



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

## راهنمای جامع کودهای شیمیایی، آلی و زیستی (شناخت، تولید و کاربرد)

نگارندگان

پیمان کشاورز و سید سجاد حسینی

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی  
دانشجوی دکتری رشته علوم خاک دانشگاه فردوسی مشهد

|                         |                                                                                                                                            |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه                 | : کشاورز، پیمان، 1350-                                                                                                                     |
| عنوان و نام پدیدآور     | : راهنمای جامع کودهای شیمیایی، آلی و زیستی (شناخت، تولید و کاربرد)/ نگارندگان پیمان کشاورز و سید سجاد حسینی؛ [برای] موسسه تحقیقات خاک و آب |
| مشخصات نشر              | : تهران : سنا، 1400.                                                                                                                       |
| مشخصات ظاهری            | : 365 ص. : جدول.                                                                                                                           |
| شابک                    | : 978-622-97794-3-9                                                                                                                        |
| وضعیت فهرست نویسی       | : فیپا                                                                                                                                     |
| یادداشت                 | : کتابنامه.                                                                                                                                |
| موضوع                   | : کود                                                                                                                                      |
| موضوع                   | : Fertilizers                                                                                                                              |
| موضوع                   | : کودهای آلی                                                                                                                               |
| موضوع                   | : Organic fertilizers                                                                                                                      |
| موضوع                   | : کودهای زیستی                                                                                                                             |
| موضوع                   | : Biofertilizers                                                                                                                           |
| شناسه افزوده            | : حسینی، سید سجاد، 1369-                                                                                                                   |
| شناسه افزوده            | : موسسه تحقیقات خاک و آب                                                                                                                   |
| شناسه افزوده            | : Soil & water research institute                                                                                                          |
| رده بندی کنگره          | : S633                                                                                                                                     |
| رده بندی دیویی          | : 631/8                                                                                                                                    |
| شماره کتابشناسی ملی     | : 8434900                                                                                                                                  |
| اطلاعات رکورد کتابشناسی | : فیپا                                                                                                                                     |

#### مشخصات اثر

عنوان: راهنمای جامع کودهای شیمیایی، آلی و زیستی (شناخت، تولید و کاربرد)

نگارندگان: پیمان کشاورز و سید سجاد حسینی

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا

ویراستار فنی: ناصر دوات‌گر

ویراستار ادبی: زهرا محمدی

صفحه آرا: سمانه پورمنصور

طراح جلد: راضیه محمدی

قیمت:

سال انتشار: 1400

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره K400-29 در تاریخ 1400/6/13 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت

رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

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

صندوق پستی: 31785-311

کد پستی: 3177993545

تلفن: 026-36201900

نمابر: 02636210121

پست الکترونیکی: info@swri.ir

وبسایت: http://www.swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

## تقریظ

در حال حاضر، پس از تامین آب مورد نیاز گیاهان، مصرف بهینه کود مؤثرترین، سریع‌ترین، سهل‌الوصول‌ترین و از نظر اقتصادی قابل توجیه‌ترین راه تحقق افزایش عملکرد هکتاری (کمی-کیفی) محصولات کشاورزی، و ارتقاء سطح بهداشت تغذیه جامعه می‌باشد. تغذیه بهینه گیاهی با مصرف کودها به ویژه کودهای ریزمغذی، زیستی و آلی در مزرعه تحقق می‌یابد. در صورت رعایت نکات فنی در مصرف کودها، از هدر رفت عناصر مغذی خاک جلوگیری شده و به ایجاد توازن مورد نیاز بین عناصر مزبور در خاک منجر می‌شود. با تغذیه بهینه گیاهان، می‌توان بسیاری از ترکیبات و عناصری را که هم‌اکنون به صورت انواع قرص‌ها و مکمل‌های غذایی مصرف می‌شوند، از طریق غنی‌سازی طبیعی محصولات کشاورزی در محصولات غذایی افزایش و کیفیت آن‌ها را بهبود بخشید.

سطح کشت اراضی آبی و دیم در جهان بالغ بر  $1/5$  میلیارد هکتار و در ایران حدود 15 میلیون هکتار (در سال‌های پرباران 18 میلیون هکتار) است. از طرف دیگر، مصرف جهانی کودهای پرمصرف برحسب عنصر غذایی در هر سال، بالغ بر 194 میلیون تن (کودهای نیتروژنی 110، فسفاتی 47 و پتاسیمی 37 میلیون تن)، به عبارت دیگر، میانگین مصرف کودهای پرمصرف در جهان برحسب عنصر غذایی، حدود 130 و بر حسب کود نیز به طور تقریبی معادل 285 کیلوگرم بر هکتار است. بنابراین، نیاز سالانه کودهای شیمیایی پرمصرف در کشور ما در یک سال زراعی برحسب عنصر غذایی،  $1/94$  میلیون تن و برحسب مقدار کود حدود  $4/20$  میلیون تن (کودهای نیتروژنی  $2/43$ ، فسفاتی  $1/02$  و پتاسیمی  $0/75$  میلیون تن) باید باشد. لیکن، از اواخر دهه 80، مصرف بهینه کود به دلایل متعددی رعایت نگردید. در خلال این مدت تقریباً به غیر از اوره، سوپرفسفات‌تریپل و مقدار کمی کودهای پتاسیمی، کودهای دیگری از جمله کودهای آلی، زیستی و ریزمغذی، در اختیار تولیدکنندگان بخش کشاورزی گذاشته نشد و حتی در دهه 90، علاوه بر این نابسامانی (تشدید مصرف نامتعادل کود)، مقدار کل کودهای مصرفی در کشور که باید حدود  $4/20$  میلیون تن در سال می‌شد، به کمتر از نصف کاهش یافت. بدیهی است یکی از علل اساسی برای کاهش مقدار تولید و افزایش واردات محصولات کشاورزی، کاهش مقدار کودهای مصرفی و عدم مصرف کودهای پتاسیمی و ریزمغذی‌ها بوده است. این مقدار نه با نسبت جهانی هماهنگی دارد و نه با نیاز واقعی گیاه. از طرف دیگر، با عنایت به آهکی بودن خاک‌های زراعی کشور، نوع کودهای نیتروژنی (اوره) و فسفاتی (سوپرفسفات‌تریپل) مصرفی باید توسط شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران و بخش خصوصی تغییر یابد. به عبارت دیگر، به جای اوره قبل از کاشت از کودهای سولفات آمونیوم، اوره با پوشش گوگردی (SCU)، کود کامل‌ماکرو و نیترات فسفات آمونیوم و به جای سوپرفسفات‌تریپل، از کودهای سوپرفسفات ساده و میکروبی فسفاتی و همچنین، از کودهای گوگردی و ریزمغذی‌ها هر چه بیشتر استفاده

شود. افزون بر این رابطه تنگاتنگ و مثبتی بین مصرف بهینه کود و تولید فرآورده‌های کشاورزی سالم وجود دارد و لذا بر ما فرض است که این اصل مهم را در تأمین مقدار، زمان استفاده و نوع مناسب کودها در تولید محصولات کشاورزی به جد در عمل مصرف بهینه کودی را رعایت نماییم.

امیدوارم مجموعه‌ای که با تلاش و زحمات دوست و همکار عزیزم و محقق فرهیخته و برجسته کشور جناب آقای دکتر پیمان کشاورز دانشیار محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تحت عنوان " راهنمای جامع کودهای شیمیایی، آلی و زیستی (شناخت، تولید و کاربرد)" با بهره‌گیری از تجربیات ارزنده و اطلاعات دقیق علمی و عملی ایشان تهیه شده، بعنوان دستورالعمل و چهارچوب رفتارهای تغذیه بهینه گیاهی، مورد اقبال و استفاده خدمتگزاران و تولیدکنندگان عزیز کشاورز قرار گیرد. این کتاب یکی از جدیدترین کتاب‌هایی است که در مورد شناخت منابع کودی تهیه شده است. با اطمینان می‌توان گفت که با آگاهی از این اطلاعات افزون بر افزایش عملکرد هکتاری و بهبود کیفیت محصولات تولیدی، سطح سلامت جامعه نیز ارتقاء خواهد یافت. امید است در چاپ‌های بعد نیز همین شیوه مرضیه را در پیش گرفته، در موارد لازم، بازبینی‌های ضروری را انجام دهند. برای اینجانب نیز نوشتن این چند سطر فرصت مغتنمی است که کماکان ضمن آرزوی سلامتی و کامیابی برای مشارالیه، شاهد تداوم جنب و جوش ایشان در عرصه‌های گسترده آموزش، پژوهش و ترویج در توسعه کشاورزی ایران باشم. ان شاءالله....

با تشکر و آرزوی توفیق الهی

محمدجعفر ملکوتی

استاد بازنشسته دانشگاه تربیت مدرس

# فهرست مطالب

|                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1.....                            | پیشگفتار                      |
| فصل اول: جایگاه مصرف کود در ایران |                               |
| 3.....                            | 1-1 وضعیت مصرف کود            |
| 5.....                            | 2-1 مدیریت مصرف کود           |
| فصل دوم: کودهای عناصر پرمصرف      |                               |
| 9.....                            | مقدمه                         |
| 10.....                           | 1-2 کودهای نیتروژن            |
| 12.....                           | 1-1-2 نیترات آمونیوم          |
| 16.....                           | 2-1-2 نیترات آمونیوم-کلسیم    |
| 19.....                           | 3-1-2 سولفات - نیترات آمونیوم |
| 20.....                           | 4-1-2 سولفات آمونیوم          |
| 25.....                           | 5-1-2 تیوسولفات آمونیوم       |
| 27.....                           | 6-1-2 آمونیاک بدون آب و مایع  |
| 32.....                           | 7-1-2 اوره                    |
| 36.....                           | 8-1-2 نیترات آمونیم - اوره    |
| 40.....                           | 9-1-2 اوره با پوشش گوگردی     |
| 42.....                           | 10-1-2 اوره فرم آلدهید        |
| 44.....                           | 11-1-2 سیانامید کلسیم         |
| 48.....                           | 12-1-2 اکساماید               |
| 49.....                           | 13-1-2 نیترات سدیم            |
| 53.....                           | 14-1-2 کلرید آمونیوم          |
| 58.....                           | 2-2 کودهای فسفر               |
| 61.....                           | 1-2-2 سوپرفسفات تریپل         |
| 64.....                           | 2-2-2 سوپرفسفات ساده          |
| 68.....                           | 3-2-2 سوپر فسفات آمونیاکی شده |
| 69.....                           | 4-2-2 دی آمونیم فسفات         |
| 72.....                           | 5-2-2 مونو آمونیم فسفات       |
| 76.....                           | 6-2-2 نیترات فسفات آمونیوم    |

|          |                                                |
|----------|------------------------------------------------|
| 78.....  | 7-2-2 سولفات فسفات آمونیوم.....                |
| 80.....  | 8-2-2 اوره فسفات آمونیوم.....                  |
| 82.....  | 9-2-2 پلی فسفات آمونیوم.....                   |
| 85.....  | 10-2-2 سرباره ی قلیایی.....                    |
| 87.....  | 11-2-2 نیتروفسفات.....                         |
| 90.....  | 12-2-2 سنگ فسفات.....                          |
| 95.....  | 13-2-2 سنگ فسفات جزئی اسیدی شده.....           |
| 97.....  | 14-2-2 دی کلسیم فسفات.....                     |
| 98.....  | 15-2-2 اوره فسفات.....                         |
| 100..... | 16-2-2 اسیدهای فسفریک.....                     |
| 103..... | 17-2-2 فسفیت پتاسیم.....                       |
| 105..... | 18-2-2 مونو پتاسیم فسفات.....                  |
| 107..... | 3-2 کودهای پتاسیم.....                         |
| 109..... | 1-3-2 نیترات پتاسیم.....                       |
| 112..... | 2-3-2 کلرید پتاسیم.....                        |
| 117..... | 3-3-2 سولفات پتاسیم.....                       |
| 120..... | 4-3-2 تیو سولفات پتاسیم.....                   |
| 123..... | 5-3-2 کربنات پتاسیم.....                       |
| 124..... | 4-2 کودهای کلسیم.....                          |
| 126..... | 1-4-2 نیترات کلسیم.....                        |
| 130..... | 2-4-2 کلرید کلسیم.....                         |
| 132..... | 3-4-2 تیو سولفات کلسیم.....                    |
| 134..... | 4-4-2 کربنات کلسیم (سنگ آهک).....              |
| 138..... | 5-4-2 گچ.....                                  |
| 141..... | 5-2 کودهای منیزیم.....                         |
| 142..... | 1-5-2 سولفات منیزیم یک آبه یا کسیریت.....      |
| 145..... | 2-5-2 سولفات منیزیم هفت آبه یا نمک ایپسوم..... |
| 146..... | 3-5-2 اکسید منیزیم.....                        |
| 148..... | 6-2 کودهای گوگرد.....                          |
| 150..... | 1-6-2 گوگرد پودری (عنصری).....                 |
| 153..... | 2-6-2 گوگرد بنتونیتی (پاستیلی).....            |
| 155..... | 3-6-2 گوگرد مایع.....                          |
| 156..... | 4-6-2 اسید سولفوریک.....                       |

## فصل سوم: کودهای عناصر کم مصرف

|          |                               |
|----------|-------------------------------|
| 161..... | مقدمه                         |
| 162..... | 1-3 کودهای آهن                |
| 163..... | 1-1-3 سولفات آهن (II) هفت آبه |
| 165..... | 2-1-3 کلات آهن EDTA           |
| 168..... | 3-1-3 کلات آهن HEDTA          |
| 169..... | 4-1-3 کلات آهن EDDHA          |
| 171..... | 5-1-3 کلات آهن DTPA           |
| 172..... | 6-1-3 اکسید آهن (II)          |
| 174..... | 7-1-3 فریت آهن                |
| 175..... | 8-1-3 آمینوکلات (گلیسین) آهن  |
| 177..... | 2-3 کودهای روی                |
| 178..... | 1-2-3 سولفات روی              |
| 181..... | 2-2-3 کربنات روی              |
| 182..... | 3-2-3 نیتрат روی              |
| 183..... | 4-2-3 کلات روی EDTA           |
| 185..... | 5-2-3 اکسید روی               |
| 186..... | 6-2-3 آمینوکلات (گلیسین) روی  |
| 188..... | 3-3 کودهای مس                 |
| 189..... | 1-3-3 سولفات مس               |
| 192..... | 2-3-3 کلات مس EDTA            |
| 194..... | 4-3 کودهای منگنز              |
| 195..... | 1-4-3 سولفات منگنز            |
| 198..... | 2-4-3 کلات منگنز EDTA         |
| 199..... | 3-4-3 اکسیدهای منگنز          |
| 201..... | 5-3 کودهای بور                |
| 202..... | 1-5-3 بوراکس                  |
| 205..... | 2-5-3 اسید بوریک              |
| 207..... | 3-5-3 کلسیم بورات             |
| 208..... | 4-5-3 سولوبور                 |
| 209..... | 6-3 کودهای مولیبدن            |
| 210..... | 1-6-3 آمونیوم مولیبدات        |

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| 212..... | 2-6-3 سدیم مولیبدات     |
| 213..... | 7-3 کودهای عناصر سودمند |
| 213..... | 1-7-3 سولفات کبالت      |
| 215..... | 2-7-3 سیلیکات پتاسیم    |

#### فصل چهارم: کودهای ترکیبی

|          |                           |
|----------|---------------------------|
| 221..... | مقدمه                     |
| 221..... | 1-4 کودهای کامل           |
| 223..... | 2-4 کودهای کمپلکس         |
| 223..... | 3-4 کودهای کمپلکس NPK     |
| 224..... | 4-4 کودهای مرکب           |
| 225..... | 5-4 کودهای مرکب گرانول    |
| 226..... | 6-4 کودهای مخلوط پودری    |
| 227..... | 7-4 کودهای اختلاط توده‌ای |
| 228..... | 8-4 کودهای مخلوط مایع     |

#### فصل پنجم: بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون و اوره‌آز

|          |                                |
|----------|--------------------------------|
| 231..... | مقدمه                          |
| 234..... | 1-5 نیتراپیرین                 |
| 236..... | 2-5 دی‌سیانیدآمید              |
| 240..... | 3-5 3، 4 دی‌متیل پیرازول فسفات |
| 241..... | 4-5 4-اگروتین                  |

#### فصل ششم: کودهای آلی

|          |                                 |
|----------|---------------------------------|
| 245..... | مقدمه                           |
| 247..... | 1-6 بقایای گیاهی                |
| 248..... | 2-6 بقایای بذور روغنی           |
| 250..... | 3-6 کود سبز                     |
| 254..... | 4-6 کود آلی محوطه مزارع         |
| 256..... | 5-6 دوغاب حیوانی                |
| 257..... | 6-6 دوغاب کارخانه بیوگاز        |
| 258..... | 7-6 کمپوست                      |
| 261..... | 8-6 ضایعات حیوانی غیر از فضولات |

|          |                                     |
|----------|-------------------------------------|
| 263..... | 9-6 لجن فاضلاب (ضایعات انسانی)..... |
| 266..... | 10-6 ضایعات صنعتی.....              |
| 268..... | 11-6 کودهای آلی تجاری.....          |
| 269..... | 12-6 اسید هیومیک.....               |
| 272..... | 13-6 جلبک دریایی.....               |
| 273..... | 14-6 اسید آمینه.....                |

## فصل هفتم: کودهای زیستی

|                 |                                                 |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| 275.....        | مقدمه.....                                      |
| 277.....        | 1-7 ریزوبیوم.....                               |
| 285.....        | 2-7 آزوسپریلیوم.....                            |
| 287.....        | 3-7 ازتوباکتر.....                              |
| 289.....        | 4-7 استوباکتر.....                              |
| 289.....        | 5-7 آزولا.....                                  |
| 293.....        | 6-7 جلبک سبز آبی.....                           |
| 295.....        | 7-7 کود مایکوریزی.....                          |
| 298.....        | 8-7 ریزجانداران حل کننده فسفات.....             |
| 300.....        | 9-7 ریزوباکتری های محرک رشد.....                |
| <b>303.....</b> | <b>پیوست 1- واژه نامه توصیفی.....</b>           |
| <b>313.....</b> | <b>پیوست 2- واحدها و نشانه های اختصاری.....</b> |
| <b>321.....</b> | <b>پیوست 3- خلاصه مشخصات کودها.....</b>         |
| <b>341.....</b> | <b>منابع مورد استفاده.....</b>                  |

## فهرست جداول

- جدول 1-1 میزان مصرف کودهای شیمیایی بر حسب عناصر غذایی (هزار تن) در ایران طی سال‌های 1387 تا 1396 ..... 4
- جدول 2-1 نسبت بین عناصر غذایی کودی در ایران طی سال‌های 1387 تا 1396 ..... 5
- جدول 1-2 انواع کودهای نیتروژن ..... 12
- جدول 2-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نترات آمونیوم ..... 13
- جدول 3-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نترات آمونیوم کلسیم ..... 17
- جدول 4-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات - نترات آمونیوم ..... 19
- جدول 5-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات آمونیوم ..... 22
- جدول 6-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود تیوسولفات آمونیوم ..... 25
- جدول 7-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود آمونیاک بدون آب ..... 28
- جدول 8-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود آمونیاک مایع ..... 29
- جدول 9-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اوره ..... 33
- جدول 10-2 مقایسه برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نترات آمونیوم اوره با درصد نیتروژن متفاوت ..... 37
- جدول 11-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نترات آمونیوم اوره 32 درصد نیتروژن .. 38
- جدول 12-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اوره با پوشش گوگردی ..... 41
- جدول 13-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اوره فرم آلدهید ..... 43
- جدول 14-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سیانامید کلسیم ..... 45
- جدول 15-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اکساماید ..... 48
- جدول 16-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نترات سدیم ..... 51
- جدول 17-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلرید آمونیوم ..... 56
- جدول 18-2 انواع کودهای فسفر ..... 60
- جدول 19-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سوپرفسفات تربیل ..... 62
- جدول 20-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سوپرفسفات ساده ..... 65
- جدول 21-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سوپرفسفات آمونیاکی شده ..... 68
- جدول 22-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود دی آمونیوم فسفات ..... 70
- جدول 23-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود مونوآمونیوم فسفات (0-52-11) ..... 73
- جدول 24-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود مونوآمونیوم فسفات (0-61-11) ..... 73
- جدول 25-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نترات فسفات آمونیوم ..... 77
- جدول 26-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات فسفات آمونیوم ..... 79

- جدول 27-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اوره فسفات آمونیوم اوره (0-28-28) 81
- جدول 28-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اوره فسفات آمونیوم (0-24-24) ..... 81
- جدول 29-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود پلی فسفات آمونیوم ..... 83
- جدول 30-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سرباره قلیایی ..... 85
- جدول 31-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نیتروفسفات (0-20-20) ..... 88
- جدول 32-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نیتروفسفات (0-23-23) ..... 89
- جدول 33-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی سنگ فسفات ..... 92
- جدول 34-2 دامنه غلظت عناصر مفید و مضر موجود در سنگ فسفات ..... 95
- جدول 35-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سنگ فسفات جزئی اسیدی شده ..... 96
- جدول 36-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود دی کلسیم فسفات ..... 98
- جدول 37-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اوره فسفات ..... 99
- جدول 38-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اسید فسفریک ..... 101
- جدول 39-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اسید سوپر فسفریک ..... 102
- جدول 40-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود فسفیت پتاسیم ..... 104
- جدول 41-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود فسفات-فسفیت پتاسیم ..... 104
- جدول 42-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود مونو پتاسیم فسفات ..... 106
- جدول 43-2 انواع کودهای پتاسیم ..... 109
- جدول 44-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نترات پتاسیم ..... 110
- جدول 45-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلرید پتاسیم پودری ..... 114
- جدول 46-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلرید پتاسیم گرانوله ..... 115
- جدول 47-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات پتاسیم ..... 118
- جدول 48-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود تیوسولفات پتاسیم ..... 121
- جدول 49-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کربنات پتاسیم- جامد ..... 123
- جدول 50-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کربنات پتاسیم- مایع ..... 124
- جدول 51-2 انواع کودهای کلسیم ..... 125
- جدول 52-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نترات کلسیم جامد ..... 127
- جدول 53-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نترات کلسیم مایع ..... 128
- جدول 54-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلرید کلسیم ..... 131
- جدول 55-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود تیوسولفات کلسیم ..... 133
- جدول 56-2 برخی از ویژگی‌های شیمیایی شکل‌های مختلف گچ ..... 138
- جدول 57-2 انواع کودهای منیزیم ..... 142
- جدول 58-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات منیزیم معدنی (یک آبه) ... 143
- جدول 59-2 ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات منیزیم صنعتی (هفت آبه) . 145

|           |                                                        |     |
|-----------|--------------------------------------------------------|-----|
| جدول 2-60 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اکسید منیزیم            | 147 |
| جدول 2-61 | انواع کودهای گوگردی                                    | 150 |
| جدول 2-62 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی گوگرد پودری                 | 151 |
| جدول 2-63 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی گوگرد بنتونیتی              | 154 |
| جدول 2-64 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی گوگرد مایع                  | 155 |
| جدول 2-65 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی اسید سولفوریک               | 158 |
| جدول 3-1  | انواع کودهای آهن                                       | 163 |
| جدول 3-2  | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات آهن (II) هفت آبه | 164 |
| جدول 3-3  | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلات آهن EDTA           | 167 |
| جدول 3-4  | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلات آهن HEDTA          | 169 |
| جدول 3-5  | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلات آهن EDDHA          | 170 |
| جدول 3-6  | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلات آهن DTPA           | 172 |
| جدول 3-7  | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اکسید آهن (II)          | 173 |
| جدول 3-8  | مقدار عنصر کم‌مصرف موجود در انواع کودهای فریت          | 174 |
| جدول 3-9  | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود آمینوکلات (گلیسین) آهن  | 176 |
| جدول 3-10 | انواع کودهای روی                                       | 178 |
| جدول 3-11 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات روی خشک (یک آبه) | 179 |
| جدول 3-12 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات روی هفت آبه      | 181 |
| جدول 3-13 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کربنات روی              | 182 |
| جدول 3-14 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نیتрат روی سه آبه       | 183 |
| جدول 3-15 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود نیترات روی شش آبه       | 184 |
| جدول 3-16 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلات روی EDTA           | 185 |
| جدول 3-17 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اکسید روی               | 186 |
| جدول 3-18 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود آمینوکلات (گلیسین) روی  | 188 |
| جدول 3-19 | انواع کودهای مس                                        | 190 |
| جدول 3-20 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات مس               | 192 |
| جدول 3-21 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلات مس                 | 194 |
| جدول 3-22 | انواع کودهای منگنز                                     | 196 |
| جدول 3-23 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات منگنز یک آبه     | 197 |
| جدول 3-24 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات منگنز چهار آبه   | 197 |
| جدول 3-25 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلات منگنز              | 199 |
| جدول 3-26 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اکسید منگنز (II)        | 201 |
| جدول 3-27 | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود دی‌اکسید منگنز          | 201 |

|                |                                                                                                   |     |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| جدول 3-28      | کودهای بور                                                                                        | 203 |
| جدول 3-29      | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود بوراکس                                                             | 205 |
| جدول 3-30      | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود اسید بوریک                                                         | 207 |
| جدول 3-31      | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود کلسیم بورات                                                        | 208 |
| جدول 3-32      | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولوبور                                                            | 209 |
| جدول 3-33      | انواع کودهای مولیبدن                                                                              | 211 |
| جدول 3-34      | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود آمونیوم مولیبدات                                                   | 212 |
| جدول 3-35      | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سدیم مولیبدات                                                      | 213 |
| جدول 3-36      | انواع کودهای عناصر سودمند                                                                         | 214 |
| جدول 3-37      | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سولفات کبالت                                                       | 215 |
| جدول 3-38      | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سیلیکات پتاسیم جامد                                                | 217 |
| جدول 3-39      | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی کود سیلیکات پتاسیم مایع                                                | 218 |
| جدول 5-1       | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی نیتراپرین                                                              | 234 |
| جدول 5-2       | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی دی‌سیانیدآمید                                                          | 238 |
| جدول 5-3       | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی 3،4-دی‌متیل پیرازول فسفات                                              | 240 |
| جدول 5-4       | ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی اگروتین                                                                | 243 |
| جدول 6-1       | میانگین مقدار عناصر غذایی در برخی از بقایای گیاهی                                                 | 247 |
| جدول 6-2       | میانگین عناصر غذایی موجود در برخی از بقایای بذور روغنی                                            | 249 |
| جدول 6-3       | برخی از گیاهان استفاده شده به عنوان کود سبز و مقدار نیتروژن اضافه شده<br>توسط آنها در شرایط مطلوب | 250 |
| جدول 6-4       | میانگین مقدار برخی عناصر موجود در کود آلی محوطه مزارع                                             | 253 |
| جدول 6-5       | میانگین مقدار عناصر غذایی در برخی از کودهای آلی                                                   | 254 |
| جدول 6-6       | حد مجاز غلظت فلزات سنگین در کمپوست پسماند شهری                                                    | 260 |
| جدول 6-7       | مقدار عناصر غذایی موجود در برخی از ضایعات حیوانی مختلف                                            | 261 |
| جدول 6-8       | حدود غلظت آلاینده موجود در لجن فاضلاب برای کاربرد در اراضی کشاورزی                                | 265 |
| جدول 7-1       | مقادیر مناسب مایه تلقیح ریزوبیوم و چسب برای تلقیح بذور بقولات                                     | 281 |
| جدول پیوست 1-2 | تبدیل واحدهای طول                                                                                 | 313 |
| جدول پیوست 2-2 | تبدیل واحدهای مساحت                                                                               | 313 |
| جدول پیوست 3-2 | تبدیل واحدهای وزن                                                                                 | 313 |
| جدول پیوست 4-2 | تبدیل واحدهای حجم                                                                                 | 314 |
| جدول پیوست 5-2 | تبدیل واحدهای عملکرد                                                                              | 314 |
| جدول پیوست 6-2 | تبدیل واحدهای چگالی                                                                               | 314 |

|     |                                                                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 314 | جدول پیوست 2-7 تبدیل واحدهای غلظت                                                                             |
| 315 | جدول پیوست 2-8 تبدیل واحدهای فشار                                                                             |
| 315 | جدول پیوست 2-9 تبدیل واحدهای دما                                                                              |
| 315 | جدول پیوست 2-10 تبدیل دیگر واحدها                                                                             |
| 316 | جدول پیوست 2-11 وزن مولکولی عناصر غذایی ضروری برای گیاه                                                       |
| 317 | جدول پیوست 2-12 فاکتور تبدیل غلظت عناصر در کودها به یکدیگر                                                    |
| 318 | جدول پیوست 2-13 فهرست نشانه های اختصاری                                                                       |
|     | جدول پیوست 3-1 انواع کودهای نیتروژن، نام لاتین، فرمول شیمیایی، حالت فیزیکی و مقدار نیتروژن موجود در آنها      |
| 321 | جدول پیوست 3-2 انواع کودهای فسفر، نام لاتین، فرمول شیمیایی، حالت فیزیکی و مقدار فسفر موجود در آنها            |
| 323 | جدول پیوست 3-3 انواع کودهای پتاسیم، نام لاتین، فرمول شیمیایی، حالت فیزیکی و مقدار پتاسیم موجود در آنها        |
| 325 | جدول پیوست 3-4 انواع کودهای کلسیم، نام لاتین، فرمول شیمیایی، حالت فیزیکی و مقدار کلسیم موجود در آنها          |
| 326 | جدول پیوست 3-5 انواع کودهای منیزیم، نام لاتین، فرمول شیمیایی، حالت فیزیکی و مقدار منیزیم موجود در آنها        |
| 327 | جدول پیوست 3-6 انواع کودهای گوگردی، نام لاتین، فرمول شیمیایی، حالت فیزیکی و مقدار گوگرد موجود در آنها         |
| 328 | جدول پیوست 3-7 مقدار کربنات کلسیم معادل، حلالیت و شاخص نمکی کودهای عناصر پرمصرف                               |
| 329 | جدول پیوست 3-8 جرم مخصوص ظاهری (غیرمتراکم و متراکم) و شکل فیزیکی برخی از کودهای عناصر پرمصرف                  |
| 332 | جدول پیوست 3-9 چگالی برخی از کودهای مایع عناصر پرمصرف                                                         |
| 334 | جدول پیوست 3-10 رطوبت نسبی بحرانی برخی از کودهای عناصر پرمصرف یا مخلوط آنها با دیگر کودها                     |
| 335 | جدول پیوست 3-11 انواع کودهای دارای عناصر کم مصرف، نام لاتین، فرمول شیمیایی، حلالیت و مقدار عنصر موجود در آنها |
| 336 | جدول پیوست 3-12 ثابت پایداری و PH پایداری برخی از کودهای کلاته عناصر کم مصرف                                  |
| 339 |                                                                                                               |

## فهرست شکل‌ها

- شکل 1-1 سیستم ریشه گندم در پاسخ به مصرف نواری فسفر .....7
- شکل 2-1 رابطه بین pH خاک و مقدار گچ موردنیاز در خاک‌های با بافت مختلف .....140
- شکل 4-1 راهنمای کلی سازگاری اجزای تشکیل‌دهنده کود برای مخلوط کردن در مزرعه ....227



## پیشگفتار

گیاهان برای رشد سریع و تولید محصول زیاد به میزان مناسب کود نیاز دارند. اصطلاح کود (Fertilizer) از کلمه لاتین Fertilis به معنی زایش میوه گرفته شده و به یک یا چند عنصر غذایی ضروری گیاه به شکل قابل استفاده و یا نهفته در مقادیر با ارزش تجاری و بدون وجود عناصر مضر گفته می‌شود. کودها به طور کلی به صورت معدنی (شیمیایی)، آلی و زیستی طبقه بندی می‌شوند. مصرف کود برای تولید حداکثر محصول در واحد سطح نقش بی بدیلی در افزایش تولید جهانی غذا در 50 سال اخیر داشته است به طوری که هیچ جایگزینی برای آن متصور نیست. در ایران مجموع مصرف کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر حدود 2/5 میلیون تن بوده است. این در حالی است که بیش از 9000 برند کودی توسط موسسه تحقیقات خاک و آب در حال حاضر ثبت شده است. با توجه به تنوع مواد کودی موجود، بهره‌برداران بخش کشاورزی با سوالات زیادی در رابطه با خواص، شرایط مصرف، شیوه استفاده کودها و غیره مواجه هستند. اگرچه در منابع زیادی از جمله کتب تخصصی رشته علوم خاک و یا در نشریات فنی و ترویجی به معرفی کودها اشاره شده اما این موضوع به صورت تخصصی و جداگانه نبوده است. از طرف دیگر چنانچه مصرف کودهای شیمیایی آگاهانه نباشد به یکی از منابع آلوده کننده محیط زیست تبدیل خواهند شد. از این رو آگاهی کامل از خصوصیات کودها برای کاربرد صحیح و علمی آن‌ها برای بهبود تولید محصولات کشاورزی و حفظ محیط زیست بسیار ضروری است. کتاب حاضر با عنوان راهنمای جامع کودهای شیمیایی، آلی و زیستی (شناخت، تولید و کاربرد) مشتمل بر 7 فصل دربرگیرنده مطالب مفیدی راجع به معرفی و مشخصات کودها، شیوه تولید، کاربرد در کشاورزی و راهنمای مصرف و نگهداری کودها با استفاده از منابع علمی و بیش از 20 سال پژوهش در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه و تجربه در مناطق عمده تولید کشاورزی کشور تدوین و به علاقمندان تقدیم شده است. آنچه این نوشتار را از دیگر منابع موجود جدا می‌سازد، نگاه تخصصی آن به هر سه نوع کود شیمیایی، آلی و زیستی بوده که کشاورزان، باغداران و تولیدکنندگان گل و گیاه در طول فصل رشد محصول با هر سه آن‌ها سر و کار خواهند داشت. در این کتاب سعی شده تا به دلیل جامعیت، بیشتر کودهای اصلی استفاده شده در بخش کشاورزی ایران به طور کاربردی بررسی شود. فصل‌های کتاب حاضر دارای کودهای عناصر پرمصرف، کودهای عناصر کم‌مصرف، کودهای ترکیبی، بازدارنده‌های

نیتریفیکاسیون و اوره‌آز، کودهای آلی و کودهای زیستی است. برای دسترسی آسان خوانندگان به خواص شیمیایی و فیزیکی هر یک از کودها، در هر قسمت، این اطلاعات به صورت جدول و همچنین در انتهای کتاب (پیوست سه) ارائه شده است. اگر کودها را داروی تقویت گیاه بنامیم این کتاب دارای اطلاعات دارویی است که تولیدکنندگان کود، کارشناسان، مروجان و بهره‌برداران بخش کشاورزی به آن نیاز بسیار خواهند داشت. با وجودی که ملاحظات مرتبط با محدود نگهداشتن حجم مطالب موجب کوتاه شدن در ارائه جزئیات بیشتر در برخی موارد شده، امید است تا این کتاب به انتخاب و مصرف بهینه کودها کمک نماید.

پیمان کشاورز و سید سجاد حسینی

بهار - 1399

## جایگاه مصرف کود در ایران

### 1-1 وضعیت مصرف کود

نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی همزمان با رشد جمعیت و همچنین برنامه‌های توسعه‌ای کشورها در سال‌های اخیر، مصرف بیشتر کودهای شیمیایی را به دنبال داشته است. در ایران براساس آخرین اطلاعات 101 میلیون تن انواع تولیدات زراعی و باغی از سطح 14 میلیون هکتار اراضی کشاورزی درحالی بدست می‌آید که در حدود 2/5 میلیون تن کود در سال مصرف می‌شود (آمارنامه کشاورزی، 1397). مصرف کود در کشور از سه منظر مقدار، نسبت و تنوع قابل بررسی است. جدول (1-1) نشان می‌دهد در دوره 10 ساله 1387 تا 1396 تغییرات اساسی در نوع و مقادیر کودهای شیمیایی مورد نیاز کشور ایجاد شده است به طوری که مجموع عناصر غذایی کود از 1635 هزار تن در سال 1387 به 1133 هزار تن در سال 1396 رسیده است (IFA, 2019). بر این اساس مجموع مقدار مصرف کود در دهه اخیر بر خلاف سال‌های پیش از آن حدود 30 درصد کاهش داشته است. این در حالی است که میانگین مصرف کود نیز از حدود 127 کیلوگرم در هکتار در سال 1387 به 84 کیلوگرم در هکتار در سال 1396 رسیده است. با توجه به اینکه میانگین مصرف کود در دنیا حدود 200 کیلوگرم در هکتار است در حال حاضر مقدار کود مصرفی در ایران در مقایسه با میانگین جهانی و از بیشتر کشورها بسیار کمتر است. از طرفی مصرف متعادل کود یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است. این در حالی است که به طور میانگین 78 درصد کود مصرفی کشور را کودهای نیتروژنی، 17 درصد آن را کود فسفاتی و تنها نزدیک به 5 درصد آن را کودهای پتاسیمی تشکیل می‌دهد. در جهان به طور میانگین این مقدار 56 درصد، 24 درصد و 20 درصد به ترتیب برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم گزارش شده است. افزون براین مقایسه نسبت خالص عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم نشان از عدم مصرف متعادل و بهینه عناصر کودی دارد. متوسط نسبت بین عناصر غذایی کودی طی 10 سال اخیر در کشور 100-21-6 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) بوده