه‌ها با ماندابی شدن موجب حل شدن برخی عوامل سیمانی از جمله مواد آلی با وزن سبک به محلول خاک می‌شود که می‌توانند به صورت پوششی در روی برخی محل‌های تبدالی قرار گیرند) و اکسیدهای هیدروکسی آهن و منگنز و همچنین جایگزینی کلسیم در سایت‌های تبدالی خاک با سدیم، آهن و منگنز است که به دلیل افزایش قدرت یونی محلول و همچنین افزایش غلظت آهن، منگنز و سدیم در محلول خاک است (لارسون و همکاران، 1991). بنابراین میانگین غلظت کلسیم در محلول خاک‌های تحت شرایط مانداب ابتدا افزایش یافت و حدوداً پس از 10 روز به حداکثر رسید، سپس دوباره با شیب کمتری کاهش یافت و به مقدار اولیه در شروع تنش مانداب و غرقاب رسید (شکل 5-7).

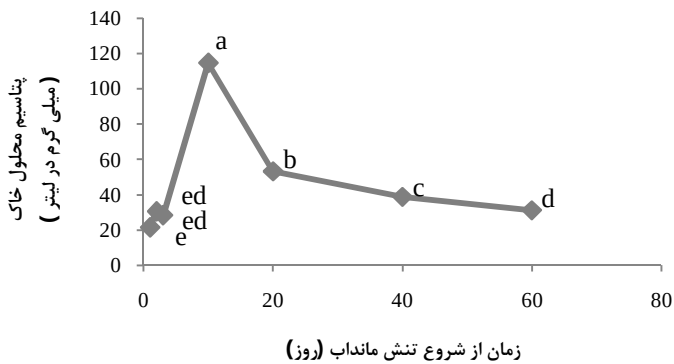


شکل 5-7. تغییرات زمانی میانگین غلظت کلسیم در محلول خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی

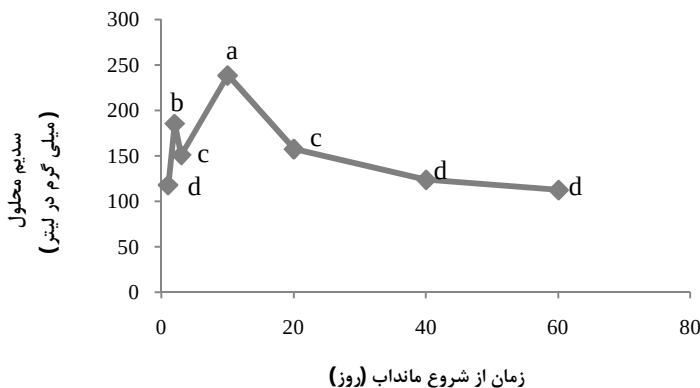
5-2-5. تأثیر مانداب بر پتاسیم و سدیم محلول خاک: تأثیر مانداب بر پتاسیم

محلول خاک‌ها در شکل 9 نشان داده شده است. در شروع مانداب میانگین غلظت پتاسیم حدود 21/4 میلی گرم در لیتر بود پس از 10 روز، غلظت آن به حداکثر (114 میلی گرم در لیتر) رسید. سپس غلظت پتاسیم شروع به کاهش کرد و در پایان آزمایش به حدود 31 میلی گرم در لیتر رسید. تغییرات زمانی غلظت پتاسیم محلول خاک‌های مختلف در شکل 5-8 نشان می‌دهد که غلظت پتاسیم پس از 10 روز، در خاک‌های 7 و 2 به ترتیب از بیشترین و کمترین تغییرات برخوردار بود. افزایش غلظت پتاسیم محلول ناشی از جایگزینی پتاسیم در محل‌های تبدالی با افزایش غلظت دیگر کاتیون‌ها در محلول خاک است. افزایش غلظت آهن و منگنز در شرایط مانداب و غرقاب می‌تواند جایگزین پتاسیم در محل‌های تبدالی شوند و پتاسیم را وارد محلول خاک کنند (بهمنیار، 2008). نتایج این پژوهش با یافته‌های نارته و صحراوات (1999) و لارسون و همکاران (1991) مطابقت دارد که گزارش کردند غرقاب شدن خاک‌های آهنی موجب افزایش غلظت کاتیون‌هایی آمونیم، کلسیم، پتاسیم در محلول خاک می‌شود و افزایش غلظت این عناصر را ناشی از انحلال کربنات‌ها و بی‌کربنات نامحلول تحت شرایط ماندابی، کاهش محل‌های تبدالی به دلیل انحلال کربن آلی و اکسیدهای هیدراته آهن و منگنز و همچنین جایگزینی محل‌های تبدالی خاک به دلیل غلظت بیشتر آهن و منگنز در محلول خاک گزارش کردند. با غرقاب شدن خاک، حلالیت اکسیدهای آهن و منگنز، حلالیت فسفات‌های کلسیم، حلالیت کربنات‌ها و بی‌کربنات نامحلول و همچنین برخی اکسیدهای هیدراته آلومینیم افزایش می‌یابد که در مجموع تغییرات حلالیت، جذب و واجدبی این عناصر می‌تواند موجب تغییرات و افزایش غلظت عناصری مانند کلسیم، پتاسیم، سدیم و آهن در محلول خاک و همچنین سطوح تبدالی شود (اتان، 2015؛ پونامپروما، 1972). کاهش مجدد پتاسیم محلول خاک، پس از رسیدن به حداکثر می‌تواند به دلیل جذب مجدد پتاسیم به محل‌های تبدالی و همچنین تثبیت آن توسط کانی‌های رس باشد (لئو و همکاران، 2004). همچنین روند تغییرات میانگین غلظت سدیم محلول خاک در خاک‌های آهنی با شرایط مانداب و غرقاب نشان داد که غلظت سدیم محلول خاک نیز پس از مانداب سریعاً افزایش یافت و به فاصله کوتاهی به حداکثر رسید سپس به طور تدریجی کاهش

یافت و نسبتاً پایدار شد (شکل 11). تغییرات زمانی غلظت سدیم محلول خاک‌های مختلف نشان می‌دهد که غلظت سدیم محلول در خاک 3 از بیشترین تغییرات برخوردار است. غلظت سدیم پس از 10 روز به بیشترین مقدار رسید سپس روند کاهشی داشت و پس از 20 روز، روند تغییرات تقریباً ثابت بود. این روند تغییرات در خاک‌های مختلف بسیار متفاوت بود (شکل 5-9).



شکل 5-8. تغییرات زمانی میانگین غلظت پتانسیم در محلول خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی

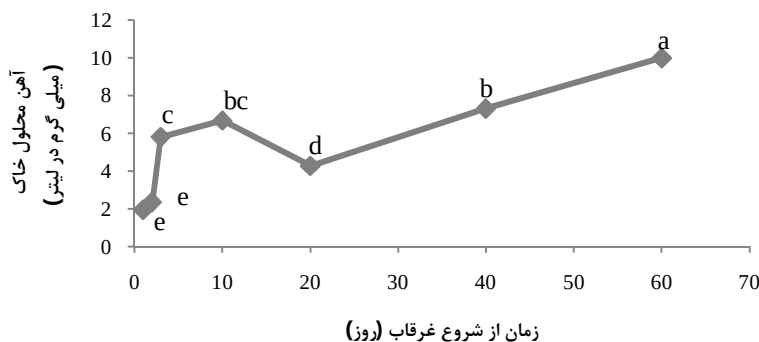


شکل 5-9. تغییرات زمانی میانگین غلظت سدیم در محلول خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی

5-2-6. تأثیر مانداب بر آهن محلول خاک: تأثیر مانداب بر غلظت آهن در محلول خاک نشان داد (شکل 5-10) که میانگین غلظت آهن در محلول خاک، ابتدا افزایش و پس از 10 روز به حداکثر (6/86 میلی گرم در لیتر) رسید سپس غلظت آن کاهش یافت و پس از 20 روز به مقدار حداقل 4/27 میلی گرم در لیتر رسید پس از آن مجدداً غلظت آهن در محلول خاک روند افزایش داشت و در پایان آزمایش به حدود 9/98 میلی گرم در لیتر افزایش یافت. روند تغییرات غلظت آهن در خاک‌های مختلف بسیار متفاوت بود بیشترین غلظت آهن در خاک‌های 4 و 6 مشاهده شد. به طور کلی شرایط کاهشی خاک‌ها و روند کاهش Eh آنها تحت شرایط ماندابی و غرقابی موجب کاهش (احیاء) آهن (III) به آهن (II) و در نتیجه حل شدن ترکیبات پایدار آهن خاک می‌شود (کیرک، 2004؛ صالح و همکاران، 2013). عامل دیگری که بر افزایش غلظت آهن در محلول خاک تأثیر دارد کاهش pH محلول خاک در خاک‌های ماندابی و غرقابی است. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین غلظت آهن در محلول خاک ابتدا به یک حداکثر رسید سپس کاهش یافت و مجدداً روند افزایشی داشت دلیل این روند تغییرات ممکن است کاهش قابلیت استفاده بیولوژیکی اکسیدهای آهن (بیورئوشیمی آهن)، جذب آهن روی سطح اکسیدها و محل‌های تبدالی (که مانع کاهش آنزیمی آهن می‌شوند) و همچنین تشکیل کانی آهن باشد (کوانتین و همکاران، 2008؛ رودن، 2004). نتایج این پژوهش با گزارش‌های دیگر مطابقت دارد که نشان دادند مانداب و غرقاب شدن خاک موجب افزایش غلظت آهن محلول، کاهش pH، افزایش جایگزینی کاتیون‌ها از محل‌های تبدالی و افزایش حلالیت فسفر می‌شوند و حداکثر غلظت آهن 30 روز پس از مانداب و غرقاب حاصل شد (پونامپروما، 1972؛ ابراهیم و همکاران، 2011).

نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت آهن در محلول خاک در فاصله کوتاهی بعد از اعمال شرایط مانداب افزایش می‌یابد و سپس دوباره شروع به کاهش نموده و بعد از سه هفته به یک حداقل رسید سپس مجدداً روند افزایشی داشت به طوری که پس از یک دوره حدود دوماه تنش مانداب به حدود 10 میلی گرم در لیتر رسید. در خاک‌های تحت تنش مانداب و غرقاب، تقریباً همزمان با ناپدید شدن اکسیژن و نیترات در محلول خاک، کاهش اکسیدهای منگنز و سپس آهن شروع می‌شود که از طریق الکتروشیمیایی به وسیله

کاهش در پتانسیل اکسایش-کاهش، کاهش شیمیایی توسط متابولیت‌های باکتریایی و همچنین مسیرهای اکسایش و کاهش بیولوژیکی انجام می‌شود. غلظت آهن (II) پس از مانداب یا غرقاب خاک‌های اسیدی با مواد آلی و آهن فعال زیاد، به طور تصاعدی افزایش می‌یابد و ممکن است به 50 تا 100 میلی گرم در کیلوگرم برسد و این غلظت معمولاً در طول چندین ماه پایدار است. اما در خاک‌های آهکی، غلظت آهن (II) در محلول خاک، به‌ندرت به بالاتر از 20 میلی گرم در کیلوگرم در خاک‌های تحت تنش مانداب و غرقاب می‌رسد. عواملی که در غلظت آهن (II) در محلول خاک در خاک‌های ماندابی و غرقابی دخالت دارند شامل آهن فعال سه ظرفیتی (آهن سه ظرفیتی قابل کاهش)، درجه حرارت مناسب برای کاهش آهن (45 درجه سانتی‌گراد)، مواد آلی قابل تجزیه (باکتری‌های که عمل کاهش در خاک‌های بی‌هوازی انجام می‌دهند غیر خودکفا هستند و از آهن (III) به‌عنوان پذیرنده نهایی الکترون برای اکسایش ماده آلی استفاده می‌نمایند) و مقدار نیتрат در محلول خاک است. همچنین غلظت آهن در محلول خاک به شدت تحت تأثیر پتانسیل اکسایش-کاهش و pH محلول خاک قرار می‌گیرد. حد بحرانی پتانسیل اکسایش-کاهش برای کاهش آهن (III) با مقدار pH محلول خاک تغییر می‌کند و در pH هفت، حد بحرانی پتانسیل اکسایش-کاهش برای کاهش آهن 100+ میلی‌ولت است.



شکل 5-10. تغییرات زمانی میانگین غلظت آهن در محلول خاک‌های آهکی مطالعه شده در شرایط ماندابی

تحمل درختان مرکبات به تنش مانداب، بیشتر به پایه آنها بستگی دارد. مرکبات به‌طور کلی به‌عنوان محصولات حساس به تنش مانداب طبقه‌بندی می‌شوند و هیچ‌گونه سازگاری مرفولوژیکی و آناتومی به تنش مانداب ندارند. اما اختلافات زیادی میان ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات در تحمل به تنش مانداب وجود دارد که عمدتاً ناشی از اختلاف در پاسخ‌های تغذیه‌ای، فیزیولوژیکی و متابولیکی می‌باشد. تنش مانداب سبب چندین اختلال فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در مرکبات می‌شود؛ زیرا مرکبات فاقد سازگاری ویژه به تنش غرقابی (مانند تشکیل آئرانشیم، ریشه‌های نابجا، عدسک‌ها و ...) می‌باشند. همچنین تحمل درختان به تنش مانداب می‌تواند به طور معنی‌داری تحت تأثیر ویژگی‌های خاک نیز قرار گیرد. تغییر در هدایت هیدرولیکی ریشه، انتقال در آوندهای چوبی و آبکشی، میزان کلروفیل و فتوسنتز ناشی از تنش مانداب، موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها شده و این کاهش انتقال مواد فتوسنتزی سبب به‌هم‌خوردن تعادل بین ریشه و اندام هوایی، نسبت کربوهیدرات‌ها به نیتروژن، ریزش گل‌ها، خشک‌شدن سر شاخه‌ها، ریزش برگ‌ها، کاهش عملکرد و کیفیت میوه در بیشتر ژنوتیپ‌های مرکبات می‌شود. باتوجه‌به میانگین شاخص پایداری کلروفیل در برگ پایه‌های مختلف در خاک‌های در معرض تنش مانداب در خاک‌های شرق استان مازندران، سوینگل سیتروملو و سی-35 بیشترین شاخص پایداری کلروفیل، نارنج و اسموت فلت‌سویل به ترتیب کمترین شاخص پایداری کلروفیل داشتند و پایه‌های کاریزوسیترنج، ترویرسیترنج و گوتو به ترتیب بعد از سی-35 قرار گرفتند (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1392)؛ بنابراین غربالگری تحمل این پایه‌ها به تنش مانداب از نظر شاخص پایداری کلروفیل نشان داد که ترتیب این پایه‌ها از متحمل‌ترین به حساس‌ترین شامل سوینگل سیتروملو، سی-35، کاریزوسیترنج، ترویرسیترنج، گوتو، نارنج و اسموت فلت‌سویل بود. اما باتوجه‌به شاخص پایداری قرائت کلروفیل با کلروفیل‌متر دستی، سوینگل سیتروملو، سی-35، گوتو، کاریزوسیترنج، اسموت فلت‌سویل، ترویرسیترنج، اسموت فلت‌سویل و نارنج به ترتیب از حساسیت بیشتری به تنش ماندابی برخوردار بودند (جدول 4-5). به طور کلی نتایج پژوهش‌های اسدی کنگرشاهی (1400) نشان داد که Eh، pH، EC و همچنین غلظت عناصر غذایی در محلول خاک تحت تأثیر شرایط مانداب قرار گرفت. Eh همزمان با مانداب شروع به کاهش کرد و در 10 روز اول بیشترین کاهش در Eh

ایجاد شد. بیشترین غلظت سدیم و EC در 10 روز پس از مانداب حاصل شد افزایش غلظت سدیم پس از مانداب ممکن است به علت حلالیت کانی‌های رسی دارای سدیم و دیگر نمک‌های نامحلول باشد که موجب افزایش EC و غلظت کاتیون‌های محلول می‌شوند. pH محلول خاک‌ها نیز پس از مانداب روند کاهشی داشت و پس از 20 روز به حدود 7 (خنثی) رسید. بیشترین غلظت پتاسیم و کلسیم در محلول خاک نیز حدود 10 روز پس از مانداب حاصل شد. میانگین غلظت آهن در محلول خاک، در فاصله کوتاهی پس از مانداب افزایش یافت سپس شروع به کاهش کرد و حدود 20 روز پس از تنش مانداب به حداقل رسید و مجدداً افزایش یافت به طوری در پایان دوره، به حدود 10 میلی گرم در لیتر رسید. بنابراین بر اساس نتایج این پژوهش و باتوجه به روند تغییرات شوری و غلظت عناصر غذایی در محلول خاک، بایستی از مصرف کودهای شیمیایی (خاکی و محلول پاشی) پس از رخداد مانداب اجتناب شود. همچنین باتوجه به روند تغییرات Eh محلول خاک، تداوم مانداب به بیشتر از 5 روز می‌تواند منجر به شرایط نسبتاً کاهشی در خاک و ایجاد خسارت در درختان میوه شود لذا خروج آب اضافی در این فاصله زمانی توصیه می‌شود.

جدول 4-5. تحمل پایه‌های مختلف مرکبات به تنش مانداب بر اساس شاخص‌های مختلف ارزیابی در خاک‌های استان مازندران (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1397)

شاخص تحمل به تنش مانداب*				
پایداری رشد	پایداری کلروفیل	فلورسنس کلروفیل	مقاومت روزنه‌ای	تحمل
کاریزو سیترنج	سوینگل سیتروملو	گوتو	ترویرسیترنج	زیاد
سی-35	سی-35	سوینگل سیتروملو	سوینگل سیتروملو	↓
سوینگل سیتروملو	کاریزو سیترنج	سی-35	کاریزو سیترنج	↓
ترویرسیترنج	ترویرسیترنج	ترویرسیترنج	اسموت‌فلت‌سویل	↓
گوتو	گوتو	کاریزو سیترنج	سی-35	↓
نارنج	نارنج	نارنج	نارنج	↓
اسموت‌فلت‌سویل	اسموت‌فلت‌سویل	اسموت‌فلت‌سویل	گوتو	کم

*- این ترتیب تحمل برای درختان به خاک‌های آهکی میانه و شرق مازندران می‌باشد. بر اساس این نتایج پایه‌های سه برگچه‌ای (سوینگل سیتروملو، کاریزو سیترنج، ترویرسیترنج و سی 35 تحمل خوبی به مانداب دارند و پایه‌های نارنج، اسموت فلت سویل و گوتو از حساسیت بیشتری به شرایط تنش ماندابی برخوردار هستند.

3-5. تنش شوری (تحمل پایه‌ها و مدیریت کشت)

خاک‌های شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مناطقی که میزان بارندگی در آن‌ها بسیار کمتر از میزان تبخیر و تعرق گیاهان است، مشاهده می‌شوند. زیرا نمک از پروفیل خاک شسته نشده و در خاک تجمع می‌یابد. البته این مشکل در مناطق نیمه‌مرطوب نیز تحت شرایط خاص امکان دارد ایجاد شود. نمک‌ها همچنین ممکن است در مزارع آبی، به‌ویژه اگر از آب‌های نسبتاً شور یا باکیفیت نامناسب استفاده شود، تجمع یابند و منجر به شورشدن خاک شوند. به‌طور کلی از غلظت نمک‌های محلول در عصاره اشباع خاک برای طبقه‌بندی و مرزبندی خاک‌های شور و غیر شور استفاده می‌شود و این مرز بر اساس طبقه‌بندی سنتی چهار میلی‌موس بر سانتی‌متر است؛ اما در طبقه‌بندی جدید این مرز به دو میلی‌موس بر سانتی‌متر کاهش یافته است. به‌طور کلی 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. به‌طور کلی، 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

غیرفعال شدن برخی فرایندهای فیزیولوژیک)، سبب به هم خوردن تعادل تغذیه‌ای در درختان میوه می‌شود.

به طور کلی 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 به صورت میلی گرم در لیتر (mg l^{-1}) یا قسمت در میلیون (ppm) گزارش می‌شود. واحدهای میلی گرم در لیتر و پی پی ام معادل هستند.

▪ قابلیت هدایت الکتریکی (EC) که به صورت دسی زیمنس بر متر (dSm^{-1})، میلی موس بر سانتی متر (mmhos cm^{-1}) یا میکروموس بر سانتی متر (umhos cm^{-1}) گزارش می‌شود. واحدهای دسی زیمنس بر متر و میلی موس بر سانتی متر معادل هستند. نمک‌های محلول، در آب یا در محلول خاک معمولاً به شکل یون وجود دارند که می‌توانند جریان الکتریکی را هدایت کنند، بنابراین همچنان که غلظت نمک‌های محلول در آب یا محلول خاک افزایش می‌یابد قابلیت هدایت الکتریکی (EC) آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. قابلیت هدایت الکتریکی بیشتر آب‌های کشاورزی از 0/7 تا 1/5 دسی زیمنس بر متر است؛ اما در برخی مناطق مقدار شوری بیشتر از 2 تا 4/5 دسی زیمنس بر متر و یا حتی بیشتر نیز وجود دارد. تبدیل قابلیت هدایت الکتریکی (EC) به مواد جامد محلول (TDS)، به مقدار قابلیت هدایت الکتریکی محلول بستگی دارد. مقدار مواد جامد محلول (بر حسب میلی گرم در لیتر) را می‌توان از ضرب مقدار قابلیت هدایت الکتریکی (بر حسب دسی زیمنس بر متر یا میلی موس بر سانتی متر) در 700، تخمین زد. بسیاری از هدایت‌سنج‌ها (EC مترها) که شوری را مستقیماً بر حسب میلی گرم در لیتر قرائت می‌کنند فاکتور تبدیل 640 را اعمال می‌کنند. اعداد شوری قرائت شده توسط هدایت‌سنج‌های مختلف با هم قابل مقایسه هستند.

در خاک‌هایی که برای مدت طولانی با آب شور آبیاری می‌شوند مقدار زیادی از نمک می‌تواند در سطح خاک رسوب کند. برای مثال، 1000 لیتر آب با TDS حدود 3000 میلی گرم در لیتر، حدود 3 کیلوگرم نمک دارد. از آنجایی که 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. از آنجایی که 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 (EC_e)، 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 (EC_e) خاک باشد. در خاک‌های شنی که نمک‌ها به آسانی از پروفیل خاک شسته می‌شوند تصمیم‌های مدیریتی صرفاً بر اساس اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) خاک، توصیه نمی‌شود. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع این خاک‌ها، فقط شوری خاک را در زمان اندازه‌گیری نشان می‌دهد و می‌تواند به سرعت 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 آب شور، 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 قابل ملاحظه‌ای 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، آب‌وهوا، 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 به صورت 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 برنزه شدن کل برگ و کاهش رشد می‌شود. همانند کلر، زیادی سدیم در برگ می‌تواند موجب ایجاد عدم تعادل تغذیه‌ای در درختان مرکبات شود و این عدم تعادل تغذیه‌ای معمولاً در غلظت‌های بسیار کمتر از غلظت‌های مورد نیاز برای بروز علائم ظاهری در برگ رخ می‌دهد. از آنجایی که سدیم و کلر، بسیار محلول در آب هستند ارزیابی تنش شوری توسط اندازه‌گیری غلظت آنها در خاک، ارزش تشخیصی و کاربردی چندانی ندارد.

به‌طور کلی، تحمل پایه‌های معمول مرکبات به شوری بسیار متفاوت است. ترتیب پایه‌ها از متحمل‌ترین به حساس‌ترین شامل: 1. کلئوپاترا ماندارین، 2. رنگپور لایم، 3. گوتو، 4. ولکامریانا، 5. نارنج، 6. لیمو شیرازی (مکزیکن لایم)، 7. سوینگل سیتروملو، 8. رافلمون، 9. کاریزو و ترویرسیترنج، 10. سی-35 و 11. سیترون است البته این ترتیب باتوجه‌به یون عامل شوری و ویژگی‌های خاکی و اقلیمی منطقه می‌تواند تغییر کند. معمولاً تحمل درختان گریپ‌فروت به شوری کمتر از پرتقال‌ها است.

فراوانی مصرف کودها برای درختان مرکبات در طی فصل رشد، به‌طور مستقیم به غلظت مواد جامد محلول (TDS) 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 (جدول 8). به‌طور کلی 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 به احتمال زیاد، خسارت شوری کمتری ایجاد خواهد کرد. لذا به‌طور کلی، 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 فسفوری سوپرفسفات تریپل و معمولی و کودهای پتاسیمی، مونوپتاسیم فسفات، سولفات پتاسیم، سولوپتاس و نیترات پتاسیم برای مصرف درختان مرکبات با آب یا خاک شور، مناسب هستند. 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 تبادل و همچنین محلول خاک می‌شود. بنابراین اگر به‌طور 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 (TDS) کمتر از 1000 میلی‌گرم در لیتر بسیار عالی است. همچنان که شوری، از 1000 به 2000

افزایش یابد مشکلات شوری به تدریج ظاهر می‌شود و اگر مقدار شوری به بیش از 2000 برسد احتمال خسارت، بسیار زیاد می‌شود.

▪ اگر نمک اضافی در خاک تجمع یافته است خاک باید به طور مداوم مرطوب نگه داشته شود تا غلظت نمک کاهش یابد (رقیق شدن 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 به حداقل رساندن 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 خاک نشان 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 به احتمال زیاد پایین‌تر است.

▪ از آزمایش 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) به شدت 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 قابل جذب آن‌ها، بیشتر به شکل نیترات است اغلب علائم ظاهری کمبود نیتروژن را نشان می‌دهند.
- به علت بر همکنش یون کلر (Cl) و سولفات (SO_4^{2-}) با نیترات (NO_3^-)، مقدار جذب نیترات در خاک‌های شور کاهش می‌یابد.
- در خاک‌های شور که مشکل تنش مانداب نیز دارند معمولاً تهویه ضعیف، جذب نیتروژن را به شدت 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 به شدت کاهش می‌یابد یا مختل می‌شود (این اختلال به طور عمده ناشی از بالا بودن فشار اسمزی محلول خاک و کاهش قابلیت استفاده آب برای ریشه است). در این شرایط، ساخت پروتئین به شدت 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 به عنوان 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 به شدت 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 تجمع یافته موجب کاهش شدید معدنی شدن نیتروژن و کاهش فراهمی آن برای ریشه درختان می‌شود.
- محلول پاشی نیتروژن در خاک‌های شور، برای تکمیل مصرف خاکی بسیار مفید است، به ویژه 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.

▪ در خاک‌های شور به دلیل رسوب بیشتر فسفر در محلول خاک، نگهداری محکم‌تر فسفر محلول توسط ذرات خاک و همچنین رقابت یونی و کاهش رشد ریشه، دسترسی ریشه درختان به فسفر کاهش می‌یابد. قدرت یونی محلول خاک‌های شور زیاد است و با افزایش قدرت یونی، مقدار فسفر نگهداری شده توسط ذرات خاک افزایش می‌یابد. از طرف دیگر، فسفر و کلر، هر دو آنیون هستند و مکانیسم جذب آنها توسط ریشه تقریباً یکسان است؛ لذا یون کلر در خاک‌های شور با آنیون فسفر رقابت می‌کند و جذب فسفر کاهش می‌یابد. همچنین فسفر، عنصری نسبتاً غیر متحرک در خاک (به‌ویژه در خاک‌های شور) است و برای جذب آن، باید ریشه در منافذ خاک، رشد کرده و سطح تماس خود را افزایش دهد. با افزایش شوری، معمولاً رشد رویشی ریشه کاهش یافته و در نتیجه، سطح تماس ریشه و جذب فسفر کاهش می‌یابد؛ بنابراین در خاک‌های شور، به مقدار بیشتری کود فسفر نسبت به خاک‌های غیر شور نیاز است تا حداکثر عملکرد حاصل شود.

▪ به‌طور کلی درختان مرکبات در خاک‌های شور، کمبود پتاسیم و کلسیم دارند و مصرف کودهای نیترات کلسیم و نیترات پتاسیم موجب افزایش جذب کلسیم و پتاسیم، کاهش جذب کلر، بهبود غلظت نیتروژن برگ و افزایش عملکرد خواهد شد.

▪ معمولاً با افزایش شوری خاک، غلظت عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز و روی) در برگ درختان میوه کاهش می‌یابد؛ ولی این کاهش، قابل‌ملاحظه ملاحظه نبوده و در بیشتر موارد، منجر به بروز کمبود نمی‌شود؛ بنابراین مدیریت مصرف کودهای این عناصر نسبت به شرایط غیر شور، تغییرات چندانی ندارد.

▪ در کل در شرایط شور استفاده از کودهای با شاخص نمکی کمتر به‌زای واحد عنصر غذایی توصیه می‌شود (جدول 5-5) و همچنین کودها در تقسیط‌های بیشتر مصرف شوند و مقدار کود مصرفی در هر مرحله کوددهی نسبت به حالت معمولی، کاهش یابد. مدیریت مناسب کودها در شرایط شور می‌تواند موجب کارایی بهتر کودها و پایداری بیشتر تولید شود.

جدول 5-5. شاخص نمکی برخی کودهای محلول در آب

شاخص نمکی		
نوع کود	به‌ازای وزن کود نسبت به مقدار معادل نیترات سدیم	به‌ازای واحد عنصر غذایی گیاه (9072 گرم)
نیترات آمونیوم	104	3/059
سولفات آمونیوم	68/3	3/252
نیترات کلسیم	65	4/194
نیترات سدیم	100	6/06
اوره	74/4	1/618
کلرید پتاسیم	116/2	1/936
نیترات پتاسیم	69/5	1/219
سولفات پتاسیم	42/6	0/852
مونو پتاسیم فسفات	8/4	0/097
سولفات پتاسیم منیزیم	43/4	1/971

به‌طور کلی گچ می‌تواند به‌عنوان یک منبع کلسیم و سولفور و یک بهبوددهنده خاک به طور گسترده استفاده شود. گچ بیشتر برای بهبود خاک‌های تحت‌تأثیر نمک (مانند خاک‌های شور و سدیک) استفاده می‌شود. ترکیب شیمیایی گچ، سولفات کلسیم است که در محلول خاک به یون کلسیم و سولفات شکسته می‌شود. یون کلسیم جانشین یون هیدروژن و دیگر کاتیون‌های تبادلی در مکان‌های تبادلی می‌شود. این یون‌های تبادلی و یون هیدروژن رها شده با یون سولفات در محلول خاک ترکیب و مجدداً تعادل حاصل خواهد شد و تأثیری در pH خاک نخواهد داشت؛ لذا گچ بیشتر به‌عنوان یک منبع کلسیم استفاده می‌شود؛ زیرا بسیار محلول‌تر از آهک به‌ویژه در خاک‌های قلیایی است (اما در کل حلالیت گچ نیز پایین است). گچ همچنین می‌تواند به‌عنوان منبع سولفور در خاک‌های با کمبود سولفور مصرف شود.

5-3-1. نسبت جذب سدیم (SAR)

مصرف آب آبیاری با سدیم زیاد، تأثیر نامطلوبی بر ساختمان خاک دارد. خطر سدیم، با اصطلاحی به نام نسبت جذبی سدیم (SAR) بیان می‌شود که در واقع، نسبت غلظت

سدیم به ریشه دوم غلظت کلسیم و منیزیم در آب آبیاری است. یون‌های کلسیم و منیزیم در آب آبیاری از اهمیت زیادی برخوردار هستند؛ زیرا اثرات متفاوتی با سدیم دارند. همچنین برای آب‌های دارای مقدار معنی‌داری بی‌کربنات، گاهی از نسبت جذب سدیم تصحیح شده (SAR_{adj}) استفاده می‌شود. استفاده پیوسته از آب‌های با SAR بالا موجب تخریب ساختمان خاک، افزایش غلظت یون سدیم در سطوح تبادلی ذرات خاک، پراکنش ذرات خاک و سفت و فشرده‌شدن خاک خواهد شد و به تدریج نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد. خاک‌های با بافت ریز، به‌ویژه خاک‌های دارای رس زیاد، بیشتر در معرض این خطر هستند. برای حفظ ساختمان خاک از اثرات نامطلوب SAR بالای آب آبیاری، مصرف برخی مواد اصلاح‌کننده خاک (amendments) برای خاک‌های در معرض خطرات ناشی از زیادی سدیم، توصیه می‌شود. هر چه مقدار کلسیم و منیزیم، در خاک بیشتر باشد ساختمان خاک پایدارتر خواهد بود. درصد سدیم محلول (SPP) آب آبیاری، نیز می‌تواند برای ارزیابی خطر سدیم استفاده شود. درصد سدیم محلول، به‌صورت نسبت غلظت سدیم (میلی اک‌والان در لیتر) به غلظت کل کاتیون‌های محلول (میلی اک‌والان در لیتر) ضرب در 100، بیان می‌شود. به طور معمول، آب آبیاری با درصد سدیم محلول بیشتر از 60، موجب تجمع سدیم در خاک و تخریب برخی خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود؛ بنابراین آب‌های با درصد سدیم محلول بیش از 60، نامناسب برای کشاورزی هستند. معمولاً اگر غلظت سدیم در برگ درختان مرکبات بیش از 0/2 درصد و غلظت کلر بیش از 0/5 درصد باشد سمیت این عناصر رخ خواهد داد.

بنابراین نسبت جذب سدیمی (SAR)، یک شاخص مناسب برای ارزیابی تعادل بین یون‌های سدیم نسبت به یون‌های کلسیم و منیزیم در آب آبیاری است. مصرف پیوسته آب‌های با نسبت جذب سدیم زیاد، موجب کاهش نفوذ آب در خاک، زهکشی ضعیف، تهویه نامناسب و ساختمان ضعیف خاک می‌شود. معمولاً خاک‌های با نسبت جذب سدیم زیاد، ساختمان بلوکی سخت و همچنین سله سطحی دارند. راهنمای عمومی نسبت جذب سدیمی برای درختان مرکبات به‌صورت زیر است:

- آب‌های با نسبت جذب سدیمی (SAR) کمتر از 3، مشکلی ایجاد نخواهند کرد.

- آب‌های با نسبت جذب سدیمی (SAR) از 6 تا 9، می‌توانند موجب بروز مشکل شوند اما با مدیریت مناسب آبیاری و در برخی موارد با مصرف گچ، اصلاح خواهند شد.
- آب‌های با نسبت جذب سدیمی (SAR) بیشتر از 9، می‌توانند موجب بروز مشکلات شدید شوند (البته این حدود بستگی به شوری آب آبیاری هم دارد) و با مدیریت مناسب آبیاری و همچنین با مصرف گچ نیز، اصلاح نخواهند شد.

5-3-2 کلاسر (CI) آب

مقدار زیاد کلر در آب آبیاری موجب کاهش رشد و مرگ درختان حساس به کلر می‌شود. به‌طور کلی، اگر آبیاری به روش قطره‌ای انجام شود آب‌های با غلظت کلر کمتر از 140 میلی‌گرم در لیتر برای آبیاری درختان مرکبات مناسب بوده و مشکلی ایجاد نخواهند کرد. اگر غلظت کلر از 140 تا 350 میلی‌گرم در لیتر باشد آبیاری باید با احتیاط و مدیریت مناسب انجام شود و روند تغییرات غلظت کلر در منطقه ریشه نیز به‌طور منظم پایش شود. اما اگر غلظت کلر در آب آبیاری بیش از 350 میلی‌گرم در لیتر باشد برای آبیاری درختان مرکبات، نامناسب است. به‌طور کلی، حد تحمل برخی پایه‌های مرکبات به غلظت کلر در آب آبیاری در زیر آورده شده است:

- پونسیروس، 120 میلی‌گرم در لیتر
- رافلمون، 200 میلی‌گرم در لیتر
- ترورسیترنج، کاریزوسیترنج و پرتقال‌ها، 300 میلی‌گرم در لیتر
- نارنج، رنگ‌پورلایم و کلوپاتراماندارین، 600 میلی‌گرم در لیتر

5-3-3. کلاس‌بندی آب آبیاری

برای کلاس‌بندی و تناسب آب‌های آبیاری، معمولاً قابلیت هدایت الکتریکی آب (EC_{iw})، غلظت کل جامدهای محلول (TDS) و نسبت جذب سدیمی (SAR) اندازه‌گیری می‌شود. حدود مجاز قابلیت هدایت الکتریکی آب (EC_{iw}) و غلظت کل جامدهای محلول (TDS) برای کلاس‌بندی آب‌های آبیاری در جدول 5-6 آمده است.

جدول 5-6. حدود مجاز و کلاس‌بندی آب‌های آبیاری بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی آب (EC_{iw})، غلظت کل جامدهای محلول (TDS) آب برای مرکبات

کلاس آب	قابلیت هدایت الکتریکی آب (EC_{iw})	غلظت کل جامدهای محلول (TDS)
	($\mu\text{mhos/cm}$)	(mg/l)
کلاس 1 (عالی)	<750	< 525
کلاس 2 (خوب)	750 - 2000	525 - 1400
کلاس 3 (مجاز) ¹	2000 - 3000	1400 - 2100
کلاس 4 (مشکوک) ²	3000 - 4000	2100 - 2800
کلاس 5 (نامناسب) ²	> 4000	>2800

1- به زهکشی نیاز دارد، 2- به زهکشی و آیشویی مطلوب نیاز دارد و گیاهان حساس معمولاً صدمه خواهند دید

5-3-4. کلاس‌بندی خاک‌های تحت تأثیر نمک

معمولاً قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) و نسبت جذب سدیم (SAR) برای کلاس‌بندی خاک‌های تحت تأثیر شوری استفاده می‌شود (جدول 5-7). خاک‌های شور معمولاً pH کمتر از 8/5 دارند و به طور عمده، شامل سولفات‌ها و کلریدهای سدیم، کلسیم و منیزیم هستند، این ترکیبات سبب ایجاد یک پوسته سفید رنگ روی سطح خاک و رگه‌های نمک در طول جوی‌های آب می‌شوند، ترکیباتی که سبب شورشدن خاک می‌شوند خیلی محلول در آب هستند، بنابراین شستشوی آن‌ها از خاک، بسیار آسان و امکان‌پذیر است.

جدول 5-7. طبقه‌بندی خاک‌های تحت تأثیر نمک براساس آنالیز عصاره اشباع خاک

معیار	واحد	نرمال	شور	سدیمی	شور و سدیمی
قابلیت هدایت الکتریکی (EC_e)	mmhos cm^{-1}	< 4	> 4	< 4	> 4
نسبت جذب سدیم (SAR)	-	< 13	< 13	> 13	< 13

4-5. انتخاب نهال مطلوب و استاندارد

برخی ویژگی‌های نهال مطلوب و استاندارد مرکبات به طور خلاصه در زیر آمده است که توصیه می‌شود در هنگام انتخاب نهال برای احداث باغ مناسب رعایت گردد.

- نهالستان دارای مجوز تولید نهال و مورد تأیید کمیته فنی نهال باشد.
- نهال دارای ریشه کافی و سالم باشد.
- نهال فاقد پیچیدگی در محل طوقه و ریشه باشد (شکل 5-11).
- نهال دارای تنه صاف، بدون زخم و برجستگی‌های غیرعادی باشد.
- محل پیوند از سطح خاک، 15 تا 20 سانتی‌متر فاصله داشته باشد و کاملاً جوش خورده باشد و زیادتر از معمول برجسته نباشد.
- ارتفاع نهال در حدود 100-120 سانتی‌متر و قطر نهال در حد فاصل محل پیوند و طوقه، حداقل یک سانتی‌متر بوده و کاملاً خشبی شده باشد.
- تجانس و سازگاری خوبی بین پایه و پیوندک وجود داشته باشد.
- نهال دارای گواهی سلامت (عاری از بیماری‌های ویروسی، ویروئیدی و ...) و دارای شناسه باشد.
- نهال عاری از هرگونه علائم ظاهری کمبود عناصر غذایی و یا دیگر علائم غیرمعمول باشد (نیکولای و رامهلد، 1999).
- نهال باید مورد تأیید و با رویت خریدار از نهالستان تهیه شود. از خرید نهال‌های دپو شده اجتناب گردد.
- پایه نهال، حداکثر دوساله و پیوندهای آن حتماً یک‌ساله باشند و از کاشت نهال‌های مسن‌تر اجتناب شود.
- پایه نهال یک‌بار پیوند خورده باشد و از خرید نهال دارای علائم چندین مرحله زخم پیوند روی پایه اجتناب شود.

▪ نهال باید فرم تضمین پایه و پیوندک داشته باشد. باغ‌داران محترم این فرم را از نهالستان دریافت نمایند و آن را حداقل به مدت چند سال (تا اطمینان از صحت پایه و پیوندک موردنظر) نگه دارند.



شکل 5-11. پیچیدگی طوقه نهال‌های مرکبات (یکی از عمده‌ترین مشکلات نهالستان‌های مرکبات در شمال کشور). توصیه می‌شود که نهال‌ها در زمان کاشت به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرند و نهال‌های دارای این عارضه حذف شوند.

فصل ششم

مدیریت خاک و زمین (تسطیح، آماده‌سازی و غنی‌سازی)

بر خلاف باغ‌های مرکبات مناطق شیب‌دار که درختان در طول خطوط تراز (contour) طبیعی زمین کشت می‌شوند در مناطق دشت و جلگه‌ای توصیه می‌شود زمین‌ها قبل از احداث باغ ابتدا تسطیح، کمی شیب‌دار و سپس با ایجاد سیستم زهکشی مصنوعی به شکل طبیعی یا به شکل سیستم جوی و پشته‌ای با ارتفاع حدود 50 تا 70 سانتی‌متر (متناسب با مطالعات خاکشناسی زمین) آماده شوند. در اکثر اراضی، معمولاً خاک‌های لایه سطحی (30 تا 40 سانتی‌متر لایه سطحی خاک) کیفیت مناسب‌تری دارند و مقدار آهک کل و به ویژه آهک فعال خاک در لایه‌های پایین‌تر افزایش می‌یابد که موجب افزایش pH خاک و کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود. همچنین در بیشتر موارد در زیر لایه 30-40 سانتی‌متری، یک لایه فشرده (لایه شخم) وجود دارد که نفوذپذیری بسیار پایینی دارد و نیاز است شکسته شود. گاهی اوقات تسطیح زمین، خاک سطحی مناطق مرتفع‌تر را به مناطق پست‌تر انتقال می‌دهد که موجب می‌شود خاک زیرین نامناسب در سطح قرار گیرد. لذا احداث باغ مرکبات در چنین خاک‌هایی موجب می‌شود که درختان رشد بسیار ضعیفی پس از تسطیح زمین داشته باشند؛ بنابراین توصیه می‌شود قبل از عملیات تسطیح، ابتدا خاک سطحی در گوشه‌ای از زمین جمع‌آوری گردد و پس از تسطیح زمین، از آن برای ایجاد پشته‌ها استفاده شود. پشته‌ها محدب شکل موازی در جهت شمال و جنوب با شیب جانبی مناسب و با فاصله‌های مناسب احداث گردد (شکل 6-1). اگر زمین، نیاز به تسطیح نداشته باشد خاک پشته‌ها از حفر جوی‌های ایجاد شده برداشت می‌شود. فاصله عمودی کف جوی‌ها تا قسمت انتهایی پشته‌ها معمولاً بین 50 الی 70 سانتی‌متر پیشنهاد می‌شود. اما در زمین‌هایی که نیاز به تسطیح ندارند اگر رعایت عمق خاک سطحی نشود و از خاک لایه یا لایه‌های زیرین نیز برداشته شود. هنگام احداث پشته‌ها، معمولاً خاک سطحی اولیه با خاک

لایه‌های پایین‌تر پوشش داده می‌شود که ممکن است ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن به‌طور معنی‌داری متفاوت از خاک سطحی باشد. خاک لایه زیرین که پس از احداث پشته، معمولاً در روی پشته‌ها قرار می‌گیرد احتمال دارد بافت درشت‌تر یا ریزتر از خاک سطحی داشته باشد اما تقریباً در اغلب موارد دارای مواد آلی کمتری است. اگر خاک لایه‌های زیرین دارای آهک زیاد باشد خاک روی پشته‌ها نیز ممکن است دارای آهک بیشتری شود بنابراین خاک منطقه ریشه در پشته‌ها حاصلخیزی و ظرفیت نگهداری آب کمتری در مقایسه با خاک سطحی دفن شده دارد که ممکن است موجب کاهش کیفیت خاک، کاهش رشد و ایجاد ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در نهال‌ها شود.

لایه زیر سطحی محدودکننده (لایه شخم) در خاک‌های زراعی (خاک‌های تحت کشت غلات و به‌ویژه خاک‌های شالیزاری) می‌تواند به دو طریق در رشد و تولید مرکبات تأثیر داشته باشند:

1. اگر این لایه نسبتاً عمیق باشد بعد از پشته‌سازی سالم مانده و مانع نفوذ آب به لایه‌های پایین‌تر می‌شود.

2. سیستم ریشه‌دهی مرکبات تحت تأثیر قرار می‌گیرد؛ زیرا این لایه در عمق سفره آب زیرزمینی موقتی، مانداب سطحی و مدت آن تأثیر دارد. به‌طور نمادین، تقریباً بیشتر ریشه‌های مرکبات در بالای لایه محدودکننده قرار می‌گیرند.





شکل 6-1. عملیات تسطیح خاک، احداث پشته و کاشت نهال روی پشته

در خاک‌هایی با ساختمان متراکم و فشرده (با وزن مخصوص ظاهری بیش از $1/5$ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، ابتدا شخم عمیق (در دو جهت مخالف) و سپس عملیات نرم کردن خاک با ادواتی مانند دیسک و روتیواتور انجام شود. پس از نرم شدن خاک، پستی و بلندی‌های زمین تسطیح شود. اگر پستی و بلندی‌های زمین به گونه‌ای است که احتمال می‌رود بعد از تسطیح، در برخی قسمت‌های زمین، خاک زیر سطحی در سطح و خاک سطحی در زیر قرار گیرد، ابتدا خاک سطحی (صفر تا 40 سانتی‌متری) در محل مناسبی از زمین جمع‌آوری شده و سپس اقدام به تسطیح شود. پس از تسطیح، خاک سطحی مجدداً در تمام سطح زمین به طور یکنواخت پخش شود.

6-1. قطعه‌بندی

در زمین‌های با مساحت زیاد، پیشنهاد می‌شود ابتدا قطعه‌بندی زمین باتوجه به طراحی سیستم آبیاری، تراکم کشت و کاشت جوی و پشته‌ای انجام شود. توصیه می‌شود طول ردیف‌ها در هر قطعه حداکثر 100 الی 150 متر در جهت شمال و جنوب و عرض آنها حدود 150 تا 200 متر در جهت شرقی و غربی در نظر گرفته شود (شکل 6-2 بالا سمت چپ).

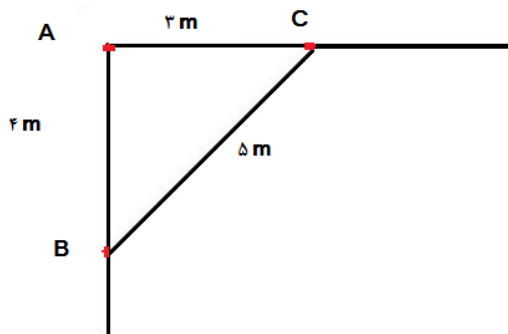


شکل 2-6. قطعه‌بندی و ایجاد سیستم زهکش سطحی (بالا، سمت چپ)، نقشه کاشت و ایجاد پشته (بالا، سمت راست)، غنی‌سازی (وسط) و کاشت نهال‌ها (پایین)

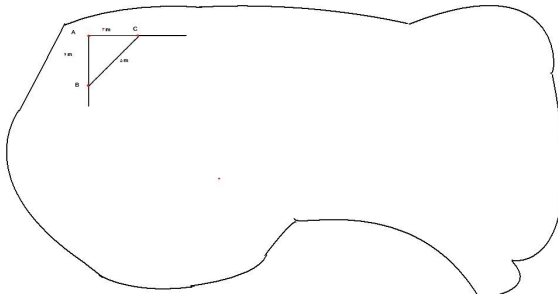
2-6. نقشه کاشت

ابتدا زمین را گونیا کرده به‌طوری‌که ردیف‌های کاشت در جهت شمال و جنوب باشند. فاصله بین ردیف‌ها و همچنین فاصله نهال‌ها در هر ردیف متناسب با نوع خاک، منطقه، رقم و پایه، مدیریت باغ، زمان انتظار باغ‌دار برای برگشت سرمایه، زمان انتظار باغ‌دار برای رسیدن به پتانسیل عملکرد و سود اقتصادی تعیین می‌شود اخلاقی امیری و اسدی کنگرشاهی، 1397؛ احمدپور، 1391). برای این منظور ابتدا در گوشه‌ای از زمین که نظم هندسی بیشتری دارد نقطه‌ای بافاصله 2 تا 3 متری از حاشیه زمین انتخاب نموده

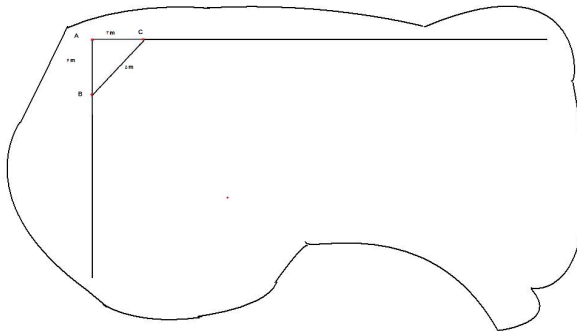
سپس با دو میخ چوبی و ریسمان مناسب یک خط مستقیم کشیده و خط دیگر را بر آن عمود رسم خواهد شد. برای رسم دو خط عمود بر هم در زمین، می‌توان از خاصیت مثلث قائم‌الزاویه (مربع وتر برابر است با مجموع مربعات دو ضلع دیگر) استفاده کرد (شکل 3-6). به‌طوری‌که ابتدا خطی در امتداد یکی از ابعاد زمین رسم کرده بر روی آن از نقطه A به اندازه 4 متر جدا می‌کنند تا نقطه B به دست آید. سپس دایره‌های به کمک ریسمان به مرکز A و به شعاع 4 متر و دایره دیگری به فاصله 3 متر در امتداد ضلع دیگر از نقطه A اندازه گرفته از انتهای 3 متری به مرکز C و شعاع 5 متر رسم کرده و خط AB را امتداد می‌دهیم. این خط عمود بر خط AC خواهد بود (شکل 4-6). سپس از نقطه A شروع کرده به اندازه فواصلی که برای درختان در بین ردیف‌ها در نظر گرفته می‌شود جدا می‌کنیم و این کار را روی خط AC و هم روی خط AB انجام می‌دهیم و خطوطی به موازات دو خط اولیه رسم می‌کنیم (شکل 5-6) در نتیجه این کار، زمین به صورت شبکه‌ای درمی‌آید و این خطوط در نقاطی همدیگر را قطع می‌کنند کلیه نقاط حاصله محل کشت درختان خواهد بود که بایستی با کوبیدن میخ‌های چوبی یا ریختن مقداری گچ آنها را علامت‌گذاری نمود (شکل 6-6 و 74-6). در سیستم‌های سنتی معمولاً تراکم کاشت کمتر (فاصله کاشت: 5×6 یا 6×7) را انتخاب می‌کنند؛ اما در سیستم‌های نوین کاشت، از تراکم بیشتر (فاصله کاشت: 4×5 یا 3×5) با مدیریت فشرده‌تر استفاده می‌شود. به نظر نگارندگان از نظر اقتصادی، سیستم‌های نوین با تراکم بیشتر برای باغ‌داران مناسب‌تر است.



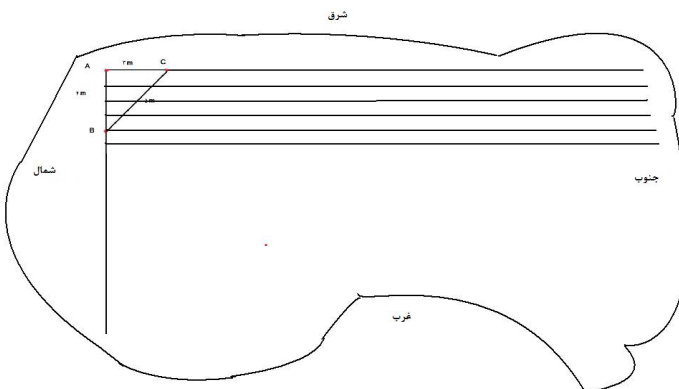
شکل 3-6. استفاده از دو خط عمود بر هم برای گونیا کردن



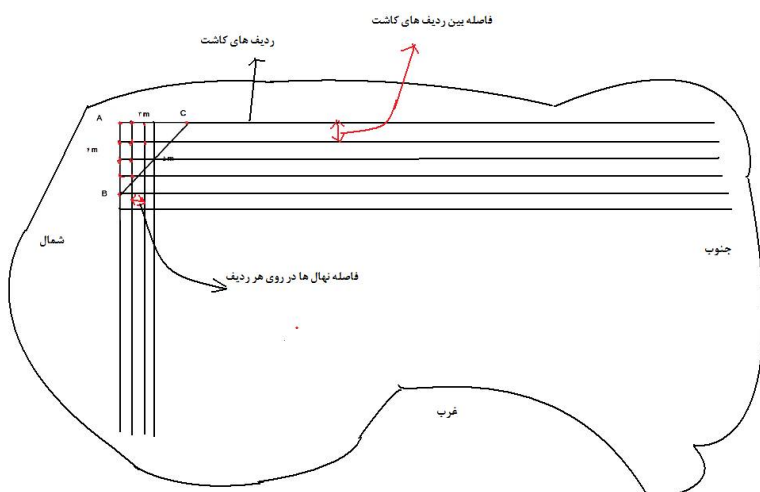
شکل 6-4. رسم دو خط عمود بر هم در یک گوشه، برای گونیا کردن زمین.



شکل 6-5. امتداد دادن خطوط AB و AC در گوشه‌های زمین برای گونیا کردن کل سطح.



شکل 6-6. رسم خطوط موازی AC در کل سطح زمین برای مشخص نمودن فاصله بین ردیف‌های کاشت.



شکل 6-7. رسم خطوط موازی AB (عمود بر AC) در کل سطح زمین برای تعیین فاصله کاشت نهال‌ها روی هر ردیف (محل برخورد خطوط AB و AC محل‌های کاشت نهال‌ها است).

3-6. پشته‌سازی

پشته‌سازی به منظور افزایش عمق خاک حاصلخیز، رفع مشکل مانداب سطحی، رفع یا کاهش خسارت نوسان آب زیرزمینی، بهبود تهویه منطقه ریشه درختان، افزایش تراکم ریشه در واحد سطح خاک، افزایش راندمان مصرف آب و کودهای شیمیایی و همچنین رفع یا کاهش خسارت زهاب‌های سطحی در مناطقی با احتمال بارندگی‌های شدید و بروز سیلاب و آب‌گرفتگی در برخی فصول سال (بیشتر مناطق شرق مازندران و برخی مناطق جنوبی مانند نازدشت بندرعباس) انجام می‌شود (شکل‌های 6-8 و 6-9). طول پشته‌ها متناسب با طول قطعه‌بندی زمین می‌باشد، عرض پشته‌ها بین 2 تا 3 متر، ارتفاع پشته‌ها از کف جوی 50 الی 70 سانتی‌متر با شیب جانبی بسیار ملایم و فاصله بین ردیف پشته‌ها متناسب با تراکم کشت، رقم، پایه و مدیریت باغ توصیه می‌شود. شیب جوی بین پشته‌ها باید به گونه‌ای طراحی شود که بتواند آب‌های هرز را به خوبی به زهکش اصلی در انتهای قطعات منتقل نماید.



شکل 6-8. رشد مناسب درختان مرکبات با سیستم جوی و پشته‌ای



شکل 6-9. سیستم جوی و پشته‌ای با ارتفاع و همچنین شیب مناسب طرفین

4-6. غنی‌سازی بستر

در کاشت متراکم، غنی‌سازی کل خاک سطحی تا عمق مناسب (حدود 40 سانتی‌متری) توصیه می‌شود. همچنین در کاشت متراکم با سیستم جوی و پشته‌ای نیز،

غنی‌سازی کلی پشته بهتر می‌باشد، اما در کاشت سنتی و معمولی برای کاهش هزینه، غنی‌سازی در نقاط محدود (چاله‌های کاشت) توصیه می‌شود.

1-4-6. غنی‌سازی کل سطح زمین

برای غنی‌سازی کلی خاک، ابتدا مقدار مواد آلی یا کود حیوانی (مناسب) مورد نیاز (جدول 1-6) با گوگرد (جدول 2-6) و همچنین کودهای شیمیایی دیگر (جدول‌های 3-6 و 4-6) کاملاً مخلوط شده و در سطح خاک مزرعه به طور یکسان پخش می‌گردد (در صورتی که بافت خاک سنگین باشد توصیه می‌شود بین 50 تا 100 مترمکعب ماسه مناسب (با سیلت و آهک پایین) متناسب با درصد رس خاک، در هکتار برای تعدیل بافت خاک افزوده شود). سپس با انجام شخم مناسب، با خاک سطحی مخلوط شوند. اگر سیستم کاشت جوی و پشته‌ای برای منطقه توصیه شده باشد، می‌توان از خاک سطحی غنی شده مورد نظر برای ایجاد پشته مناسب (با دستگاه پشته‌ساز) استفاده نمود. پشته‌ها باید پیوسته باشند و پس از احداث، فرصت زمانی کافی (حداقل یک ماه) برای نشست خاک و همچنین انجام واکنش‌های شیمیایی لازم داده شود سپس کاشت نهال‌ها انجام شود.

جدول 1-6. مقدار ماده آلی یا کود حیوانی مورد نیاز (تن در هکتار) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین با توجه به ماده آلی و بافت خاک (اسدی کنگر شاهی و اخلاقی امیری، 1393)

ماده آلی خاک (درصد)	بافت خاک		
	سبک	متوسط	سنگین
مقدار ماده آلی یا کود حیوانی مورد نیاز (تن در هکتار)			
<0/5	35	55	75
0/5 – 1	25	45	65
1/1 – 1/5	15	35	55
1/6 – 2	5	25	45
2/1 – 2/5	-	15	35
2/6 – 3	-	5	25
3/1 – 3/5	-	-	15
3/6 – 4	-	-	5
>4	-	-	-

جدول 6-2. مقدار گوگرد مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین باتوجه‌به کربنات کلسیم معادل و بافت خاک (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

بافت خاک			کربنات کلسیم معادل (درصد)
سنگین	متوسط	سبک	
مقدار گوگرد مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)			
-	-	-	<5
1000	750	500	5 – 10
1500	1200	1000	10/1 – 15
2000	1700	1500	15/1 - 20
2500	2200	2000	20/1 – 30
3000	2700	2500	>30

جدول 6-3. مقدار فسفر (P_2O_5) مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین باتوجه‌به قابلیت استفاده فسفر و بافت خاک (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1395)

بافت خاک			فسفر قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
سنگین	متوسط	سبک	
مقدار فسفر (P_2O_5) مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)			
500	300	200	<5
350	250	150	5 – 10
250	170	85	10/1 – 15
80	60	30	15/1 - 20
-	-	-	>20

جدول 6-4. مقدار پتاسیم (K_2O) مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین باتوجه‌به پتاسیم قابل استفاده و بافت خاک (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1395)

بافت خاک			پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
سنگین	متوسط	سبک	
مقدار پتاسیم (K_2O) مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)			
500	400	300	<50
400	350	200	50 – 100
350	300	100	100 - 150
250	200	50	150 - 200
200	100	-	200 - 250
150	-	-	250 - 300
-	-	-	>300

6-4-2. غنی‌سازی محدود بستر کاشت (در چاله اطراف نهال‌ها)

اگر کاشت به شکل معمولی (بدون ایجاد پشته) انجام شود، بهتر است چاله‌هایی به ابعاد تقریبی $70 \times 70 \times 70$ سانتی‌متر حفر شود و از خاک 40 سانتی‌متری کف چاله‌ها برای پر کردن آنها استفاده نشود. برای غنی‌سازی خاک بستر، از خاک 30 سانتی‌متری سطحی، مواد آلی یا کود حیوانی پوسیده (مناسب)، ماسه مناسب و برخی کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمایش خاک استفاده شود. ابتدا مقدار مواد آلی یا کود حیوانی (مناسب) مورد نیاز (جدول 5-6) با گوگرد (جدول 6-6) و همچنین کودهای شیمیایی دیگر را (جدول‌های 6-7 و 6-8) کاملاً با خاک سطحی مخلوط نموده (در صورتی که بافت خاک سنگین باشد، توصیه می‌شود حداقل 10 تا 20 درصد حجمی، ماسه مناسب (با سیلت و آهک پایین) نیز به‌ازای هر چاله برای تعدیل بافت خاک به مخلوط آماده شده افزوده شود). سپس چاله‌ها با مخلوط خاکی غنی شده تا حداقل 10 سانتی‌متر بالاتر از سطح زمین پر شوند و مرکز چاله با یک قیم مناسب علامت‌گذاری شود، بعد از آبیاری یا بارندگی مناسب و گذشت 20 تا 30 روز، کاشت نهال‌ها انجام شود.

جدول 5-6. مقدار ماده آلی یا کود حیوانی مورد نیاز (کیلوگرم به‌ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین باتوجه‌به ماده آلی و بافت خاک (اسدی کنگر‌شاهی و اخلاقی امیری، 1393)

بافت خاک			ماده آلی خاک (درصد)
سنگین	متوسط	سبک	
مقدار ماده آلی یا کود حیوانی مورد نیاز (کیلوگرم برای هر چاله)			
18	13	8/5	<0/5
16	11	6	0/5 – 1
13	8/5	3/5	1/1 – 1/5
11	6	1/5	1/6 – 2
8	3/5	-	2/1 – 2/5
6	1/5	-	2/6 – 3
3/5	-	-	3/1 – 3/5
1/5	-	-	3/6 – 4
-	-	-	>4

جدول 6-6. مقدار گوگرد مورد نیاز (گرم به ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین باتوجه‌به کربنات کلسیم معادل و بافت خاک (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

بافت خاک			کربنات کلسیم معادل (درصد)
سنگین	متوسط	سبک	
مقدار گوگرد مورد نیاز (گرم برای هر چاله)			
-	-	-	<5
1000	750	500	5 – 10
1250	1000	750	10/1 – 15
1500	1250	1000	15/1 - 20
1750	1500	1250	20/1 – 30
2000	1750	1500	>30

جدول 6-7. مقدار فسفر (P_2O_5) مورد نیاز (گرم به ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین باتوجه‌به قابلیت استفاده فسفر و بافت خاک (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397)

بافت خاک			فسفر قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
سنگین	متوسط	سبک	
مقدار فسفر (P_2O_5) مورد نیاز (گرم برای هر چاله)			
140	90	50	<5
110	70	35	5 – 10
60	40	20	10/1 – 15
30	20	10	15/1 - 20
-	-	-	>20

جدول 6-8. مقدار پتاسیم (K_2O) مورد نیاز (گرم به ازای هر چاله) برای احداث باغ در مرحله آماده‌سازی زمین باتوجه‌به پتاسیم قابل استفاده و بافت خاک (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397)

بافت خاک			پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
سنگین	متوسط	سبک	
مقدار پتاسیم (K_2O) مورد نیاز (گرم برای هر چاله)			
500	300	200	<50
400	250	150	50 – 100
350	200	100	100 - 150
250	150	50	150 - 200
150	50	-	200 - 250
70	-	-	250 - 300
-	-	-	>300

5-6. کاشت

پس از آماده‌شدن بستر کاشت، حفره‌ای به اندازه حجم گلدان یا کمی بیشتر در مرکز هر بستر (که قبلاً علامت‌گذاری شده است) ایجاد کرده (شکل 6-8، پایین سمت چپ) و کف آن با یک قارچ‌کش مناسب (مانند 150 سی سی محلول 5 در هزار بنومیل با 2 در هزار متالاکسیل - MZ) به صورت محلول‌پاشی ضدعفونی شود. قبل از کاشت نهال‌ها، همه ریشه‌هایی که از کف گلدان خارج شده‌اند را هرس کرده و نهال را به آرامی از گلدان خارج نموده و ریشه‌هایی که احتمال می‌رود با قرار گرفتن در حفره، مجاله شوند نیز هرس شوند. سپس نهال‌ها را به طور کاملاً عمودی در حفره قرار داده و به آرامی با خاک مورد نظر پر شده و فشرده شوند (شکل 6-8، بالا سمت چپ). محل پیوند نهال‌ها حداقل 10 تا 15 سانتی‌متر بالاتر از سطح بستر باشد. بلافاصله پس از کاشت، جهت نشست خاک، خروج هوای محبوس شده و همچنین تامین رطوبت مناسب، آبیاری سبک انجام شود.

6-6. نصب قیم

برای جلوگیری از کج‌شدن نهال‌ها در اثر عوامل محیطی (مانند باد و ...)، قیم‌های مناسب (ترجیحاً چوبی) با ارتفاع حدود یک متر و قطر حدود 2 الی 3 سانتی‌متر، در فاصله مناسب از نهال‌ها قرار داده شوند. سپس نهال‌ها با نوارهای مناسب پلاستیکی یا کتان به قیم‌ها وصل شوند (شکل 6-10).





شکل 6-10. کاشت نهال‌های مرکبات، نصب قیم و استفاده از بوم‌های مناسب برای استفاده مناسب از علف‌کش‌ها

6-7. کودآبیاری

کودآبیاری، مصرف کودهای محلول با آب آبیاری است که به طور معمول توسط سیستم‌های آبیاری قطره‌ای یا میکروجت انجام می‌شود بیشتر باغ‌دارانی که سیستم آبیاری تحت فشار (قطره‌ای دارند می‌توانند از این سیستم برای کوددهی استفاده کنند. به‌طور کلی، کودآبیاری، تزریق کودها را متناسب با فنولوژی رشد درختان و همچنین نیاز میوه‌ها امکان‌پذیر می‌کند. در هنگام کودآبیاری، مدت‌زمان آبیاری باید تاحدامکان، کوتاه باشد و فاصله زمانی بین آبیاری‌ها نیز کاهش داده شود. اگر کاهش مدت‌زمان 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، به‌اندازه 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 نمی‌باشد 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 تقریباً غیرمؤثر 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 به شدت 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. به‌طور کلی، 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. 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 بالاتر، مقدار تصعید را افزایش می‌دهد. درجه حرارت 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.

6-7-1. حلالیت برخی منابع کودی معمول و امکان اختلاط آنها در تانک کود

کودهای نیتروژن و پتاسیم، دو تا از معمول‌ترین عناصر غذایی هستند که 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. در جدول 6-9، مقدار حلالیت برخی منابع کودهای شیمیایی (کیلوگرم در مترمکعب) و فرمول شیمیایی آنها نشان داده شده است.

باغ‌داران باید مراقب باشند زمانی که کودهای محلول فسفر توسط سیستم‌های آبیاری میکرو (مانند سیستم آبیاری قطره‌ای) مصرف می‌کنند اگر pH مخلوط آب و کود، اسیدی نباشد فسفر می‌تواند با کلسیم محلول در آب آبیاری ترکیب شود و تشکیل یک ترکیب نامحلول بدهد که موجب بسته شدن قطره‌چکان‌ها خواهد شد. به طور مشابه، زمانی که یک منبع کود با یون اصلی کلسیم مانند نیترات کلسیم در محلول مصرف شود، استفاده از هر شکلی از فسفات یا سولفات در آن محلول، اجتناب شود و از شکل‌های کلات شده، کمپلکس شده یا شکل نیترات عناصر غذایی کم مصرف آهن، منگنز، روی و مس به جای شکل سولفات آن‌ها استفاده شود؛ بنابراین در هنگام اختلاط کودها برای کودآبیاری یا در تانک محلول‌پاشی باید دقت شود که از کودهایی استفاده شود که امکان اختلاط داشته باشند و به اصطلاح، با هم سازگاری داشته باشند. در جدول 6-10، منابع کودی که امکان اختلاط دارند و همچنین اختلاط‌هایی که موجب کاهش حلالیت و یا رسوب می‌شوند نشان داده شده است. باغ‌داران می‌توانند از این جدول‌ها به عنوان جدول راهنما برای اختلاط کودهای شیمیایی برای کودآبیاری یا محلول‌پاشی استفاده نمایند.

جدول 6-9. فرمول شیمیایی و حلالیت برخی منابع معمول کودی (در آب)

نام تجاری کود	فرمول شیمیایی	حلالیت (کیلوگرم در 1000 لیتر)
نیترات کلسیم	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2, 4\text{H}_2\text{O}$	1210
نیترات آمونیوم	NH_4NO_3	1174
سولفات آمونیوم	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	707
اوره	$\text{CO}_2(\text{NH}_2)_2$	630
دی آمونیوم فسفات	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	600
مونو آمونیوم فسفات	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	227
کلرید پتاسیم	KCl	260
نیترات پتاسیم	KNO_3	132
سولفات پتاسیم	K_2SO_4	120
سولو پتاس	K_2SO_4	95
سولفات منیزیم	$\text{MgSO}_4, 4\text{H}_2\text{O}$	707
نیترات منیزیم	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	700
سولفات فرو	$\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$	400

ادامه جدول 6-9. فرمول شیمیایی و حلالیت برخی منابع معمول کودی (در آب)

نام تجاری کود	فرمول شیمیایی	حلالیت (کیلوگرم در 1000 لیتر)
سولفات فریک	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3, 9\text{H}_2\text{O}$	4400
سولفات منگنز	$\text{MnSO}_4, 4\text{H}_2\text{O}$	597
سولفات روی	$\text{ZnSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$	470
سولفات مس	$\text{Cu SO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$	370
بوراکس	$\text{NO}_2\text{B}_4\text{O}_7, 10 \text{H}_2\text{O}$	20
مولیبدات سدیم	Na_2MoO_4	650

6-7-2. امکان کریستالیزه شدن کودها در تانک کود

کریستالیزه شدن یا رسوب نمک‌ها در محلول کودی، در تانک کود ذخیره می‌تواند یکی از مشکلات این سیستم کودی در طول فصل زمستان باشد. کمپلکس شدن بیشتر یون‌ها در محلول، سبب خروج بیشتر نمک‌ها (رسوب) از محلول یا کریستالیزه شدن بیشتر محلول می‌شود. مهم‌ترین فاکتوری که بر درجه حرارت و کریستالیزه شدن (خروج و ته‌نشینی نمک) از محلول کودی تأثیر دارد غلظت نیتروژن و پتاسیم است. هر چه درجه آنالیز یک محلول کودی بیشتر باشد کاهش درجه حرارت و کریستالیزه شدن (خروج و ته‌نشینی شدن نمک از محلول) نیز بیشتر خواهد بود. برای مثال، اگر یک محلول کودی 10-0-10 از نیترات آمونیوم و کلرید پتاسیم ساخته شود خروج و ته‌نشینی شدن نمک از محلول در درجه حرارتی حدود 15 درجه سانتی‌گراد اتفاق خواهد افتاد. در حالی که اگر محلول کودی 8-0-8 و 6-0-6 از همین منابع ساخته شود کریستالیزه شدن محلول به ترتیب در درجه حرارت‌های حدود 5 و 3- درجه سانتی‌گراد رخ خواهد داد. کریستالیزه شدن محلول ساخته شده با نیترات پتاسیم، چند درجه پایین‌تر از کریستالیزه شدن محلول ساخته شده با کلرید پتاسیم است. افزودن عناصر غذایی میکرو (کم مصرف) به محلول، تأثیر چندانی بر درجه حرارت کریستالیزه شدن محلول (خروج و ته‌نشینی شدن نمک‌ها) ندارد. مصرف کننده‌های کودهای محلول می‌توانند درجه حرارت

کریستالیزه شدن محلول را برای محلول‌های مورد نظر تعیین کنند. اگر درجه حرارت محلول، کمتر از درجه حرارت ته‌نشینی نمک مورد نظر باشد باید با رقیق کردن محلول با آب، از کریستالیزه شدن محلول جلوگیری شود. افزودن آب برای کاهش درجه آنالیز نیتروژن و پتاسیم به کمتر از 5 درصد، از ته‌نشین شدن نمک‌ها برای مدت طولانی جلوگیری می‌کند. اگر امکان رقیق کردن محلول در تانک کود وجود ندارد افزودن پلی فسفات، می‌تواند تا چندین درجه سانتی‌گراد، درجه حرارت ته‌نشینی و رسوب محلول (salt-out) را کاهش دهد. به هر حال، پلی فسفات‌ها زمانی بیشترین تأثیر را دارند که از کودهای با آنالیز پایین‌تر برای ساختن محلول کودی استفاده شود.

3-7-6. رسوب کربنات کلسیم در سیستم‌های آبیاری

آب‌های آبیاری که دارای غلظت زیادی از یون‌های کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات هستند زمانی که در معرض هوا قرار گیرند موجب تشکیل رسوب کربنات کلسیم و کربنات منیزیم در سطح خاک می‌شوند (ایجاد پودر سفیدرنگ در سطح خاک، شکل 6-11). مصرف کودهای آمونیومی مانند سولفات آمونیوم، نترات آمونیوم و اوره در این آب‌ها، شدت رسوب را افزایش خواهد داد و این رسوبات، اغلب موجب ورقه‌ای شدن و همچنین مسدود شدن سیستم‌های آبیاری می‌شوند که می‌توان با افزودن اسید، آن را رفع کرد. واکنش‌های رسوب کلسیت و منیزیت با هم مشابه است. رسوب کلسیت، با افزایش غلظت یون کلسیم و با کاهش فشار جزئی دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد. با مصرف اسیدها (مانند اسید فسفریک) در آب‌های آبیاری قلیایی و آب‌های با سختی زیاد، اسید تقریباً به طور کامل یونیزه می‌شود و یون هیدروژن با بی‌کربنات و کربنات واکنش داده و اسیدکربنیک تشکیل خواهد شد؛ بنابراین کاهش غلظت بی‌کربنات و کربنات و افزایش تشکیل اسیدکربنیک موجب کاهش شدید رسوب کلسیت خواهد شد. مقدار اسید مصرفی مورد نیاز برای جلوگیری از رسوب کلسیت به کیفیت آب آبیاری، فشار جزئی دی‌اکسید کربن و درجه حرارت بستگی دارد.

بنابراین، اگر کودهای نیتروژنی که دارای آمونیاک آزاد هستند در آب‌های آبیاری با pH قلیایی و با سختی زیاد مصرف شوند، pH آب افزایش یافته و رسوب کلسیت را نیز به طور

مؤثری افزایش خواهد داد. به‌طور کلی یک مول بی‌کربنات برای رسوب یک مول کلسیم در آب‌های آبیاری آمونیاکی نیاز 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. این کاهش در غلظت یون هیدروکسیل، موجب کاهش تبدیل بی‌کربنات به کربنات می‌شود. بنابراین، رسوب کلسیت کاهش می‌یابد. مقدار اسید مورد نیاز برای جلوگیری از رسوب کلسیت در آب‌های آمونیاکی شده تقریباً معادل با مقدار اسید مورد نیاز برای خنثی کردن آمونیاک به‌علاوه مقدار مورد نیاز برای جلوگیری از رسوب در آب‌های غیر آمونیاکی است. اگر مقدار اسید مصرفی بیش از مقدار مورد نیاز برای جلوگیری از رسوب باشد، کربنات‌ها حل خواهند شد و با حل شدن کلسیت موجود در آب آبیاری و کاهش شدید pH آن، خطر فرسودگی سیستم آبیاری تشدید می‌شود.

جدول 6-10. سازگاری و امکان اختلاط کودها برای کود آبیاری و محلول پاشی

کود	اوره	نیترات آمونیوم	سولفات آمونیوم	نیترات کلسیم	نیترات پتاسیم	کلرید پتاسیم	سولو پتاس	فسفات آمونیوم	منگنز، روی و مس سولفات های آهن،	کلات های آهن، منگنز، روی و مس	سولفات منیزیم	اسید فسفریک	اسید سولفوریک	اسید نیتریک
اوره	✓													
نیترات آمونیوم	✓	✓												
سولفات آمونیوم	✓	✓	✓											
نیترات کلسیم	✓	✓	R	✓										
نیترات پتاسیم	✓	✓	✓	✓	✓									
کلرید پتاسیم	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
سولو پتاس	✓	✓	R	X	✓	R	✓							
فسفات آمونیوم	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓						
سولفات های آهن، منگنز، روی و مس	✓	✓	✓	X	✓	✓	R	X	✓					
کلات های آهن، منگنز، روی و مس	✓	✓	✓	R	✓	✓	✓	R	✓	✓				
سولفات منیزیم	✓	✓	✓	X	✓	✓	R	X	✓	✓	✓			
اسید فسفریک	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	R	✓	✓	✓		
اسید سولفوریک	✓	✓	✓	X	✓	✓	R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
اسید نیتریک	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓

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

مصرف پیوسته کودهای نیتروژنی در سیستم آبیاری موجب تشدید رشد میکروب‌ها خواهد شد و احتمال مسدودشدن سیستم آبیاری را افزایش می‌دهد؛ لذا پس از هر نوبت کودآبیاری، سیستم باید شستشو داده شود. کودهای نیتروژنی به شکل اوره و نترات به‌ندرت مشکلات رسوب را در سیستم ایجاد می‌کنند، بنابراین اوره یکی از مناسب‌ترین کودهای نیتروژنی برای کودآبیاری است. اما مصرف برخی کودهای فسفاته (مانند فسفات‌های آمونیوم) به شکل کودآبیاری ممکن است موجب رسوب فسفات‌های کلسیم و منیزیم در سیستم شوند به‌ویژه اگر غلظت کلسیم و منیزیم در آب آبیاری، زیاد باشد. البته مصرف فسفات به شکل اسید فسفریک به علت کاهش pH آب آبیاری و قدرت بافری زیاد، می‌تواند موجب کاهش مشکلات رسوب در سیستم آبیاری گردد و از طرف دیگر نیز، منبع مناسبی برای تأمین نیاز فسفر درختان می‌باشد. از مزایای کودآبیاری، کاهش هزینه کارگری، امکان تقسیط بیشتر کودها در فصل رشد درختان و همچنین کنترل بیشتر توزیع کودها در منطقه ریشه درختان است. اما در کودآبیاری، توزیع کود، تابع توزیع آب در منطقه ریشه است، بنابراین مدیریت آبیاری در باغ باید بهینه باشد تا بتوان مدیریت کوددهی را بهینه کرد.



شکل 6-11. تشکیل پودر سفیدرنگ در سطح خاک پس از آبیاری (ناشی از سختی زیاد آب و مدیریت نامناسب آبیاری)

6-7-4. محاسبه مقدار کود وارد کرده به تانک کود (در هر نوبت کودآبیاری)

برای همه روش‌های کودآبیاری، مقدار کود تزریقی را می‌توان بر اساس معادله زیر، محاسبه کرد:

$$M \text{ (kg)} = S \times N \times (d/1000) \times F$$

M: مقدار کودی که باید به تانک کود وارد کرد (بر حسب کیلوگرم)

S: مساحت باغ بر حسب هکتار (که در نوبت کودآبیاری می‌شود)

N: تعداد درختان در هکتار

d: مقدار کودی که باید برای هر نهال در هر نوبت کودآبیاری مصرف شود (گرم).

F: درصد نیتروژن در کود موردنظر، برای مثال 46 درصد برای اوره، درصد عنصر غذایی مواد کودی در روی کیسه کود نوشته شده است.

مثال:

- اگر مساحت باغ دو هکتار باشد و درختان یک‌ساله باشند
- تعداد درختان حدود 700 اصله در هکتار باشد
- اگر مقدار مصرف نیتروژن برای هر نهال در سال 100 گرم باشد که حدود 70 کیلوگرم در هکتار در سال باشد.
- کود در 10 تقسیط مساوی مصرف شود.
- آنالیز کود مورد نظر 46-0-0 باشد (اوره).

محاسبات:

بنابراین، اگر مقدار مصرف سالانه نیتروژن برای باغی، 70 کیلوگرم در هکتار و مساحت باغ دو هکتار باشد، کود در 10 تقسیط مساوی به شکل کودآبیاری مصرف شود مقدار مصرف نیتروژن در هر کودآبیاری، 14 کیلوگرم در هکتار است. مقدار کود تزریقی در هر مرحله کودآبیاری به سیستم از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$M = 2 \text{ ha} \times 700 \text{ tree / ha} \times (10 \text{ g nitrogen/ tree / 1000}) \times (100/46) = 30/43 \text{ kg}$$

بنابراین، در نوبت کوددهی حدود 31 کیلوگرم اوره باید مصرف شود.

در برخی موارد، ممکن است نیاز باشد مقدار تزریق، متناسب با ظرفیت سیستم و تجهیزات، تصحیح شود. اگر مصرف 92 کیلوگرم اوره در هر مرحله کوددهی بیشتر از ظرفیت سیستم باشد باغ‌دار می‌تواند فراوانی کودآبیاری را افزایش دهد. در برخی باغ‌های بالغ که با سیستم‌های آبیاری میکروجت (micro-sprinkler) آبیاری می‌شوند مصرف آب معمولاً بین 0/25 تا 0/40 سانتی‌متر در ساعت است. سیکل کودآبیاری و فلاش کردن (flush cycles) باید در 2 تا 3 ساعت کامل شود. فواصل تزریق اگر خیلی کوتاه باشد موجب می‌شود که درختان در معرض سطوح بالای شوری قرار گیرند و سوختگی نمک در برگ‌ها و میوه‌های پایین‌تر تاج درختان دیده شود که ناشی از تماس آب آبیاری با آن‌ها می‌باشد. در مقابل، اگر زمان تزریق خیلی طولانی باشد و ظرفیت نگهداری آب در خاک منطقه ریشه، قبل از اتمام زمان آبیاری کامل شود شستشوی کود، افزایش و راندمان مصرف کاهش می‌یابد. بنابراین وقتی درختان جوان با سیستم آبیاری میکروجت (micro-sprinkler) با ارتفاع پاشش کوتاه (محدوده‌ی آب‌پاشی آن‌ها دایره‌ای به قطر 100 تا 130 سانتی‌متر باشد) آبیاری شوند باغ‌داران، باید توجه ویژه‌ای به زمان تزریق کود داشته باشند. افزایش مقدار آب آبیاری می‌تواند منجر به آبیاری بیش از حد و شستشوی عناصر غذایی شود. برای مثال، یک آب‌پاش با نرخ آب‌دهی 100 لیتر در ساعت و قطر خیس کنندگی 130 سانتی‌متر، نرخ مصرف موثری حدود 5 سانتی‌متر در ساعت دارد. این مقدار ممکن است موجب شستشو شود، حتی اگر سیکل کودآبیاری و فلاش کردن سیستم (شستشو) فقط در طول یک‌ساعت کامل شود. بنابراین برای به حداقل رساندن شستشو، وقتی اندام‌های زیرین درختان تحت‌تأثیر آب‌پاش‌ها هستند آبیاری پس از تزریق، باید به حداقل برسد.

همان‌طور که درختان بالغ می‌شوند و سیستم ریشه آنها در حجم بیشتری از خاک گسترش می‌یابد باید ناحیه خیس شده در کودآبیاری افزایش یابد. ناحیه خیس شده برای یک درخت بالغ باید بیشتر ناحیه زیر تاج درخت یا حداقل 50 درصد از کل مساحت زمین را پوشش دهد. سیستم آبیاری که کمتر از 30 درصد کل سطح زمین را پوشش دهد ممکن است قادر به تامین کافی عناصر غذایی برای منطقه ریشه نباشد، همچنین ممکن است سبب شستشوی عناصر غذایی شود. اطلاع از میزان دبی آب در سیستم

آبیاری و میزان آب خاک قبل از آبیاری برای مدیریت کودآبیاری بسیار مهم است. استفاده از سنسورهای رطوبت خاک بسیار مفید است و به ویژه آن‌هایی که میزان آب خاک را در اعماق مختلف اندازه‌گیری می‌کنند.

فصل هفتم

کوددهی درختان جوان

درختان جوان مرکبات به مدیریت آبیاری، تغذیه، علفهای هرز، بیماری‌ها، آفات و محافظت از سرما برای تحریک و رشد سریع تاج نیاز دارند. فراهمی نیتروژن و آب، مهم‌ترین عواملی هستند که بر رشد درختان جوان تأثیر دارند. رشد مناسب درختان جوان به مصرف اصولی آب و نیتروژن بستگی دارد، اما زیادی مصرف آن‌ها، غیرمؤثر و هزینه‌دار است و ممکن است موجب تلفات نیتروژن از طریق شستشو و روان آب سطحی شود. توصیه کود نیتروژن برای درختان غیر بارده از مطالعات و بررسی‌های میدانی کوددهی تعداد زیادی از باغ‌های جوان حاصل شده است. این دستورالعمل‌های راهنما، شامل دامنه‌ای از مقادیر بر اساس سن درختان است زیرا عوامل زیادی (عوامل خاکی، اقلیمی و...) بر نیاز درختان جوان به کود نیتروژن تأثیر دارند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397؛ تاجور، 1384). برای توصیه صحیح کودی (تعیین نوع، زمان و نحوه مصرف کودها) در باغ‌های جوان درختان میوه (سال‌های اول تا سوم پس از احداث باغ) نتایج آزمون خاک و اما در باغ جوان با سن بیشتر از سه سال علاوه بر نتایج آزمون خاک، نتایج آزمون برگ نیز مورد نیاز است. باتوجه به گستردگی کشت مرکبات در مناطق مختلف کشور، توصیه کودی برای هر منطقه می‌تواند متفاوت است. درختان جوان مرکبات به مدیریت مناسب آبیاری، تغذیه، علفهای هرز، آفات و بیماری‌ها و محافظت از سرما برای افزایش سریع رشد رویشی نیاز دارند. مصرف بهینه آب و نیتروژن، مهم‌ترین عواملی هستند که در رشد درختان جوان تأثیر گذارند برخی معیارهای اصلی انتخاب مقدار کود در دامنه‌های توصیه شده در زیر آمده است:

- نوع خاک: درختان کشت شده در خاک‌های با مقدار مواد آلی زیاد (2 درصد یا بیشتر) یا خاک‌های با بافت لومی، نسبت به درختان کشت شده در خاک‌های شنی و خاک‌های با مقدار مواد آلی کم، به کود کمتری نیاز دارند.

- تاریخچه زمین: کاشت جدید درختان در زمین‌هایی که قبلاً مرتع بوده یا در آن‌ها، گیاهان رویشی (علفی) کشت می‌شده است، در مقایسه با نهال‌هایی که در زمین‌هایی کشت می‌شوند که قبلاً باغ بوده‌اند (کشت مجدد در باغ‌های احداث شده)، معمولاً در سال‌های اول و دوم کشت، نیاز کمتری به کود دارند که به طور عمده، ناشی از تجمع بیشتر مواد آلی و معدنی شدن بیشتر آن در زمین‌هایی است که مرتع یا گیاهان رویشی بوده‌اند.
- منابع کود: استفاده از کودهای کندرها یا کودهای باقابلیت استفاده کنترل شده، موجب کاهش مقدار مصرف کود می‌شوند.

7-1. نیتروژن

به‌طور کلی مقدار متوسط مصرف سالانه کود نیتروژن برای درختان 2 تا 3 ساله با تراکم حدود 300 تا 700 درخت در هکتار از 100 تا 200 کیلوگرم در هکتار است. مقدار مصرف نیتروژن برای درختان جوان نارنگی و پرتقال (به‌ازای هر درخت) در جدول 7-1 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 جدول‌ها، دامنه‌ای از مقدار نیتروژن خالص بر اساس سن درختان و تراکم کاشت را نشان می‌دهد. مصرف کودها در چندین تقسیط، راندمان مصرف کودها را افزایش می‌دهد زیرا موجب حفظ پایداری بیشتر 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 کودهای خشک نمکی مانند اوره، سولفات آمونیوم و نترات آمونیوم توصیه می‌شود. اما اگر کودها به صورت 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 7-1. مقدار و تعداد تقسیط‌های نیتروژن برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 ساله)

سن درختان (سال)	نیتروژن خالص مصرفی (گرم به‌ازای هر درخت در سال)	تعداد تقسیط توصیه شده در سال	
		کودآبیاری	پخش سطحی
1	70 - 100	10-12	6-8
2	150- 200	10-12	6-8
3	250-300	10-12	6-8

2-2. فسفر

قبل از تصمیم‌گیری برای مصرف کود فسفر به درختان جوان، تجزیه خاک برای فسفر انجام شود و باتوجه‌به نتایج آزمون خاک، کودهای فسفوری (P_2O_5) به‌صورت زیر مصرف شود.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، میزان فسفر را زیاد یا خیلی زیاد نشان دهد نیازی به مصرف کود فسفر نیازی نیست.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، مقدار فسفر قابل‌استفاده را در دامنه متوسط نشان دهد کود فسفر مصرفی به شکل P_2O_5 معادل با 50 درصد کود نیتروژن مصرف شود.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، مقدار فسفر را در دامنه کم قرار دهد کود فسفر به شکل P_2O_5 معادل 75 درصد مقدار نیتروژن مصرف شود.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، فسفر قابل‌استفاده خاک را در دامنه خیلی پایین قرار دهد کود فسفر به شکل P_2O_5 معادل با مقدار نیتروژن مصرف شود.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، نیاز به مصرف کودهای فسفوری را در سال جاری تأیید کرد تأکید می‌شود برای مصرف فسفر در سال بعد، مجدداً آزمون خاک برای فسفر انجام شود و نتایج آن تفسیر شده و سپس مصرف کود فسفوری کاهش یابد یا حذف شود. اما در سال سوم رشد، برنامه آزمون برگ نیز انجام شود و نتایج آن با استانداردهای آزمون برگ مقایسه شود و سپس نسبت به مصرف کودهای فسفوری مطابق فصل نوزدهم اقدام شود.

به‌طورکلی مصرف فسفر برای درختان جوان (1 تا 3 سال) بر اساس سن درختان، نتایج آزمون خاک و تفسیر آن در جدول 7-2 آمده است (برای درختان جوان لایم، لمون، لیموشیرین و گریپ‌فروت که رشد رویشی بیشتری دارند مقدار مصرف فسفر 15 تا 20

درصد بیشتر توصیه می‌شود). اگر نتایج آزمون خاک نشان دهد که فسفر قابل استفاده خاک، بیش از 15 میلی گرم در کیلوگرم خاک است نیاز به مصرف کودهای فسفوری نیست، اما اگر فسفر قابل استفاده خاک، کمتر از 15 میلی گرم در کیلوگرم باشد کودهای سوپرفسفات تریپل، سوپرفسفات ساده، دی آمونیوم فسفات و مونو آمونیوم فسفات را می‌توان به روش خاکی، در اوایل فصل رشد مصرف کرد. اما کودهای مونو آمونیوم فسفات، دی آمونیوم فسفات و اسید فسفریک را می‌توان به روش کودآبیاری در تقسیط‌های مختلف در طی فصل رشد مصرف کرد. اما با مصرف کود فسفر در یک سال، برای تعیین این که در سال بعد چه مقدار کود فسفر مصرف شود (مصرف آن کاهش یابد یا متوقف شود)، نیاز است دوباره آزمون خاک انجام و نتایج آن تفسیر شود، و بر اساس این نتایج، نسبت به مصرف کودهای فسفوری اقدام شود. از سال سوم رشد به بعد، علاوه بر آزمون خاک، آزمون برگ نیز انجام شود و به‌طور کلی، نیاز به فسفر و توصیه آن بر اساس نتایج این آزمون‌ها انجام شود.

جدول 7-2. مصرف فسفر (P_2O_5)^{*} برای درختان جوان (1 تا 3 سال) بر اساس سن درختان و نتایج آزمون خاک

تفسیر نتایج آزمون خاک					
فسفر خاک	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
(میلی گرم بر کیلوگرم)	(<5)	(5-10)	(10-15)	(15-25)	(>25)
مقدار کود فسفوری (P_2O_5) توصیه شده	50 گرم به‌ازای هر سال سن درخت	30 گرم به‌ازای هر سال سن درخت	15 گرم به‌ازای هر سال سن درخت	-	-

*- ضریب تبدیل فسفر: ($P_2O_5 \times 0.43 = P$)

3-3. پتاسیم

نیاز کود پتاسیم به شکل K_2O ، برای درختان جوان غیر بارده، به طور متوسط معادل 30 تا 80 درصد نیتروژن مصرفی می‌باشد.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، میزان پتاسیم را زیاد یا خیلی زیاد نشان دهد به مصرف کود پتاسیم (مصرف خاکی) برای درختان جوان نیازی نیست. اما مصرف به شکل

محللول پاشی (کودهای مناسب محللول پاشی مانند نیترات پتاسیم و...) در برخی موارد خاص، توصیه می شود.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، مقدار پتاسیم قابل استفاده را در دامنه متوسط نشان داد کود پتاسیم مصرفی به شکل K_2O (مجموع مصرف خاکی و محللول پاشی) برای درختان جوان معادل 30 درصد کود نیتروژن، توصیه می شود.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، مقدار پتاسیم قابل استفاده را در دامنه کم قرارداد کود پتاسیم به شکل K_2O (مجموع مصرف خاکی و محللول پاشی) معادل 40 الی 60 درصد مقدار نیتروژن، توصیه می شود.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، پتاسیم قابل استفاده خاک را در دامنه خیلی پایین قرارداد کود پتاسیم به شکل K_2O (مجموع مصرف خاکی و محللول پاشی) معادل با 80 درصد مقدار نیتروژن مصرفی، توصیه می شود.

▪ اگر نتایج آزمون خاک، نیاز به مصرف کود پتاسیم را برای سال جاری تأیید کرد. تأکید می شود برای مصرف پتاسیم در سال بعد، مجدداً آزمون خاک انجام شود و مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک اندازه گیری شود و نتایج آن تفسیر شود. سپس مجدداً ارزیابی شود که آیا مصرف کود پتاسیم به همان شکل ادامه داده شود، کاهش یابد یا حذف شود. اما در سال سوم رشد، برنامه آزمون برگ نیز انجام شود و نتایج آن با جدول های استاندارد آزمون برگ مقایسه و ارزیابی شود سپس به مصرف کودهای پتاسیمی اقدام شود.

مصرف کودهای پتاسیمی برای درختان جوان (1 تا 3 سال) براساس سن درختان، نتایج آزمون خاک و تفسیر آن است (جدول 7-3). کودهای پتاسیمی مناسب برای درختان مرکبات شامل سولفات پتاسیم معمولی (با خلالت کم)، سولفات پتاسیم (با خلالت زیاد)، سولوپتاس، سولوکراس، نیترات پتاسیم، مونو پتاسیم فسفات، دی پتاسیم فسفات، هیومات های پتاسیم، سولفات پتاسیم منیزیم و غیره است. کودهای سولفات پتاسیم منیزیم و سولفات پتاسیم معمولی، اغلب در اوایل فصل رشد و به روش خاکی توصیه می شوند. اما کودهای سولوپتاس، سولوکراس، سولفات پتاسیم با خلالت زیاد، مونو پتاسیم فسفات، دی پتاسیم فسفات، هومات های پتاسیم و نیترات پتاسیم به روش کودآبیاری در طول فصل رشد (در تقسیط های مختلف، در مناطق شمالی کشور به ویژه از

اوایل مرداد ماه تا اواسط آبان ماه و در مناطق جنوبی کشور (دزفول، حاجی‌آباد، نازدشت، جیرفت، کهنوج و داراب) و مناطق غربی کشور (قصرشیرین) در دو مرحله، مرحله اول از اوایل اردیبهشت ماه تا اواخر خردادماه و مرحله دوم از اوایل مهرماه تا اواخر آبان‌ماه یا اوایل آذرماه) توصیه می‌شوند، البته بخشی از نیاز پتاسیم درختان مرکبات را می‌توان با کلور پتاسیم تأمین کرد به شرطی که خاک و آب، شور نباشند، پایه و پیوندک متحمل به کلر باشند و همچنین باغ، مانداب سطحی نداشته باشد و از زهکشی مناسبی نیز برخوردار باشد. مدیریت مناسب آبیاری در امکان مصرف کلور پتاسیم و کاهش خسارت‌های احتمالی آن، بسیار مؤثر است.

جدول 3-7. مقدار پتاسیم (K_2O) توصیه شده و تعداد تقسیط‌ها برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 سال)

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

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

4-7. کلسیم

در خاک‌های آهکی که مقدار کربنات کلسیم آن بیشتر از 3 درصد باشد نیازی به مصرف خاکی هیچ نوع کود کلسیمی برای درختان جوان غیر بارده (همه درختان میوه از جمله درختان مرکبات) نیست، اما در خاک‌های اسیدی با pH کمتر از 5/5 مانند برخی خاک‌های دامنه جنگل‌ها و غرب مازندران، مصرف آهک به خاک برای افزایش pH به حدود 6 تا 6/5 و حفظ pH خاک در این دامنه ضروری است. اگر pH خاک، در این دامنه (6 تا 6/5) باشد نیازی به مصرف خاکی کودهای کلسیمی نیست مگر این که آزمون خاک نشان دهد که کلسیم قابل‌استفاده خاک کمتر از مقدار کفایت است در این صورت، مصرف

گچ یا کودهای محلول کلسیمی توصیه می‌شود. اگر pH خاک، بیشتر از 6/5 باشد معمولاً خاک، کلسیم کافی برای رشد درختان دارد و نیازی به مصرف کودهای کلسیمی نیست.

5-7. منیزیم

اگر آزمون خاک نشان دهد که مقدار منیزیم قابل استفاده خاک در دامنه متوسط یا کمتر است، مصرف کودهای منیزیم (مانند سولفات منیزیم، سولفات پتاسیم منیزیم و...) برای درختان جوان غیر بارده، حداکثر معادل با 20 درصد نیتروژن مصرفی توصیه می‌شود. اگر آزمون خاک در سال‌های بعدی نشان داد که مقدار منیزیم قابل استفاده خاک در حد کفایت باشد، مصرف کودهای منیزیمی باید کاهش یابد.

6-7. عناصر غذایی میکرو (کم مصرف)

اگر نهال‌های مرکبات در زمین‌هایی که قبلاً کشت شده‌اند، کاشته شوند (مانند بازسازی کامل باغ یا زمین‌هایی که قبلاً تحت کشت‌های زراعی بوده و در آن‌ها کود مصرف شده است)، به مصرف کودهای حاوی عناصر غذایی میکرو نیازی نیست مگر این‌که آزمون برگ نشان دهد که مقدار این عناصر، کمتر از حد کفایت است یا علائم کمبود، در برگ‌ها و سرشاخه‌ها مشاهده شود (سودانو و همکاران، 1994؛ تگلیاوانی و رامبول، 2001).

اما اگر درختان مرکبات در زمین‌هایی احداث شوند که سابقه کشت ندارند، مصرف منگنز (به شکل کلات منگنز (MnEDTA)، سولفات منگنز و ...)، سولفات روی (به شکل کلات روی (ZnEDTA)، سولفات روی و ...) سولفات مس و اسید بوریک به ترتیب، حداکثر به مقدار 5، 5/2 و 33/0 درصد مقدار نیتروژن مصرفی توصیه می‌شود. تا این‌که آزمون خاک، آزمون برگ یا ظاهر درختان نشان دهند که نیازی به مصرف یکی یا تعداد بیشتری از این کودها نمی‌باشد. بور معمولاً نیاز است هر سال مصرف شود؛ زیرا به آسانی از پروفیل خاک و منطقه ریشه شسته می‌شود. کودهای آهن، روی، مس و مولیبدن نیازی نیست که به صورت معمولی هر سال مصرف شوند مگر این‌که علائم ظاهری، نیاز به مصرف آنها را تأیید کند.

7-7. مدیریت کوددهی درختان جوان در شمال کشور

باتوجه به این که راندمان مصرف کودها در درختان جوان، به‌ویژه در اوایل فصل رشد بسیار پایین است (به‌ویژه در مناطق شمالی کشور) و از طرف دیگر، رشد فلش‌های 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 کنند و به‌تدریج، مقدار مصرف (درصدی از نیاز سالانه) را افزایش 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 سرمای، مصرف کودها را به حداقل مقدار کاهش دهند یا کوددهی را متوقف کنند. به‌طور کلی، این روند مصرف باید به گونه‌ای مدیریت شود که بافت‌های فلش‌های رشدی سوم (فلش‌های پاییزی)، فرصت زمانی کافی برای کامل شدن داشته باشند (جدول 4-7).

جدول 4-7. مدیریت مصرف کودهای شیمیایی برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 سال) در طول فصل رشد برای مناطق شمالی کشور و دیگر مناطق با آب‌وهوای معتدل

نوع کود	مقدار مصرف در هر ماه از فصل رشد (درصدی از کل کود توصیه شده)						
	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
نیتروژنی	5	10	10	15	20	20	15
پتاسیمی	5	5	10	15	15	20	20
فسفوری	10	10	15	15	15	15	10

7-8. مدیریت کوددهی درختان جوان در جنوب کشور

باتوجه به گرمای شدید تابستان در مناطق جنوب کشور مانند حاجی‌آباد و ناز دشت بندرعباس، جیرفت، دزفول 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، پتاسیم و فسفر در هر دو مرحله کوددهی، در جدول 5-7 آمده است. براساس کارهای میدانی نگارندگان در بندرعباس (ابراهیم آباد و نازدشت) و دزفول، توصیه می‌شود در مناطق جنوبی کشور، مصرف کودهای نیتروژنی با 5 درصد نیاز سالانه، از نیمه دوم بهمن ماه 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 آذر ماه 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 بهمن ماه شروع شود و در اردیبهشت و خرداد ماه به حداکثر مقدار (به ترتیب 15 و 20 درصد نیاز سالانه) افزایش داده شود و در نیمه اول تیر ماه، با مصرف 5 درصد نیاز سالانه، مصرف کودهای پتاسیمی متوقف شود. سپس در نیمه دوم شهریور ماه با مصرف 5 درصد مصرف سالانه، کوددهی پتاسیم دوباره آغاز شود و در آبان ماه به حداکثر مقدار مصرف (15 درصد نیاز سالانه)، افزایش یابد و در آذرماه نیز کوددهی متوقف شود.

جدول 5-7. مدیریت مصرف کودهای شیمیایی برای درختان جوان غیر بارده (1 تا 3 سال)

در طول فصل رشد برای مناطق جنوب کشور و دیگر مناطق با تابستان‌های بسیار گرم

مقدار مصرف در هر ماه از فصل رشد (درصدی از کل کود توصیه شده)

نوع کود	نیم (نیمه دوم)	آسند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	نیم (نیمه اول)	مرداد	مهر	آبان	آذر (نیمه اول)
نیتروژنی	5	10	15	20	10	5	-	5	10	5
پتاسیمی	5	5	10	15	20	5	-	5	15	10
فسفری	5	10	15	15	15	5	-	5	10	5

منابع مورد استفاده

1. احمدپور، ا. 1391. دستورالعمل فنی کاشت نهال مرکبات. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، کرمان، ایران.
2. اخلاقی امیری، ن و ع. اسدی کنگرشاهی. 1397. هرس فرم‌دهی درختان جوان مرکبات، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، کرج، ایران.
3. اسدی کنگرشاهی، ع. 1397. روند رشد، واکنش تغذیه‌ای و تحمل تروپرسیترنج به خاک‌های آهکی. نشریه علمی‌ترویجی مدیریت اراضی، جلد 9 شماره 2، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
4. اسدی کنگرشاهی، ع. 1400. تأثیر شرایط ماندابی بر روند تغییرات شیمیایی و الکتروشیمیایی در محلول خاک‌های آهکی. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 35، شماره 2، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
5. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1396. روند رشد، واکنش تغذیه‌ای و درجه زرد برگ‌ی نارنگی انشو به پایه سوینگل سیتروملو در برخی خاک‌های آهکی مازندران. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 31، شماره 2، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
6. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1392. خشکیدگی سرشاخه‌ها، زوال مرکبات و برخی آسیب‌های محیطی مرکبات شرق مازندران. نشریه فنی ترویجی، سازمان جهاد کشاورزی مازندران. شماره 92/217/01.
7. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد اول، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
8. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد دوم، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
9. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1395. سرمزدگی درختان میوه (مبانی، اصول و راهکارهای عملی کاهش خسارت)، جلد اول، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

10. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1397. مدیریت احداث باغ پایدار مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
11. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1399. بررسی مقدار رشد و ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی نارنگی انشو با پایه سی-35 در چند خاک آهکی. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 32، شماره 2، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
12. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1401. بررسی ویژگی‌های رویشی، فیزیولوژی و زردبرگی نارنگی انشو با پایه کاریزوسیترنج در برخی خاک‌های آهکی. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 36، شماره 1، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
13. اسدی کنگرشاهی، ع. و ن. اخلاقی امیری. 1401. پاسخ‌های تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی نارنگی انشو با پایه اسموت فلت سویل در شرایط خاک‌های آهکی. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 36، شماره 4، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
14. اسدی کنگرشاهی، ع. غ. ر. ثوابی، م. سمر و م. فرحبخش. 1392. امکان استفاده از فلورسنس کلروفیل برای ارزیابی تحمل برخی از پایه‌های مرکبات به تنش غرقاب. مجله باغبانی دانشگاه تهران، دوره 15، شماره 4، تهران، ایران.
15. اسدی کنگرشاهی، ع. غ. ر. ثوابی، م. سمر و ن. اخلاقی امیری. 1392. بررسی تحمل برخی ژنوتیپ‌های مرکبات به تنش مانداب در خاک‌های شرق مازندران. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
16. اسدی کنگرشاهی، ع. غ. ر. ثوابی، م. سمر و ن. اخلاقی امیری. 1392. بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات به آهک کل و فعال در خاک‌های آهکی شرق مازندران. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
17. اسدی کنگرشاهی، ع. غ. ر. ثوابی، م. سمر و ن. اخلاقی امیری. 1392. اثر تنش غرقاب بر روند تغییرات کلروفیل برگ نارنگی انشو (*Citrus unshiu*) با پایه‌های مختلف در خاک‌های شرق مازندران. مجله آب‌و خاک دانشگاه تهران، دوره 44، شماره 3، تهران، ایران.
18. اسدی کنگرشاهی، ع. م. بصیرت، ن. اخلاقی امیری، ح. حقیقت‌نیا، ع. شیخ اشکوری، س. سلیم پور، آ. صباح، م. شهابیان، ج. صالح، ا. قاسمی و ف. رجالی. 1396. دستورالعمل

- مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه درختان مرکبات در شمال و جنوب کشور. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج، ایران.
19. اسدی کنگرگاهی، ع، ن، اخلاقی امیری و م، سمر. 1394. شاخص درجه زردی و آهن فعال برای ارزیابی تحمل برخی پایه‌های مرکبات به آهک خاک. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج، ایران.
20. امیرافضلی، م. 1402. ویژگی‌های نهال سالم و استاندارد و نحوه کاشت آن، ترویج کشاورزی جنوب کرمان، کرمان، ایران.
21. ایزدپناه، ب. 1355. مطالعات نیمه تفضیلی و اجمالی خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی استان مازندران. نشریه شماره 492. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران.
22. آمارنامه کشاورزی (محصولات باغبانی و گلخانه‌ای). 1401. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
23. بای‌وردی، م، م، ج، ملکوتی، ه، امیر مکرری و م، نفیسی. 1379. تولید و مصرف بهینه کودهای شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.
24. تاجور، ی، ع، حیاتبخش، س، نعمت‌الهی، ف، رفعت، و ب، داداش‌زاده. 1384. کشت و پرورش مرکبات. نشریه آموزشی و ترویجی، واحد ترویج سازمان جهاد کشاورزی، مازندران، ایران.
25. تدین، م، س، م، بصیرت، غ، ر، معافی‌پوریان، 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 14-50-10-9552، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
26. 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، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
27. توکلی، ع، ب، کاووسی و ش، حاجی‌وند. 1397. راهنمای فنی و کاربردی احداث باغ‌های دیم. معاونت ترویج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

28. خویی، س. 1360. بررسی وضعیت تغذیه گیاهی مرکبات. نشریه شماره 648. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
29. دولتشاهی، ع.، خ. اسفندیاری، م.، بغدادی، ع.، مؤمنی، م.، زرکانی و ن. حاج مولانا. 1385. دستورالعمل انجام مطالعات خاک‌شناسی. نشریه شماره 466. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست‌جمهوری، تهران، ایران.
30. رامشنی، خ. و م. ح. بنایی. 1362. گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی و اجمالی غرب استان مازندران. نشریه فنی شماره 638. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران.
31. زین‌الدینی، ع.، م. اسکندری و ن. نویدی. 1398. فنولوژی گیاهان باغی (به منظور استفاده در ارزیابی تناسب اراضی). انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
32. سماوات، س. 1397. بررسی تأثیر منابع و مقادیر مختلف کودهای آلی در تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه در کشت گندم-ذرت در کرت‌های دائم. گزارش نهایی، نشریه شماره 2127. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
33. عدولی، ب.، ب. گل‌عین و ح. خانجانی. 1391. اصول احداث باغ مرکبات. نشریه شماره 41394. مؤسسه تحقیقات مرکبات، رامسر، مازندران.
34. علوی، و. 1396. مدیریت بهداشت باغات مرکبات. ترویج کشاورزی استان مازندران، مازندران، ایران.
35. گل‌عین، ب. 1396. ارقام و پایه‌های مرکبات مناسب ایران. نهمین کنگره علوم باغبانی، اهواز، ایران.
36. گل‌عین، ب. و ب. عدولی 1397. اصول احداث باغ‌های مدرن مرکبات. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی کشور، کرج، ایران.
37. گل‌عین، ب. و ب. عدولی 1397. کاربرد و رقم‌ها و پایه‌های مناسب در کشت و توسعه مرکبات. مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی کشور، کرج، ایران.
38. Arbona, V., M.F. Lopez – Climent, R. M. Perez – Clement and A. Gomez–Cadenas. 2009. Maintenance of a high photosynthetic performance is linked to flooding tolerance in citrus. *Environ. Exp. Bot.* 66: 135 – 142.
39. Bahmaniar, M.A. 2008. The influence of continuous rice cultivation and different waterlogging periods on the morphology, clay mineralogy, Eh, pH and K in paddy soils. *Eurasian Soil Sci.* 41:87–92.

40. Bashour, I. and A.A. Sayegh. 2007. Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
41. Benyahia, H., Beniken, L., Omari, F.Z., Benazzouze, A., Handaji, N., Msatef, Y. and Olitrault, P. 2011. Evaluation of the resistance of few citrus rootstocks to alkalinity by applying a fast test of screening. *African Journal of Agricultural Research*. 6: 780-784.
42. Bui, E.N., Loeppert, R.H. and Wilding, L.P. 1990. Carbonate Phases in calcareous soils of western United States. *Soil Science Society of American Journal*. 54: 39-45.
43. Byrne, D.H., Rouse, R.E. and Sudahono. 1995. Tolerance to citrus rootstocks to lime-induced iron chlorosis. *Subtrop. Plant Science*. 47: 7-11.
44. Carmen, M., Jose Liosa, M., Quijano, A. and Angeles, M. 2009. Effect of rootstocks on photosynthesis of leaves of Navelina trees grown in calcareous soils. *HortScience*. 48: 242-250.
45. Carter, M.R. 1981. Association of total CaCO_3 and active CaCO_3 with growth of fine tree species on chernozemic soils. *Canadian Journal of Soil Science*. 61: 173-175.
46. Castle, B. and Stover, E. 2001. Update on use of swingle citromelo rootstock. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences.
47. Castle, W.S. and Nunnallee, J. 2009. Screening citrus rootstocks and related selections in soil and solution culture for tolerance to low-iron stress. *HortScience*. 44: 638-645.
48. Chouliaras, V., Therios, I., Angelos, P., Molassiotis, A.N., Antigoni, M. and Papavasopoulou, A. 2004. The effect of iron deficiency and bicarbonate treatments on physiological and biochemical parameters in citrus. *Agro Thesis*. 2: 11-18.
49. Citrus Fruit Statistics. 2016. Food and Agriculture organization of the United Nations Rome; 1-47.
50. Donnini, S., Castagna, A., Ranieri, A. and Zocchi, G. 2009. Differential responses in pear and quince genotypes induced by Fe deficiency and bicarbonate. *Journal of Plant Physiology*. 166: 1181-1193.
51. Ethan, S. 2015. Effect of flooding on chemistry of paddy soils: a review. *Int. J. Innov. Sci. Eng. Tech* 2:414-420.
52. Ibrahim, S.A., Siam, H.S., Rashad, M.A., Holah, S.S. and Abou Zeid, S.T. 2011. Influence of soil moisture regimes on some nutrients concentration in soil solution collected from different soils through the growth period of rice plants. *Int J. Acad Res*. 3:711-719.
53. Kirk, G. 2004. The biogeochemistry of waterlogged soils. Wiley, New York.

54. Kosegarten, H. and Koyto, H. 2001. Apoplastic accumulation of iron in the epidermis of maize (*Zea mays*) roots grown in calcareous soil. *Physiologia Plantarum*. 113: 515-522.
55. Kosegarten, H., Hoffman, B., Rroco, E., Grolig, F., Gluesenkamp, K. and Mengel, K. 2004. Apoplastic pH and Fe^{III} reduction in young sunflower (*Helianthus annuus*) roots. *Physiologia Plantarum*. 122: 95-106.
56. Kosegarten, H., Hoffmann, B. and Mengel, K. 1999. Apoplastic pH and Fe^{3+} reduction in intact sunflower leaves. *Plant Physiology*. 121: 1069-1079.
57. Larson, K.D., Graetz, D.A. and Schaffer, B. 1991. Flood-induced chemical transformations in calcareous agricultural soils of South Florida. *Soil Sci*. 152:33-40.
58. Loeppert, R.H., Wei, L.C. and Ocumpaugh, W.R. 1994. Soil factors influencing the mobilization of iron in calcareous soils. In: Manthey, J.A., Crowley, D.A., Luster, D.G. (Eds.) , *Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere*. Lewis Publishers. Boca Raton. PP. 343-360.
59. Louzada, E.S., Del Rio, H.S., Setamou, M., Watson, J.W. and Swietlik, D.M. 2008. Evaluation of citrus rootstocks for the high pH, calcareous soils of South Texas. *Euhytica*. 164: 13-18.
60. Lu, S.G., Tang, C. and Rengel, Z. 2004. Combined effects of waterlogging and salinity on electrochemistry, water-soluble cations and water dispersible clay in soils with various salinity levels. *Plant Soil*. 264:231-245.
61. Maribela, P., Amarilis, V., Javier, A. and Eugenio, A.F. 2005. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. *Scientia Horticulturae*. 104: 25-36.
62. McCormik, J. 1979. Poultry manure as a fertilizer resource. Purdue University and North Carolina Agricultural Extension, M.S. Thesis, Bulletin AG-439-5.
63. Mengel, K. 1995. Iron availability in plant tissues-iron chlorosis in calcareous soils, in: J. Abadia (Ed.) , *Iron Nutrition in Soils and Plant*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. 389-397.
64. Mengel, K. and Geurtzen, G. 1986. Iron chlorosis in calcareous soils. Alkaline nutritional condition as the cause for the chlorosis. *Journal of Plant Nutrition*. 9: 161-173.
65. Narteh, L.T. and Sahrawat, K.L. 1999. Influence of flooding on electrochemical and hemical properties of West African soils. *Geoderma*. 87:179-207.

66. Nikolic, M. and Romheld, V. 1999. Mechanism of Fe uptake by symplast: Is inactivation in leaf a cause of deficiency chlorosis? *J. Plant and Soil*. 215: 229-237.
67. oivin, P., Favre , F., Hammecker, C., Maeght, J.L., Delariviere, J., Poussin, J.C. and Woperris, M.C.S. 2002. Processes driving soil solution chemistry in a flooded rice-cropped vertisol: Analysis of long-time monitoring data. *Geoderma*. 110: 87 - 107.
68. Parsad, R. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture. CRC press, LLC.
69. Pestana, M., de Varrnnes, A., Abadia, J. and Araujo Faria, E. 2005. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. *Scientia Horticulturae*. 104: 25-36.
70. Ponnampurna, F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. IRRI Los Banos, Los Banos, p 96.
71. Quantin, C., Grunberge, O., Suvannang, N. and Bourdon, E. 2008. Land management effects on biogeochemical functioning of saltaffected paddy soils. *Pedosphere* 18:183–194
72. Roden, E.E. 2004. Analysis of long-term bacterial versus chemical Fe(III) oxide reduction kinetics. *Geochim Cosmochim Acta*. 68:205–216.
73. Romheld, V. 2000. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaves of grape vine. *Journal of Plant Nutrition*. 13: 1629-1643.
74. Rostaminia, M., Mahmoodi, S., Sefidi, H.T., Pazira, E. and Kafaee, S.B. 2011. Study of reduction-oxidation potential and chemical characteristics of a paddy field during rice growing season. *J. Appl. Sci*. 11:1004–1011.
75. Sadi Kangarshahi, A. and N. Akhlaghi Amiri. 2008. Effect of short-term water logging on the growth and yield of citrus. *The 11th International Citrus Congress*, Wuhan, China.
76. Saleh, J., Najafi, N., Oustan, S., Aliasgharzad, N. and Ghassemi-Golezani, K. 2013. Changes in extractable Si, Fe, and Mn as affected by silicon, salinity, and waterlogging in a sandy loam soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 44:1588–1598.
77. Soil Survey Division Staf. 1993. Soil survey manual. Soil onservation Service, USDA, Washington, DC.
78. Srivastava, A.K. and R.R. Kohli. 1997. Soil suitability criteria for citrus. *Agriculture Review*. 18: 139-146.
79. Srivastava, A.K. and S. Singh. 2002. Citrus: Climate and Soil. International Book Distributing Company, IBDC. Lucknow, U.P., India.

80. Sudahono, Byrne, D.H. and Rouse, R.E. 1994. Greenhouse screening of citrus rootstocks for tolerance to bicarbonate-induced iron chlorosis. *HortScience*. 29: 113-116.
81. Tagliavini, M. and Rombola, A.D. 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *European Journal of Agronomy*. 15: 71-92.
82. Tiessen, H., Cuevas, E. and Chacon, P. 1994. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature*. 371: 372-375.
83. Toulon, V., Sentenac, H., Thibaud, J.B., Davidian, C., Moulineau, C. and Grignon, C. 1992. Role of apoplast acidification by the H⁺ pump. Effect on the sensitivity to pH and CO₂ of iron reduction. *Planta*. 186: 212-218.
84. Wei, L.C., Ocumpaugh, W.R. and Loeppert, R.H. 1994. Plant growth and nutrient uptake characteristics of Fe – deficiency chlorosis susceptible and resistant subclovers. *Plant and Soil*. 165: 235-240.
85. Wren, N.V. and Grusak, M.A. 2000. Summary of IX international symposium of iron nutrition and interaction in plants. *Journal of Plant Nutrition*. 23: 2083-2102.
86. Yang, L., Li, G., Lin, Q. and Zhao, X. 2010. Active carbonate of chestnut soils in different lands. *Ecology and Environmental Science*. 19: 428-432.
87. Zribi, K. 2002. Effect of bicarbonate on growth and iron nutrition of pea. *Journal of Plant Nutrition*. 25: 2143-2149.