

توصیه و برآورد کود در ایران: چالش‌ها و راهکارها

محمد مهدی طهرانی^۱، محمدرضا بلالی، فرهاد مشیری و عبدالمحمد دریاشناس

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ Mtehrani2000@yahoo.com

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ M_Balali@hotmail.com

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ Fa_Moshiri@yahoo.com

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ Anssm2000@yahoo.com

چکیده

تحلیل ۵۰ ساله روند تغییرات سطح زیر کشت، تولید و منابع آب دشواری افزایش سطح زیر کشت و تمرکز بر تولید بیشتر در واحد سطح برای تأمین غذای مورد نیاز جمعیت رو به رشد را نشان می‌دهد. این امر موجب فشار بیشتر بر منابع خاک و به مخاطره افتادن دستیابی به تولید پایدار و امنیت غذا بوده و توجه به حاصلخیزی خاک به عنوان کلید پایداری را بیش از پیش آشکار می‌نماید. مصرف بهینه کود (شیمیایی، آلی و زیستی) و تغذیه متعادل گیاه به عنوان مهمترین عوامل حاصلخیزکننده خاک از مهمترین دغدغه‌های بخش کشاورزی است. در این راستا دو مقوله توصیه و برآورد کود به عنوان حلقه‌های اولیه و پایه ای نظام توصیه، برآورد، تأمین، توزیع و مصرف کود در کشور مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ملاک‌های تشخیص وضعیت عناصر غذایی در خاک و گیاه و ارزیابی نتایج بیش از ۲۰۰۰۰ نمونه خاک نشان داد بالای ۵۰ درصد خاک‌های کشور دچار کمبود یک یا چند عنصر غذایی می‌باشند. فقر مواد آلی از جمله مهمترین موانع پایداری حاصلخیزی خاک‌ها و تولید پایدار می‌باشد. از میان چهار راهبرد توصیه کود براساس آزمون خاک مشخص گردید تاکنون روش محدوده کفایت بیشترین سهم را در توصیه کودی کشور داشته و بدلیل کمبود اطلاعات سایر راهبردها شامل «نباشت تدریجی خاک از عناصر غذایی»، «نگهداشت عناصر غذایی خاک در یک محدوده معین» و «برقراری تعادل کاتیونی خاک» مورد توجه قرار نگرفته‌اند. بررسی روند توصیه کود بیانگر گذار از توصیه عمومی و منطقه‌ای به آزمون خاک همگام با تکمیل ساختار تحقیقاتی و آزمایشگاهی دارد به گونه‌ای که از دهه ۷۰ شمسی بستر سازی برای توصیه بر مبنای آزمون خاک آغاز گردیده است. علاوه بر آزمون خاک به عنوان پایه توصیه کودی، اهمیت لحاظ سایر شرایط اقلیمی (خشکی، گرما، خاکی (شوری) و گیاهی (کارائی ارقام) و مدیریت‌های زراعی (تناوب زراعی) در توصیه کودی نشان داده شد. خوشبختانه گام‌های اولیه برای تلفیق این عوامل در مدل کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی و آلی برداشته شده که نیاز به پژوهش‌های تکمیلی دارد. از میان پنج مدل معرفی شده برای برآورد کود در ایران برآوردها عمدتاً مبتنی بر مدل گیاه محور بوده و روندی تکاملی را با توجه به افزایش اطلاعات از وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه طی می‌کند. مجموع برآوردها طی دهه‌های اخیر بیانگر نیاز بیشتر به کود در کشور بوده و بایستی میان نیاز به کل کود و نحوه مصرف آن در خاک تمایز قائل شد. لذا سیاست استفاده بهینه (مصرف متناسب با نیاز خاک و گیاه) همچنان سیاست محوری در مصرف کود بوده و بایستی بسترهای لازم برای تحقق بیش از پیش آن فراهم گردد. تحقیقات آزمون خاک و اجرای آن با مشکلاتی مواجه است که نیازمند یک برنامه ملی در سطح کشور برای بکارگیری جدی آزمون خاک از طریق آزمایشگاه‌های خاک و آب کشور و توزیع و مصرف علمی کود می‌باشد. بدین ترتیب سیاست مصرف بهینه قابل تحقق بوده و می‌توان به حفظ حاصلخیزی خاک، عملکرد مناسب و حفظ محیط زیست نائل گردید.

واژه‌های کلیدی: وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، آزمون خاک، راهبردهای توصیه بهینه کود، مدل‌های برآورد

کود، روند مصرف کود

^۱ نویسنده مسئول، آدرس: کرج، میدان استاندارد، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی، موسسه تحقیقات خاک و آب

مقدمه

نیاز روزافزون کشور به غذا که عمدتاً ناشی از افزایش جمعیت و تغییر الگوی مصرف می‌باشد نیاز به تولید بیشتر را ضروری نموده و با توجه به محدودیت‌های افزایش سطح زیر کشت در سال‌های اخیر، اهم تلاش به افزایش عملکرد در واحد سطح محدود می‌شود. روند افزایشی سطح زیر کشت و تولید محصولات زراعی و باغی کشور طی ۵۰ سال گذشته (شکل ۱) این امر را تأیید می‌نماید. در این دوران از دهه ۴۰ تا ۱۳۷۰ هجری شمسی میزان سطح زیر کشت از حدود ۶ میلیون هکتار به حدود ۱۴ میلیون هکتار افزایش یافته و پس از آن افزایش چندانی ملاحظه نمی‌گردد. تولید محصولات زراعی و باغی نیز روندی افزایشی داشته به گونه‌ای که از حدود ۱۲ میلیون تن در دهه ۴۰ به حدود ۱۰۰ میلیون تن در اواخر دهه ۸۰ رسیده است. به عبارت دیگر طی ۵۰ سال اخیر مجموع تولید کشور در حدود هفت برابر شده و طی همین مدت سطح زیر کشت حدوداً ۱/۲ برابر افزایش یافته است. با مقایسه روند سطح زیر کشت و تولید (شکل ۱) ملاحظه می‌شود که افزایش تولید و سطح زیر کشت تا اواسط دهه ۱۳۷۰ از یک روند پیروی نموده و عمده افزایش تولید ناظر بر افزایش سطح می‌باشد ولی پس از آن این روند تغییر می‌نماید بگونه‌ای که تولید همچنان در حال افزایش است ولی سطح زیر کشت به مانند گذشته افزایش نمی‌یابد. یعنی ادامه تقاضای تولید بایستی از همین سطح فعلی تأمین شود. نگاهی به پیش‌بینی سطح زیر کشت و تقاضای تولید آتی معضل فوق را بارزتر می‌نماید.

طبق پیش‌بینی‌ها برای تحقق نیازهای ایران ۱۴۰۰ بایستی سطح زیر کشت اراضی آبی که هم اکنون ۷/۳۹ میلیون هکتار است (۵/۵۲ میلیون هکتار زراعی آبی و ۱/۸۷ میلیون هکتار باغ آبی) به ۱۳ میلیون هکتار (یعنی ۵/۶۱ میلیون هکتار رشد) افزایش یابد (مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، ۱۳۸۱). ولی با توجه به روند سطح زیر کشت محصولات ملاحظه می‌شود افزایش سطح زیر کشت به راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

پیش‌بینی‌ها حکایت از آن دارد که در سال ۱۴۰۰ جهت تأمین نیازهای تغذیه‌ای در حد مطلوب، بخش کشاورزی (با کمک یا بدون کمک واردات) باید عرضه کننده ۱۶/۵ میلیون تن گندم، ۲/۵ میلیون تن شلتوک، ۱/۲ میلیون تن قند و شکر، ۷/۴ میلیون تن سیب‌زمینی، ۴ میلیون تن انواع گوشت و تخم مرغ و ۱۲ میلیون تن شیر باشد. تحقق این تقاضا نیازمند افزایش عملکردهای هکتاری محصولات به ۲ تا ۳ برابر وضعیت کنونی (به‌طور مثال گندم ۶ تن، شلتوک ۷ تن، ذرت دانه‌ای ۹ تن و خرما

۱۲ تن) می‌باشد (مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، ۱۳۸۱).

در یک روند کلی جمعیت کشور طی ۵۰ سال گذشته روندی افزایشی داشته (شکل ۲) به گونه‌ای که از حدود ۲۱ میلیون نفر در سال ۱۳۳۹ به حدود ۷۳ میلیون نفر در سال ۱۳۸۸ رسیده است. یعنی طی این ۵۰ سال جمعیت کشور ۲/۵ برابر شده است و پیش‌بینی‌ها ضمن تأیید این روند افزایشی حکایت از آن دارد که در سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵) جمعیت ایران به ۸۷/۱ میلیون نفر و در سال ۱۴۱۰ (۲۰۳۰) به ۱۰۴/۵ میلیون نفر خواهد رسید (مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، ۱۳۸۱). این به معنی آنست که تأمین غذای جمعیت آتی تقاضای بیشتر برای تولید غذا را الزام می‌نماید.

با بررسی روند تغییرات سطح زیر کشت، میزان تولید محصولات کشاورزی و روند افزایش جمعیت کشور ملاحظه می‌گردد که از یک سو جمعیت کشور همچنان رو به افزایش بوده نیاز به تأمین غذای بیشتر را در کشور دیکته نموده که عمدتاً بایستی در داخل تولید گردد. از سوی دیگر امکان افزایش سطح زیر کشت به راحتی وجود ندارد. افزودن فاکتور آب به موارد فوق این مطلب را بیشتر تأیید می‌نماید. بدین ترتیب که در یک نگاه کلی ملاحظه می‌شود میزان استحصال و بهره‌برداری آب در کشور افزایش قابل توجهی داشته و این روند افزایشی همچنان ادامه خواهد یافت (بایبوردی، ۱۳۸۳). به علاوه میزان عمده آب کشور در دهه ۱۳۳۰ اختصاص به کشاورزی داشت سهم مصرف شهری و صنعتی رو به افزایش است و برای آب کشاورزی رقبای جدیدی بوجود آمده است (جدول ۱). از طرف دیگر بالانس آب در کشور منفی است (شکل ۳) که نشان دهنده دو مطلب است. اولاً: دیگر امکان کشت برای زمین‌های جدید وجود ندارد؛ ثانیاً: برای زمین‌های در حال کشت نیز با مشکل و بحران آب روبرو هستیم و باید چاره‌ای اندیشید (مؤمنی، ۲۰۰۰).

افزودن بحث امنیت غذایی موضوع را از این نیز پیچیده‌تر می‌نماید. بنابه تعریف امنیت غذا عبارتست از دسترسی کافی به غذای سالم در تمام طول عمر برای داشتن یک زندگی سالم و فعال. این به معنی آنست که از منابع موجود نه تنها بایستی بیش از گذشته غذا تولید نمود بلکه بایستی غذای تولیدی سالم هم باشد که نیازمند مدیریت جامع‌تریست تا کارایی‌ها را افزایش دهد و این خود مدیریت‌های رایج را زیر سوال می‌برد.

با توجه به مطالب ذکر شده مشخص می‌شود که فشار بر منابع خاک و آب آغاز شده و بایستی فشار بیشتری را نیز در آینده تحمل نماید. به دلیل دشواری

توصیه مصرف کود

اهداف اصلی برنامه توصیه کود شامل فراهمی عناصر غذایی به نسبت متعادل به منظور اطمینان از دستیابی به عملکرد اقتصادی و تولید محصول سالم می‌باشد. توصیه و مصرف کود متناسب با پتانسیل مزارع و مناطق مختلف در جهت رسیدن به حداکثر کارایی مصرف کود، تلفیق کاربرد کودهای شیمیایی، آلی و بقایای گیاهی و به حداقل رساندن آسیب‌های زیست محیطی از طریق جلوگیری از مصرف بی‌رویه کودها، تخریب خاک‌ها و آلودگی به عناصر سنگین می‌باشد. (گوه و همکاران، ۱۹۹۹). به عبارت دیگر توصیه کود پس از تشخیص وضعیت و قابلیت دسترسی میزان عناصر غذایی به دنبال انتخاب و بکارگیری راهبردهای تنظیم بیلان عناصر غذایی برای دستیابی به عملکرد مطلوب با لحاظ فاکتورهای مختلف می‌باشد. چگونگی تعیین ملاک‌های لازم برای ارزیابی وضعیت عناصر غذایی در خاک و گیاه و راهبردهای تنظیم بیلان عناصر غذایی بگونه‌ای که ضمن پایداری حاصلخیزی خاک پاسخگوی عملکرد مورد انتظار باشد مورد بحث این قسمت می‌باشد. لذا ابتدا به طور خلاصه به مبانی توصیه کود پرداخته سپس روند توصیه کود در ایران و جهان مورد کاوش قرار می‌گیرد.

ملاک‌های تشخیص وضعیت عناصر غذایی در خاک و

گیاه و ارزیابی نیاز غذایی گیاه

اصولاً ملاک‌های تشخیص به دو شیوه مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌گردد. در روش مستقیم تشخیص نیاز غذایی گیاهان بر اساس انجام آزمایشات کودی در مزرعه و با در نظر گرفتن فاکتورهایی چون عملکرد و کیفیت محصول انجام می‌شود که روشی مکان-ویژه بوده تا حدودی تکرار پذیر می‌باشد. در روش‌های تشخیص غیر مستقیم نیاز غذایی بر اساس علائم کمبود عناصر غذایی در گیاه، تجزیه گیاه و تجزیه خاک تعیین می‌گردد (رامهلد، ۲۰۰۸). در روش تشخیص بر اساس تجزیه گیاه ابتدا غلظت عناصر غذایی در اندام‌های مختلف گیاهی (برگ، ساقه و میوه) تعیین می‌گردد. سپس برای ارزیابی و تفسیر نتایج تجزیه گیاه از روش‌های غلظت بحرانی (CVA)^۳، انحراف از حد بهینه (DOP)^۴، روش تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS)^۵ و روش تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND)^۶ استفاده می‌گردد که هر کدام از این روش‌ها دارای معایب و محاسنی است (خیاری و همکاران، ۲۰۰۱).

افزایش سطح زیر کشت، حداکثر تلاش بایستی اجباراً بر روی افزایش تولید در واحد سطح^۱ معطوف گردد. لذا توجه به توان حاصلخیزی خاک‌ها و چگونگی ارتقاء آن برای دستیابی به تولید پایدار، امنیت غذایی و حفظ محیط-زیست از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد. در بیانیه جهانی غذا حاصلخیزی خاک به عنوان یک فاکتور کلیدی و مهم در برقراری امنیت غذایی و کشاورزی پایدار اقرار گردیده است. حاصلخیزی خاک را توان کیفی خاک برای تأمین عناصر غذایی به مقدار کافی و در توازن مطلوب برای رشد گیاهان یا محصولات معین تعریف نموده‌اند (ابطحی و همکاران، ۱۳۷۹). در میان عوامل مؤثر در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه کود همچنان مهمترین عامل حاصلخیزکننده خاک در جهان بوده و مصرف بهینه کود و تغذیه متعادل گیاه از دغدغه‌های اصلی بخش کشاورزی می‌باشد. مطالعات انجام شده طی سه دهه گذشته توسط سازمان خواروبار کشاورزی ملل متحد (FAO)^۲ بر روی جمع‌بندی ۴۰ هزار آزمایش بیانگر آن است که بیش از ۵۵ درصد افزایش تولیدات کشاورزی مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است (حمدالله، ۲۰۰۰). از اینرو نظام توصیه، برآورد، تأمین، توزیع و مصرف کود در کشور حائز اهمیت می‌باشد. در حال حاضر هر یک از عوامل ذکر شده در نظام فوق با چالش‌هایی روبرو هستند که بایستی بدرستی تبیین شوند. تمرکز این مقاله بر نیاز سنجی کود شامل دو مقوله توصیه و برآورد کود به عنوان حلقه اولیه و پایه‌ای نظام فوق می‌باشد.

تاکنون علم حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه به ملاک‌ها و راهبردهای متعددی برای توصیه کود طی دهه-های گذشته دست یافته و همچنین روش‌های مختلفی برای برآورد کود در سطح جهانی معرفی و بکارگرفته شده که هر یک دارای مزایا و اشکالات خاص خود می‌باشد. در ایران از اواخر دهه ۱۳۳۰ همگام با گسترش مصرف کودهای شیمیایی تحقیقات حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه شروع و متناسب با شرایط توصیه و برآورد کود انجام شده است. در این مقاله ضمن ارائه مبانی توصیه و برآورد کود و ارائه تصویری کلی از وضعیت حاصلخیزی خاک‌های تحت کشت کشور و وضعیت تغذیه‌ای محصولات کشاورزی فعالیت‌های انجام شده در زمینه توصیه و برآورد کود مرور گردیده چالشها و راهکارهای پیش رو در کشور ارائه می‌شود.

3. Critical Value Approach(CVA)

4. Deviation from Optimum Percentage(DOP)

5. Diagnosis and Recommendation Integrated System(DRIS)

6. Compositional Nutrient Diagnosis(CND)

1. Intensification

2. Food and Agriculture Organization (FAO)

بررسی وضعیت کلی و توزیع استانی عناصر غذایی بیانگر آن است که میزان کربن آلی ۵۵/۷ درصد خاک‌های کشور کمتر از یک درصد بوده حکایت از ناپایداری حاصلخیزی خاک‌های کشور می‌باشد. توزیع استانی خاک‌های با درصد مواد آلی کمتر از یک درصد هشدار دهنده بوده حتی در بعضی از استان‌ها نظیر قزوین، سمنان، مرکزی، زنجان، خوزستان، اصفهان، یزد، بوشهر و خراسان به بیش از ۸۰ درصد می‌رسد. میزان فسفر قابل استفاده ۷۰/۲ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد و در اکثر استان‌ها به استثنای گیلان و مازندران بیش از ۷۰ درصد خاک‌ها با کمبود فسفر مواجهند. میزان پتاسیم قابل استفاده ۳۳/۶ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد و این مقدار در استان‌های نظیر گیلان، مازندران، خوزستان و یزد به بالای ۴۰ درصد می‌رسد.

میزان آهن قابل استفاده ۴۵/۵ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. این مقدار در استان‌های نظیر مرکزی، آذربایجان شرقی، همدان، و خراسان به بالای ۶۰ درصد و در استان‌های نظیر گیلان، گلستان، و مازندران به ۱۰ و کمتر از ۱۰ درصد می‌رسد. میزان روی قابل استفاده ۵۵/۱ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۰/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. این مقدار در استان‌های نظیر آذربایجان غربی، کرمانشاه، لرستان، همدان و خراسان به بالای ۶۰ درصد نیز می‌رسد. میزان منگنز قابل استفاده ۲۰/۷ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. این مقدار در استان‌های نظیر خوزستان به بالای ۶۰ درصد و در استان‌های نظیر گلستان، آذربایجان شرقی و غربی، به بالای ۳۰ درصد می‌رسد. میزان مس قابل استفاده ۱۳/۲۷ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۰/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. این مقدار در استان‌های نظیر آذربایجان شرقی و خوزستان به بالای ۲۰ درصد و در استان‌های نظیر مرکزی و خراسان حتی به بالاتر از ۳۰ درصد می‌رسد. همانطور که ملاحظه می‌گردد بیش از ۵۰ درصد خاک‌های کشور دچار کمبود یک یا چند عنصر غذایی می‌باشد که در برخی از استان‌ها این مسئله حادث شده و عدم تعادل عناصر غذایی در خاک‌ها را آشکار می‌سازد. فقر مواد آلی و به تبع آن کمبود نیتروژن به عنوان گلوگاه رشد از جمله مهمترین موانع پایداری حاصلخیزی خاک‌ها و تولید پایدار می‌باشد.

پس از تشخیص وضعیت عناصر غذایی در گیاه و خاک برای دستیابی به توصیه بهینه راهبردهای مختلفی وجود دارد که متناسب با شرایط اقلیمی، خاک‌ها و مدیریت‌های زراعی و ملاحظات

در سال‌های اخیر با استفاده از روش‌های DOP، DRIS و CND ارزیابی تغذیه‌ای از محصولات متنوعی در کشور صورت گرفته است (سجادی، ۱۳۷۵؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ صمدی و مجیدی، ۱۳۸۹؛ دریاشناس و تقفی، ۱۳۸۹). جدول ۲ نتایج بکارگیری روش DRIS را در ارزیابی باغ‌های سیب درختی، انگور و محصول چغندر قند نشان می‌دهد. مجموع ارزیابی ۷۱ باغ سیب در استان زنجان نشان داد که برای دستیابی به حداکثر عملکرد، عناصر غذایی آهن، پتاسیم، منگنز و فسفر بیشترین محدودیت را دارند ولی عناصر نیتروژن، روی، بور و مس در مرحله بحرانی برای دستیابی به عملکرد بالا نیستند. همچنین ارزیابی ۳۲ باغ انگور در استان کهگیلویه و بویراحمد بیانگر محدودیت‌های تقریباً همه عناصر غذایی است و کلیه باغ‌های تحت مطالعه برای رسیدن به حداکثر عملکرد محدودیت تغذیه‌ای دارند.

بررسی ۳۱ مزرعه چغندر قند در استان خوزستان نشان داد کمبود مس یک محدودیت اصلی در رسیدن به حداکثر عملکرد (بالای ۵۰ تن در هکتار) می‌باشد. این نتایج با وضعیت عنصر مس در خوزستان مندرج در جدول ۳ که کمبود این عنصر را ۲۳ درصد گزارش می‌کند تا حدودی تناسب دارد.

در روش تشخیص بر اساس تجزیه خاک ابتدا غلظت عناصر غذایی در نمونه خاک با استفاده از عصاره گیرهای شیمیایی تعیین می‌گردد. عصاره‌گیر مناسب می‌بایست همبستگی^۱ خوبی با پاسخ‌های گیاهی از جمله عملکرد و جزی عناصر غذایی توسط گیاه داشته باشد (وسترمن، ۱۹۹۰). برای واسنجی^۲ نتایج تجزیه خاک از روش‌های مختلفی نظیر روش تصویری و تجزیه واریانس کیت-نلسون (نلسون و اندرسون، ۱۹۷۷)، معادلات رگرسیون ساده و چند متغیره، روش میچرلیخ - بری، محاسبه احتمال پاسخ اقتصادی به مصرف کود استفاده می‌گردد. کلیه مراحل فوق تحت عنوان برنامه آزمون خاک^۳ نامگذاری می‌گردد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷) و پس از تفسیر نتایج آزمون خاک توصیه کودی^۴ صورت انجام می‌شود.

با تحلیل بیش از ۲۰۰۰۰ داده حاصل از طرح‌های تحقیقاتی کلان کشور (بالایی، ۱۳۸۴؛ خادمی، ۱۳۸۴؛ شهبازی، ۱۳۸۷ و طهرانی، ۱۳۸۹) وضعیت عناصر غذایی خاک‌های تحت کشت کشور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و دورنمای کلی وضعیت هر عنصر و توزیع آن در استان‌های کشور ترسیم گردید (جدول ۳).

1. Correlation

2. Calibration

3. Soil testing program

4. Interpretation and Recommendation

اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بکار گرفته می‌شوند که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

راهبردهای توصیه و مصرف کودهای شیمیایی راهبردهای توصیه کود بر اساس آزمون خاک

آزمون خاک و توصیه کود دو مقوله جدا از هم هستند. آزمون خاک مقدار عنصر غذایی قابل استفاده خاک را برآورد می‌نماید و توصیه کود بر اساس تفسیر نتایج آزمون خاک، مقدار کود مورد نیاز برای تولید محصول را معین می‌نماید. راهبردهای مختلفی در تفسیر نتایج آزمون خاک جهت توصیه کود به کار می‌رود. هر کدام از این راهبردها بر اساس فرضیات متفاوت در مورد نیاز غذایی گیاه، چگونگی پاسخ گیاه به مصرف کود در هر سطح از آزمون خاک و مقادیر و نسبت‌های متفاوت عناصر غذایی استوار است.

این راهبردها شامل «انباشت تدریجی خاک از عناصر غذایی»^۱ بویژه برای عناصر پتاسیم و فسفر، «نگهداشت عناصر غذایی خاک در یک محدوده معین»^۲ «برقراری تعادل کاتیونی خاک»^۳ و «محدوده کفایت»^۴ می‌باشند (شکل ۴) (لیکام و همکاران، ۲۰۰۳). روش انباشت تدریجی خاک معمولاً در خاک‌های خیلی فقیر و کم بازده طی یک برنامه چهار تا هشت ساله با کوددهی فراوان و دراز مدت بیش از برداشت گیاه انجام می‌شود تا بتوان خاک را ترمیم و عملکردها را اقتصادی نمود. در روش نگهداشت عناصر غذایی خاک در یک محدوده معین، تأکید بر حفظ سطوح غلظت عناصر غذایی به ویژه پتاسیم و فسفر در بالای نقطه حداکثر عملکرد به منظور کاهش ریسک تنزل عملکرد می‌باشد. بر اساس این راهبرد بایستی عنصر غذایی برداشت شده از خاک توسط گیاه^۵ جایگزین شود. این راهبرد در خاک‌هایی که مقدار عنصر غذایی در آنها در حد متوسط تا زیاد است به کار می‌رود. و چون به عملکردهای مورد انتظار تا حدودی دست یافته شده کاربرد کود با هدف نگهداشت سطح آزمون خاک در یک دوره زمانی صورت می‌گیرد. روش محدوده کفایت بسیار وابسته به داده‌های مزرعه‌ای حاصل از آزمایشات واسنجی آزمون خاک است. به عبارت دیگر پاسخ گیاهی مبنای این راهبرد می‌باشد. پاسخ مورد انتظار از یک محصول در هر سطح از آزمون خاک مقدار توصیه کود را تعیین می‌نماید. این راهبرد در مواقعی که اقتصاد کود و تخصیص یارانه‌ها مطرح است یک روش مناسب و قابل توصیه می‌باشد. در حال

حاضر بیشترین توصیه‌های کودی در کشور با این روش پیشنهاد می‌گردد. راهبرد برقراری تعادل کاتیونی خاک معمولاً در خاک‌های اسیدی و مسأله‌دار (شور و سدیمی) که تنظیم تعادل کاتیونی در سطح کلونید خاک مطرح است به کار می‌رود.

راهبردهای توصیه کود با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی، خاکی، گیاهی و مدیریتی

آزمون خاک به عنوان پایه توصیه کودی همواره به عنوان یک روش مناسب برای توصیه متعادل کود مد نظر قرار می‌گیرد. با این حال، لحاظ نمودن شرایط متفاوت از جمله خشکی، شوری و فاکتورهای دیگر از قبیل روش‌های مختلف مدیریت مزرعه همچنین پاسخ متفاوت ارقام گونه‌های گیاهی به مصرف کود نقش به‌سزایی در توصیه بهینه کود ایفا می‌نماید. در سال‌های خشک جذب عناصر غذایی توسط گیاه به دلیل محدود شدن رشد ریشه و کاهش حرکت این عناصر به سمت ریشه کاهش می‌یابد. در نتیجه در این سال‌ها علاوه بر تنش رطوبتی با تنش تغذیه‌ای نیز مواجه خواهیم بود. حاصلخیزی بودن خاک می‌تواند نوسانات مربوط به تولید محصول بر اثر تغییر در مقدار بارندگی را کاهش دهد. به عنوان مثال در این شرایط پتاسیم باعث بهبود مقاومت به تنش خشکی و بهبود رشد ریشه می‌گردد. کاربرد کودهای پتاسیمی اثر قابل ملاحظه‌ای در کاهش خسارت تنش خشکی در پی دارد (دانش نیا، ۱۳۷۷؛ رضایان و همکاران، ۱۳۸۴). تحت شرایط شوری، عدم تعادل عناصر غذایی از جهات گوناگون بروز می‌کند. ممکن است شوری با تأثیر بر قابلیت استفاده عناصر غذایی، جذب، انتقال یا توزیع عناصر غذایی درون گیاه و یا با غیرفعال نمودن فیزیولوژیکی عنصر غذایی مصرف شده منجر به افزایش نیاز غذایی گیاه گردد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۱). شواهد فراوانی نیز وجود دارد که مصرف پتاسیم در مقاومت گیاهان در مقابل استرس شوری می‌تواند مفید باشد (بارتال و همکاران، ۱۹۹۱؛ الکاراتی، ۲۰۰۰).

به علاوه روش مدیریت مصرف نیتروژن و فسفر از نظر نوع، مقدار و روش مصرف کود در شرایط خاک-های شور می‌تواند متفاوت باشد (مهاجر میلانی و همکاران، ۱۳۷۸؛ کشاورز، ۱۳۸۰؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۱). گونه‌ها و ارقام مختلف گیاهان پاسخ‌های متفاوتی به کاربرد عناصر غذایی از خود نشان می‌دهند. تفاوت «کارایی گیاهان در استفاده از عناصر غذایی»^۶ ناشی از جذب بوسیله ریشه‌ها، یا «مصرف توسط گیاه»^۷ و یا هر دو دو می‌باشد که اهمیت نسبی این فرایندها بسته به نوع

1. Build up

2. Maintenance dressing

3. Cation Balance

4. Nutrient sufficiency recommendation approach

5. Nutrient removal

6. Nutrient efficiency

7. Utilization

(خوزستان)، جیرفت، دشت مغان، شبکه آبیاری سد درودزن و امثال آن باشد. تاکنون بطور خلاصه مبانی توصیه کود مورد بحث قرار گرفت در ادامه روند توصیه کود در ایران و جهان مورد بحث قرار می‌گیرد.

تاریخچه و روند توصیه کود در جهان

در ادامه توصیه‌های عمومی در سطح جهانی تولید و مصرف کود بر اساس نتایج آزمون خاک از اوایل دهه ۳۰ میلادی در ایالات متحده امریکا شروع شد و از سالهای ۱۹۴۰ تا ۱۹۵۰ با ابداع و ارائه روشهای تجزیه شیمیایی خاک استفاده از آزمون خاک گسترش یافت.

در این سالها علاوه بر کاربرد روشهای تجزیه شیمیایی عناصر، بررسی‌های اولیه در مورد تعیین روابط همبستگی و واسنجی صورت گرفت و تعداد محدودی از آزمایشگاهها به این امر کمک کردند. طی سالهای ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ همراه با گسترش ساخت کودهای شیمیایی، با حمایت‌های اعتباری صاحبان صنایع کود، توصیه و مصرف کود بر اساس آزمون خاک در سطح وسیع صورت گرفت و این روند رو به رشد با سرعت بیشتری در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی ادامه یافت به طوری که تا سال ۱۹۶۰ در آمریکای شمالی حدود ۵۰۰ هزار نمونه خاک که فقط ۵ تا ۸ درصد اراضی را پوشش می‌دادند در ۱۰ آزمایشگاه خاک تجزیه شدند ولی تا سال ۲۰۰۷ تعداد آزمایشگاهها به ۱۴۰ فقره افزایش یافت که توانستند ۹ میلیون نمونه خاک و گیاه را مورد آزمایش قرار دهند. در سالهای اخیر با استفاده از امکانات و اختراعات جدید نظیر GPS، سنسورهای^۳ و رایانه‌های پیشرفته امکان ادامه پالایش اطلاعات خام اولیه فراهم شده و در مراحل دیگر با استفاده از امکانات GIS و نقشه‌ها امکان تلفیق و ادغام تمام لایه‌های اطلاعاتی را برای دقیق کردن مطالعات و بهینه‌سازی توصیه و مصرف کود در ابعاد دقیق تر فراهم نموده است (میلر، ۲۰۰۸).

روند توصیه کود در ایران: از توصیه عمومی تا آزمون خاک

در تحلیل روند توصیه کود در ایران در یک دوره زمانی ۵۰ ساله از سال ۱۳۳۶ که همگام با گسترش مصرف کودهای شیمیایی تحقیقات حاصلخیزی خاک شروع شد تا سال ۱۳۸۹ بایستی عواملی نظیر تأسیس و گسترش ساختار اداری و ایستگاه‌های تحقیقاتی به عنوان مناطق تیپ در هر منطقه برای تعمیم نتایج تحقیقات به منطقه، تأسیس آزمایشگاه‌های خاک و آب در بخش‌های تحقیقات خاک و آب استان‌های کشور که مسئول تجزیه‌های خاک، آب و گیاه طرح‌های تحقیقاتی بوده و پاسخگویی به مراجعین

عنصر و نوع گونه گیاه متفاوت است (مارشور، ۱۹۹۵). به عنوان مثال در بین ارقام مختلف کلزا ویژه کشت در مناطق گرم و سرد ایران، اختلاف در کارایی جذب فسفر مشاهده شده است (نورقلی‌پور، ۱۳۸۹). همچنین در شرایط کمبود شدید روی در خاک، برخی از ارقام گندم بدون بروز علائم کمبود روی بیشترین رشد را از خود نشان می‌دهند به گونه‌ای که مصرف روی اثر معنی‌داری بر افزایش رشد آنها ندارد (مشیری و همکاران، ۱۳۸۹). توجه به اختلاف ارقام در پاسخ به کمبود عناصر غذایی در خاک در مدیریت مصرف کود مهم است به گونه‌ای که رامهلد و کرکبای (۲۰۰۷) معتقدند در مدیریت کمبود روی، توجه به ارقام «روی کارایی»^۱ گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار است.

علاوه بر راهبردهای فوق توصیه‌های کودی با توجه به برنامه تناوب زراعی نیز تنظیم می‌گردد. بدیهی است مصرف کودهای آلی و دامی، فسفوری و پتاسیمی اثرات باقیمانده تأثیرگذاری بر حاصلخیزی خاک داشته که در کشت سالهای بعد اثر گذار می‌باشند. به عنوان مثال اثرات باقیمانده کود فسفوره در تناوب چهار ساله گندم-ذرت-گندم نشان داد که نیاز فسفوری ذرت در تناوب با گندم اهمیت بیشتری دارد و فسفردهی کافی گندم تا حدود زیادی نیاز فسفوری ذرت در تناوب با آن را جبران می‌کند (دریاشناس و همکاران، ۱۳۸۹). از جمله موضوع‌های دیگر توصیه کودی گیاهان تحت سیستم تناوب زراعی، برگشت بقایای گیاهی به خاک است. برگشت بقایای گیاهانی نظیر گندم، جو و چغندر قند به خاک منبع با ارزشی از پتاسیم است که انتقال مجدد آن به خاک باید در توصیه کودی بویژه پتاسیم مدنظر قرار گیرد (دریاشناس و ملکوتی، ۱۳۸۲). گیاهان لگوم نیز قادرند از ۷۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در به خاک بیافزایند که این مقادیر باید در توصیه کود محاسبه گردند.

راهبرد توصیه کود در ارتباط با محیط زیست مبتنی بر ایجاد روش ارزیابی جامع از مناطق بحرانی زای عناصر غذایی در سطح حوزه آبریز می‌باشد بگونه‌ای که به بهترین پیش‌بینی برای میزان آلودگی ناشی از تلفات و حرکت عناصر غذایی به آبهای زیرزمینی و سطحی در حوزه‌های کشاورزی متنوع^۲ دست یابد. این روش بایستی قادر باشد عواملی نظیر توپوگرافی، اقلیم، فاصله مزارع تا رودخانه‌ها و انهار منطقه، زهکشی خاک و مدیریت‌های زراعی را در خود لحاظ نماید تا پس از شناخت این مناطق بحرانی، توصیه کودی متناسب با آنرا اصلاح و ترویج نماید. این مناطق در کشور ما می‌تواند شبکه آبیاری دز

¹ Zn-efficient

² Complex-landscape

³ Probes

محصولات زراعی و باغی گام‌های اولیه برای توصیه بر مبنای آزمون خاک برداشته شد. حاصل این پژوهش‌ها یافتن حدود بحرانی عناصر غذایی و برآورد واکنش محصولات زراعی و باغی به مصرف کود با توجه به شرایط خاک و مدیریت‌های زراعی ویژه هر منطقه بود. تقریباً حدود ۱۰۰۰ مزرعه برای بررسی عناصر کم‌مصرف و ۷۸۸ مزرعه در ۳۱ استان برای تعیین حدود بحرانی فسفر و پتاسیم و تعداد زیادی آزمایشات برای بررسی توصیه و مصرف کودهای نیتروژنی و عناصر کم‌مصرف و افزایش کیفیت محصولات از نظر پروتئین و غنی‌سازی محصولات انجام شد (بلالی و همکاران، ۱۳۷۹). شایان توجه است در راستای گسترش آزمون خاک در این دوره با پیشنهاد موسسه تحقیقات خاک و آب تأسیس آزمایشگاه‌های خصوصی خاک و آب به‌طور جدی شروع و تاکنون بیش از ۱۲۰ آزمایشگاه خاک و آب تأسیس و مشغول به کار می‌باشند. لازم بذکر است تحقیقات آزمون خاک و اجرای آن با مشکلاتی مواجه است.

برنامه آزمون خاک برنامه‌ای ملی است که بایستی در سطح کشوری و سیاست‌های کلان لحاظ شود ولی اینگونه نمی‌باشد. به علاوه بسترهای لازم برای اجرای آن در سیاست‌های کشور مواجه با مشکلاتی است که بر مصرف متعادل کود و در نتیجه تعادل عناصر غذایی خاک‌های کشور اثر می‌گذارد. بویژه در شرایط فعلی که میزان مصرف کود به رقم بالایی رسیده و در آینده نیز باید ادامه یابد بدون انجام آزمون خاک و مصرف کود بر حسب نیاز در هر مزرعه می‌تواند خطرات جبران ناپذیری در تولید، کیفیت محصول، و تخریب محیط زیست ببار آورد.

مدل جامع توصیه کودهای شیمیائی و آلی

تا اینجا ملاحظه شد مقوله توصیه کود روندی تکاملی داشته و برای بهینه نمودن توصیه‌ها به سوی تلفیق بیشتر عوامل خاکی، اقلیمی و گیاهی حرکت نموده است. در ایران نیز پس از یک دوره تجربیات ۴۰ ساله و گذار از توصیه عمومی و منطقه‌ای و حرکت به سمت توصیه برای هر مزرعه مبتنی بر آزمون خاک و عدم توانایی سامانه موجود در انتقال اطلاعات و رفع نیازهای ترویجی و به روز به کشاورزان بدلیل گستردگی کشور، پائین بودن نسبت مروج به کشاورز (حدود یک به هزار) و پائین بودن نسبت محقق به کشاورز که در همین حدود است و با در نظر گرفتن تعداد ۶۴ هزار روستا در کشور با پراکندگی وسیع و اینکه هر مروج مسئول ۱۰ روستای مجاور می‌باشد، ضرورت بهینه سازی توصیه مصرف کود با لحاظ فاکتورهای بیشتر در تکمیل آزمون خاک و بکارگیری برنامه‌های رایانه‌ای هوشمند در مدیریت تغذیه‌ای مشهود

خصوصی را به عهده داشته‌اند (جدول ۴) و تکمیل تحقیقات توصیه کودی در یک روند تکاملی را مد نظر قرار داد. بدین ترتیب توصیه کود در ایران را می‌توان به دو مرحله کلی تقسیم نمود.

الف- توصیه عمومی و منطقه‌ای

در سال‌های ۱۳۳۶ تا ۱۳۷۰ مبنای توصیه و مصرف کودها، نتایج آزمایشات مزرعه‌ای و ایستگاهی بود که طی این تحقیقات یک یا چند فرمول عمومی توصیه برای هر منطقه بدست آمد. بدین ترتیب که در سال ۱۳۳۶ (۱۹۵۷) برنامه‌های تحقیقاتی تحت عنوان آزمایش کود به سرپرستی اندرسون از شرکت عمران و منابع نیویورک آمریکا با هدف توسعه مصرف کودهای شیمیایی در استان‌های جنوب غربی شامل خوزستان، کرمانشاهان، کهگیلویه و بویر احمد و لرستان در چهار محور تحقیقاتی شامل مقدار، منبع، زمان و روش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی، فسفاتی و پتاسیمی بر عملکرد محصولات پائیزه و بهاره آغاز شد.

از سال ۱۳۵۰ تا اواخر دهه ۶۰ شمسی به موازات گسترش آزمایشگاه‌های خاکشناسی و در ادامه مطالعات کود پذیری محصولات مختلف تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی در گیاه مورد مطالعه قرار گرفت تا بتوان روش توصیه مصرف کودهای شیمیایی را بهبود بخشید. لذا تحقیقات حاصلخیزی خاک در این دوره چه از نظر وسعت جغرافیایی و چه از نظر عناوین و موضوعات تحقیقاتی گسترش قابل ملاحظه‌ای یافت (برنامه کود خوزستان، ۱۹۶۲؛ درودی و بلالی، ۱۳۸۰)

ب- توصیه مزرعه‌ای بر اساس آزمون خاک

در شروع دهه ۷۰ همزمان با طرح محوری گندم و نیاز به توصیه‌های دقیقتر و توزیع مناسب کود در سطح ملی و با تکمیل ساختار تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های خاک و آب (۳۱ بخش تحقیقات خاک و آب زیر نظر موسسه تحقیقات خاک و آب)، بسترسازی برای توصیه بر مبنای آزمون خاک در دستور کار مؤسسه تحقیقات خاک و آب قرار گرفت. با ایجاد شورای عالی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم (۱۳۷۴/۱۹۹۵) که هدف آن توسعه کشاورزی پایدار و رعایت مسائل زیست محیطی، استفاده بهینه از کودها و سموم شیمیائی و گسترش مصرف کودهای آلی بود توجه به تحقیقات آزمون خاک و مصرف بهینه کود گسترش یافت.

لذا با انجام پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه کود-پذیری عناصر پرمصرف و کم‌مصرف با استفاده از آزمایشات گسترده منطقه‌ای و واسنجی در سطح ملی برای

جدول ۵ مدل‌های برآورد کود به طور خلاصه توصیف گردیده‌اند.

همانگونه که در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ دیده می‌شود هریک از روش‌های پیش‌بینی نیاز کودی بر اساس اطلاعات ورودی ممکن است دچار خطاهایی نسبت به میزان تقاضای دقیق کود شوند. به طور مثال در شکل ۶ میزان برآورد کودهای فسفاتی براساس مدل آنالیز روند برای کشورهای آمریکای لاتین طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۵ بیانگر آنست که براساس انتخاب سال‌های ابتدایی و انتهایی در هر برآورد، میزان پیش‌بینی برای سال‌های آینده می‌تواند بسیار متفاوت باشد (IFA, 2007).

برآورد کودهای فسفاتی برای منطقه آمریکای لاتین با استفاده از مدل نرخ رشد (شکل ۷) بسیار وابسته به نقطه پایانی میزان تقاضای در نظر گرفته شده می‌باشد. به طور مثال در صورتیکه نقطه پایانی سال ۲۰۰۴ در نظر گرفته شود، میزان برآورد برای سال‌های آینده بسیار بیشتر و در صورتیکه نقطه پایانی سال ۲۰۰۵ در نظر گرفته شود مقادیر پیش‌بینی بسیار کمتر خواهند بود.

در شکل ۸ مقایسه‌ای بین دو مدل آنالیز روند و گیاه محور مشاهده می‌شود. همانگونه که نشان داده شده مدل‌های آنالیز روند با توجه به اطلاعات پیشینه‌ای خود مدل‌های خطی می‌باشند ولی مدل‌های گیاه محور با توجه به در نظر گرفتن مؤلفه‌های زراعی و استراتژی‌های کشت می‌تواند بر اساس سناریوها و برنامه‌ریزی‌های آینده کشاورزی بسیار انعطاف‌پذیر بوده و تغییرات را در خود لحاظ نمایند.

در ایران برآورد کود از آغاز عمدتاً بر اساس آنالیز روند بوده و اطلاع کاملی از روند آن در دست نیست که جای پژوهش بیشتر را دارد. بر اساس اطلاعات موجود از دهه ۷۰ شمسی مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی به منظور پیش‌بینی نیاز کشور به انواع عناصر غذایی، برآوردهایی را انجام داده که عمدتاً مبتنی بر مدل گیاه محور بوده و روندی تکاملی را بر اساس تحقیقات انجام شده و اطلاعات قابل دسترس طی نموده است.

در سال ۱۳۷۸ با استفاده از آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۷۷ و تحقیقات انجام شده طی سال‌های گذشته و با در نظر گرفتن سیاست‌های مبتنی بر اصول مصرف بهینه کود برای محصولات زراعی و باغی برآوردها ۴/۷ میلیون تن کل کود مورد نیاز را نشان داد که شامل ۲/۷ میلیون تن نیتروژنی، ۱/۲ میلیون تن کود فسفاته، ۰/۶ میلیون تن کود پتاسیمی و ۰/۲ میلیون تن کودهای ریز مغذی با نسبت کودی ۴۰-۵۴-۱۰۰ می‌باشد. فرضیات در نظر گرفته شده

گردید. در این راستا نتایج طرح‌های تحقیقاتی گذشته جمع‌آوری و سعی شد علاوه بر پارامترهای خاکی و آبی، ارقام گیاهی مورد توصیه در هر منطقه، تاریخ مناسب کاشت و میزان بذر مورد نیاز نیز برای بهینه‌سازی توصیه لحاظ گردد (شکل ۵).

روش کار بدین ترتیب است که پس از تعیین پتانسیل تولید مزرعه مورد نظر و غلظت عناصر غذایی موجود در خاک، با استفاده از جداول توصیه مربوط به هر عنصر غذایی، میزان کودهای مورد نیاز برای محصول مربوطه تحت شرایط خاص تعیین می‌گردد. در این برنامه پس از وارد نمودن نتایج تجزیه نمونه‌های خاک و آب، نام استان و شهر مورد نظر با انتخاب کلید «تأیید» توصیه کودهای پرمصرف، کم مصرف، اطلاعات مربوط به نوع رقم، تاریخ کاشت و میزان بذر و اطلاعات ورودی بر روی صفحه مانیتور ظاهر و به طور خودکار در بانک اطلاعاتی ذخیره می‌گردد، به طوری که می‌توان با انتخاب کلید «چاپ» آن را مشاهده نمود. این برنامه با استفاده از نرم‌افزار Visual Basic تهیه گردیده است (خادمی و همکاران، ۱۳۸۵).

تاکنون فلسفه‌های توصیه کود که پایه اولیه برای مصرف کود بوده و برای برآورد نیز بکار گرفته می‌شود و وضعیت عناصر غذایی در خاک‌های تحت کشت کشور و محصولات کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت. قدم بعد بررسی روش‌های برآورد کود و چگونگی روند مصرف کود می‌باشد.

برآورد کود و روند مصرف کود در ایران و جهان

برآورد کود در ایران و جهان

پیش‌بینی نیاز به مصرف کود در سطوح منطقه‌ای، استانی، ملی و بین‌المللی برای بسیاری از دست‌اندرکاران صنعت تولید کود، سیاست‌گذاران کشاورزی، فروشندگان، توزیع کنندگان و اتحادیه‌های مرتبط با امر کود و کشاورزی حائز اهمیت بوده و ابزاری مهم برای پاسخگویی به نیاز بخش کشاورزی و تعادل بازار می‌باشد. در حال حاضر، مدل‌های متفاوتی برای پیش‌بینی نیاز کود در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی توسط متولیان بخش کود استفاده می‌شود. از جمله مهمترین آنها مدل‌های آنالیز روند، نرخ رشد، تولید-بازرگانی، اقتصاد سنجی و گیاه محور می‌باشند. هر یک از این مدل‌ها دارای مزایا و معایبی بوده و با توجه به آنکه هر کدام نیازمند ورود اطلاعاتی خاص برای پاسخ‌های مورد انتظار می‌باشند، بر اساس نوع اطلاعات موجود در هر منطقه و دقت‌های قابل پیش‌بینی برای هر مدل می‌توان از مدل‌های مناسب استفاده کرد. در

میلیون تن به کودهای فسفاته و یک میلیون تن به کودهای پتاسیمی اختصاص یافت.

با توجه به نقصان اطلاعات مربوط به شناخت خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب بر آن شد تا با افزایش شناخت خاکهای تحت کشت کشاورزی توسط روش‌های زمین آمار و همچنین آمارهای توصیفی پروژه‌هایی را در سطح ملی به انجام رساند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به پروژه پراکنش عناصر غذایی در استان‌های کشور، پروژه گندم و سایر پروژه‌های مرتبط با این موضوع نام برد. با توجه به این امر، در سال ۱۳۸۹ مجدداً برآوردی از میزان نیاز بخش کشاورزی به انواع عناصر غذایی نیتروژنی، فسفاتی و پتاسیمی انجام شد. در این برآورد بر اساس نتایج حاصل از پژوهش‌های فوق‌الذکر و جمع‌بندی‌های انجام شده (بلالی، ۱۳۸۴؛ خادمی، ۱۳۸۴؛ شهبازی، ۱۳۸۷ و طهرانی، ۱۳۸۹) به سطوح دچار کمبود هر یک از عناصر غذایی نسبت به گذشته شناخت بیشتری حاصل شد و مجموع کود ۴ میلیون تن برآورد گردید که به ترتیب شامل ۲/۹، ۰/۷ و ۰/۴ میلیون تن کودهای نیتروژنه، فسفاتی و پتاسیمی می‌باشد. در جدول ۶ روند برآورد کود در دهه‌های اخیر ملاحظه می‌شود.

تا اوایل دهه ۷۰ شمسی میزان کل کود برآوردشده ۲/۵ میلیون تن بوده و کلیه برآوردهای پس از آن طبق جدول ۶ بیانگر نیاز بیشتر به کود در کشور می‌باشد. که با افزایش اطلاعات و جمع‌بندی‌های دقیقتر نسبت به حاصلخیزی خاک‌ها این مقدار به واقعیت نزدیکتر شده است.

میزان کود نیتروژنی در محدوده ۲/۷-۲/۹ بیانگر نیاز شدید به نیتروژن در خاک‌های کشور می‌باشد و این تأیید کننده میزان کمبود کربن آلی و به تبع آن نیتروژن خاک‌ها است که در جدول ۳ ذکر شد بگونه‌ای که توزیع استانی خاک‌های با درصد مواد آلی کمتر از یک درصد هشدار دهنده بوده حتی در بعضی از استان‌ها نظیر قزوین، سمنان، مرکزی، زنجان، خوزستان، اصفهان، یزد و خراسان به بیش از ۸۰ درصد می‌رسد. در مورد فسفر با افزایش اطلاعات میزان نیاز به کود فسفاتی از یک روند نزولی برخوردار است، این کاهش همانگونه که در جدول ۳ به آن اشاره گردید عمدتاً به دلیل در نظر گرفتن سطوح دچار کمبود به میزان ۷۰/۲ درصد برای فسفر می‌باشد.

در مورد پتاسیم با افزایش تحقیقات انجام شده و اطلاعات بیشتر نیاز به مصرف کود پتاسیمی تثبیت گردیده و طبق جدول ۳ میزان پتاسیم قابل استفاده ۳۳/۶ درصد خاک‌های کشور کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده و این مقدار در استان‌هایی نظیر گیلان، مازندران، خوزستان و

از این قرار بود: ۱) در همه سطح زیر کشت اعلام شده در آمارنامه کود مصرف می‌شود ۲) بستر آزمون خاک در تمام مناطق کشور فراهم می‌باشد ۳) تمام کشاورزان به اصول مصرف بهینه کود آگاهی یافته‌اند ۴) امکان واردات و یا تولید همه کودهای اعلام شده وجود دارد. بدین ترتیب مقرر گردید. سالانه ۲۵۰ هزار تن به میزان کل کود مصرفی که در آن زمان مقدار ۲/۵ میلیون تن بود اضافه و همواره توزیع کود بر مبنای نسبت کودی به دست آمده در ۴/۷ میلیون تن باشد و در طول این سال‌ها با تجهیز آزمایشگاه‌های خصوصی خاک و آب اصلاح ساختار تأمین و توزیع کود و ترویج مصرف بهینه کود به حالت آرمانی نزدیک شود.

در سال ۱۳۸۴ مجدداً مؤسسه تحقیقات خاک و آب اقدام به برآورد کودهای مورد نیاز بخش کشاورزی به تفکیک زراعی و باغی و با برش استانی نمود که مجموع کودهای نیتروژنی، فسفاتی و پتاسیمی برآورد شده برای محصولات زراعی و باغی به ترتیب ۲/۵۹، ۱/۲۷ و ۰/۵۱ میلیون تن و در مجموع ۴/۳۷ میلیون تن برآورد گردید.

در سال ۱۳۸۵ نیز در یک روند تکاملی از مدل گیاه محور برای برآورد کودها استفاده شد. بدین ترتیب که در هر استان با در نظر گرفتن حاصلخیزی خاک مناطق مختلف براساس آزمون خاک، سطح زیر کشت (براساس آمار نامه کشاورزی ۸۳-۱۳۸۲ وزارت جهاد کشاورزی)، عملکرد محصولات کشاورزی در استان و توصیه کود برای هر محصول برآورد کود مورد نیاز انجام گردید. در مورد محصولات باغی علاوه بر آزمون خاک، نتایج آزمون برگ به همراه سطح زیر کشت محصولات باغی در نظر گرفته شد (طهرانی و همکاران، ۱۳۸۵).

در این برآورد با توجه به عدم دسترسی مکانی به صورت منطقه‌ای و استانی به اطلاعات خاک و میزان عناصر غذایی موجود در خاک‌های هر منطقه و با توجه به اینکه نتایج آزمایشات خاک ارسالی از استان‌های مختلف فقط محدود به مناطق بسیار خاصی از سطوح تحت کشت استان می‌باشد تصمیم‌گیری در خصوص مناطق دچار کمبود در سطح مزارع و باغ‌های هر استان بسیار دشوار بود. لذا با استفاده از توصیه‌های منطقه‌ای برای محصولات کشاورزی به طور متوسط از هر یک از کودها برای سطوح تحت کشت محاسبه و اعمال گردید. در مجموع برآورد کل کود مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور به تفکیک محصول و استان تهیه گردید و در کل حدود ۵ میلیون تن کود برای محصولات زراعی و باغی در نظر گرفته شد که از این مقدار ۲/۸ میلیون تن به کودهای نیتروژنه، ۱/۲

مطالعات بامب و بانات (۱۹۹۶) نیز در جدول ۷ این روند را تأیید نموده و نرخ رشد سالانه از ۵/۵ درصد بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰ به ۱/۲ درصد بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ اتفاق می‌رسد. این کاهش رشد جهانی مصرف کودها را ناشی از انعکاس نرخ رشد کند کشاورزی جهانی، موفقیت‌های تدریجی مصرف متوسط و بالای کود در چند کشور، موانع اقتصادی-اجتماعی و دیگر موانعی که پیش روی مصرف بیشتر کودها در تعدادی از کشورهای افریقایی وجود دارد، پتانسیل معنی‌دار در استفاده کامل از کودها برای افزایش کارایی کودها، افزایش استفاده از کودهای غیر معدنی جایی که مصرف آنها آسان بوده و قوانین محیط زیستی و سیاست‌های بازدارنده مصرف زیاد کود، گسترش کشاورزی آلی بدون استفاده از کودهای شیمیایی برشمرده‌اند. بر اساس پیش‌بینی‌های سازمان خوار و بار جهانی با توجه به میزان مصرف عناصر غذایی طی سال‌های گذشته، میزان تقاضای انواع کودها طی سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۳۰ با دو سناریوی افزایش تولید جهانی محصولات کشاورزی و افزایش کارایی انواع کودها پیش‌بینی گردید (شکل ۱۲). همانگونه که ملاحظه می‌شود توجه به افزایش کارایی مصرف کودها طی سال‌های آینده می‌تواند نیاز بخش کشاورزی به انواع عناصر غذایی را به مقدار زیادی کاهش دهد (FAO, 2000).

در ایران معمولاً در بررسی‌های امروزی در مورد مصرف کود بطور عموم از ورود کودهای شیمیایی به کشور و روند آن تاکنون بحث شده و نحوه کوددهی پیش از ورود کودهای شیمیایی به کشور و حفظ و مدیریت حاصلخیزی خاک‌ها و قدرت باردهی آنها مورد توجه نمی‌باشد و بدین علت اطلاعات زیادی در مورد آن در دست نیست. لذا در اینجا روند مصرف کودهای شیمیایی مورد بحث قرار می‌گیرد. مطالعات بیانگر آنست که تا اوایل دهه ۱۳۴۰ همزمان با اصلاحات ارضی کاربرد کودهای شیمیایی به پنج دلیل محدودیت در تولید و واردات کودهای شیمیایی، کمبود آب در بخش کشاورزی به عنوان یک عامل محدود کننده، سطح دانش کشاورزان در خصوص مصرف کودهای شیمیایی، انگیزه کم مالکین به بهبود تولید و قیمت بالای کودهای شیمیایی رشد چشمگیری نداشت.

اما طی سالیان گذشته در یک روند کلی افزایش مصرف کودهای شیمیایی را شاهدیم. بدین ترتیب که مقدار مصرف کود از دهه ۴۰ با مقدار ۱۴/۶ هزار تن عنصر غذایی به ۱۵۳۵/۵ هزار تن عنصر غذایی در سال ۱۳۸۷ رسیده است. یعنی طی این دوران این مقدار ۱۰۴ برابر شده است (شکل ۱۳).

یزد به بالای ۴۰ درصد می‌رسد. این تفاوت وضعیت در میان استان‌ها و در درون استان‌ها به ترتیب در شکل‌های ۹ و ۱۰ قابل ملاحظه می‌باشد.

طبق شکل ۹ در حالی که حدود ۸۰ درصد از خاک‌های استان‌های آذربایجان غربی، کرمانشاه و همدان حاوی مقادیر بیش از ۲۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم می‌باشند اما تنها ۲۰ درصد از خاک‌های استان گیلان حاوی مقادیر بیش از ۲۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم می‌باشد و آنچنانکه از شکل ۱۰ بر می‌آید پراکنش عنصر پتاسیم در استان مازندران از مقادیر زیاد در شرق تا مقادیر کم پتاسیم در مرکز و غرب استان تغییر می‌کند (طهرانی، ۱۳۸۹).

بنابراین در صورت شناخت مناسب از وضعیت عناصر غذایی در خاک‌ها و توزیع علمی کود یعنی بکارگیری جدی آزمون خاک از طریق آزمایشگاه‌های خاک و آب کشور می‌توان سیاست مصرف بهینه را تحقق داده و با مقدار کمتری از این نهاده به حفظ حاصلخیزی خاک، عملکرد مناسب و همچنین حفظ محیط زیست نائل گردید.

به عبارت دیگر با توجه به آنکه در مدل‌های گیاه محور دو مؤلفه اساسی سطوح دچار کمبود و همچنین توصیه مصرف کود نقش اساسی را بر عهده دارند شناخت وضعیت حاصلخیزی خاک‌ها در قالب تهیه نقشه‌های پراکنش عناصر غذایی و همچنین شناخت وضعیت عناصر غذایی در گیاهان مختلف و پایش مداوم این خصوصیات کشور را به سوی ایجاد سامانه توزیع علمی کود و سیاست‌گذاری صحیح بخش کشاورزی در سطوح ملی، درون استانی و تحقق مصرف بهینه کود رهنمون می‌سازد.

روند مصرف کود در ایران و جهان

افزایش مورد انتظار در تولیدات کشاورزی در سه دهه آینده با رشد عملکرد به عنوان جزء اولیه این افزایش بدون افزایش مصرف کودها به سختی در بسیاری از کشورها امکان پذیر است. پیش‌بینی‌ها در سطح جهانی (شکل ۱۱) حکایت از آن دارد که به مصرف سالانه فعلی (حدود ۱۴۰ میلیون تن کود در سطح جهان بر حسب مقدار عنصری) بایستی تا سال ۲۰۳۰، ۵۰ میلیون تن اضافه شود که بیشتر آن در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (الکساندراتوس، ۲۰۰۳). مطالعه و برآورد کود براساس مدل اقتصاد سنجی توسط بامب و بانات (۱۹۹۶) افزایش تقاضای کود در جهان از ۱۴۳/۶ به ۲۰۸ میلیون تن عنصر غذایی را تأیید می‌نماید (جدول ۷). علیرغم این افزایش در مقدار روند نرخ رشد نزولی است بگونه‌ای که طبق مطالعات الکساندراتوس (۲۰۰۳) نرخ رشد مصرف کود از ۱۱ درصد در دهه ۷۰ به ۶ درصد در دهه ۸۰ و ۳/۶ درصد در دهه ۹۰ کاهش پیدا کرده و در سال‌های بعد حدود یک درصد می‌باشد.

سهم را در توصیه کودی کشور داشته و بدلیل کمبود اطلاعات سایر راهبردها شامل «انباشت تدریجی خاک از عناصر غذایی»، «نگهداشت عناصر غذایی خاک در یک محدوده معین» و «برقراری تعادل کاتیونی خاک» مورد توجه قرار نگرفته‌اند. و با توجه به سیاست‌های کلان کودی و شرایط اقتصادی و اجتماعی بایستی در آینده مورد توجه قرار گیرند

بررسی روند توصیه کود نشان از گذار از توصیه عمومی و منطقه‌ای به آزمون خاک همگام با تکمیل ساختار تحقیقاتی و آزمایشگاهی دارد. به گونه‌ای که از دهه ۷۰ شمسی بستر سازی برای توصیه بر مبنای آزمون خاک آغاز گردیده است. علاوه بر آزمون خاک به عنوان پایه توصیه کودی اهمیت لحاظ سایر شرایط اقلیمی (خشکی، گرما)، خاکی (شوری) و گیاهی (کارایی ارقام) و مدیریت‌های زراعی (تناوب زراعی) در توصیه کودی نشان داده شد. خوشبختانه گام‌های اولیه برای تلفیق این عوامل در مدل کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی و آلی برداشته شده که نیاز به پژوهش‌های تکمیلی دارد.

پاسخ به چالش‌های زیست محیطی نیازمند رویکردهای کل نگر در توصیه کودی در سطح حوزه آبریز می‌باشد تا با لحاظ عواملی نظیر توپوگرافی، اقلیم، فاصله مزارع تا رودخانه‌ها و انهار منطقه، زهکشی خاک و مدیریت‌های زراعی و شناخت مناطق بحران زا توصیه کودی متناسب با آن را اصلاح و ترویج نماید. در راستای گسترش آزمون خاک تأسیس آزمایشگاه‌های خصوصی خاک و آب به طور جدی شروع و تاکنون (۱۳۸۹) بیش از ۱۲۰ آزمایشگاه خاک و آب تأسیس و مشغول به کار می‌باشند. ولی تحقیقات آزمون خاک و اجرای آن با مشکلاتی مواجه است که نیازمند یک برنامه ملی در سطح کشوری برای همگانی کردن آزمون خاک و استفاده از پتانسیل‌های مذکور می‌باشد. بویژه در شرایط فعلی که میزان مصرف کود به رقم بالایی رسیده و در آینده نیز باید ادامه یابد بدون انجام آزمون خاک و مصرف کود بر حسب نیاز در هر مزرعه می‌تواند خطرات جبران ناپذیری در تولید، کیفیت محصول، و تخریب محیط زیست ببار آورد.

در ارتباط با برآورد کود مشخص گردید از میان پنج مدل معرفی شده در ایران برآوردها عمدتاً مبتنی بر مدل گیاه محور بوده روندی تکاملی را براساس افزایش اطلاعات از وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه طی می‌کند. همانطور که پیش از این ذکر شد توصیه کود در کشور عمدتاً بر اساس روش محدوده کفایت بود که لحاظ راهبردهای دیگر این برآوردها را تحت تأثیر قرار می‌دهد

نیروژنی و فسفوری بوده و در سال‌های اخیر میزان مصرف کودهای پتاسیمی نیز افزایش نشان می‌دهد (شکل ۱۴). همچنین از اواسط دهه ۱۳۷۰ میزان مصرف عناصر کم مصرف یا ریزمغذی نیز افزایشی معادل چهار برابر را نشان می‌دهد (شکل ۱۵).

روندهای فوق بیانگر آن است که میزان کل کود در حال افزایش بوده و برآوردها از افزایش مصرف در آینده حکایت دارد. کود مصرفی بخشی از کمبود عرضه عناصر توسط خاک‌ها را جبران نموده لیکن کارایی مصرف آن پائین می‌باشد که نشان از عدم تعادل مصرف دارد. لذا بایستی این هشدار را جدی گرفت که برخورد صحیح با مصرف کود به همان اندازه که می‌تواند به حاصلخیزی خاک‌ها و در نتیجه به حفظ محیط زیست و سلامت غذا منتهی شود، هرگونه مسامحه در این خصوص موجب زیان‌های جدی در موارد فوق می‌گردد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

تحلیل ۵۰ ساله روند تغییرات سطح زیر کشت، وضعیت منابع آب، غذای مورد نیاز آبی و نرخ رشد جمعیت دشواری افزایش سطح زیر کشت و نیاز به تمرکز بر تولید در واحد سطح آشکار را تأیید نمود. این امر فشار بیشتر بر منابع خاک را در پی داشته و عدم لحاظ آن در سیاست‌گذاری‌های کلان دستیابی به تولید پایدار و امنیت غذا را به مخاطره می‌اندازد. بدین ترتیب اهمیت توجه به حاصلخیزی خاک به عنوان کلید پایداری بیش از پیش آشکار می‌گردد.

از آنجاکه کود (شیمیایی، آلی و زیستی) همچنان مهمترین عامل حاصلخیزکننده خاک بشمار می‌آید، مصرف بهینه کود و تغذیه متعادل گیاه از مهمترین دغدغه‌های بخش کشاورزی است. نظام توصیه، برآورد، تأمین، توزیع و مصرف کود در کشور با چالش‌هایی روبرو هستند که دو مقوله توصیه و برآورد کود به عنوان حلقه اولیه و پایه‌ای نظام فوق مورد بررسی قرار گرفت.

با بررسی ملاک‌های تشخیص وضعیت عناصر غذایی در خاک و گیاه و ارزیابی بیش از ۲۰۰۰۰ داده نشان داده شد بیش از ۵۰ درصد خاک‌های کشور دچار کمبود یک یا چند عنصر غذایی بوده در برخی استان‌ها این مسئله حادث شده و عدم تعادل عناصر غذایی در خاک‌ها را آشکار ساخت. فقر مواد آلی از جمله مهمترین موانع پایداری حاصلخیزی خاک‌ها و تولید پایدار می‌باشد. همچنین بررسی وضعیت عناصر غذایی در گیاهان زراعی و باغی منعکس کننده عدم تعادل عناصر غذایی بود.

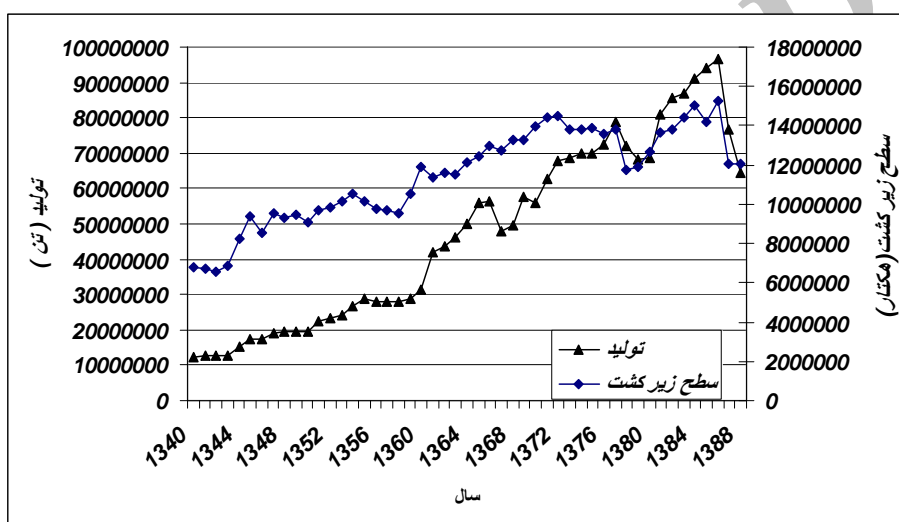
از میان چهار راهبرد توصیه کود بر اساس آزمون خاک مشخص گردید تاکنون روش محدوده کفایت بیشترین

آزمون خاک از طریق آزمایشگاه‌های خاک و آب کشور می‌توان سیاست مصرف بهینه را تحقق داده و به حفظ حاصلخیزی خاک، عملکرد مناسب و همچنین حفظ محیط زیست نائل گردید.

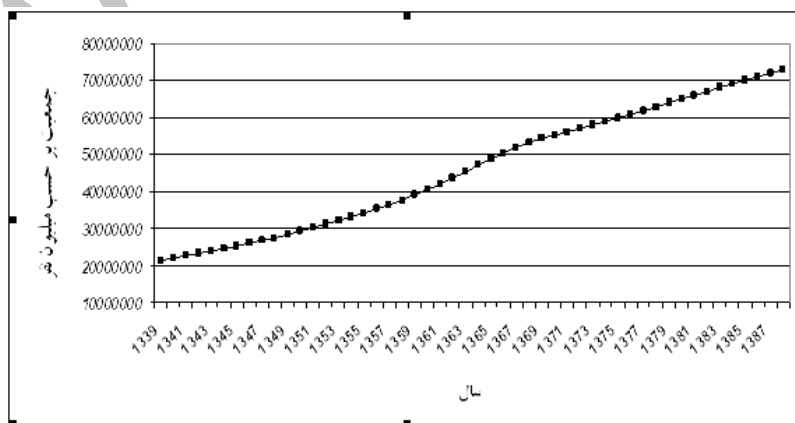
سیاسگزاری

بدینوسیله از سرکار خانم مهندس رضانی موفق برای کمک در تهیه بانک اطلاعاتی حاصلخیزی خاک، آقای مهندس پسندیده برای تهیه و تنظیم جداول، سرکار خانم غدیری تایپ و سرکار خانم اسدزاده برای تنظیمات نهایی مقاله تشکر و قدردانی می‌نماید.

مجموع برآوردها طی دهه‌های اخیر با مدل گیاه محور که نشان داده شد مدلی واقع‌گراتر از سایر مدل-هاست بیانگر نیاز به کل کود بیشتر در کشور بوده و بایستی میان نیاز به کل کود در کشور و نحوه مصرف آن تمایز قائل شد. یعنی نشان داده شد که در حال حاضر مصرف کود در کشور بهینه نمی‌باشد (زیاد مصرفی و کم مصرفی) لذا سیاست استفاده بهینه (مصرف متناسب با نیاز خاک و گیاه) همچنان سیاست محوری در مصرف کود بوده بایستی بسترهای لازم برای تحقق آن بیش از پیش فراهم گردد. بنابراین با شناخت مناسب از وضعیت عناصر غذایی در خاک‌ها و توزیع علمی کود یعنی بکارگیری جدی



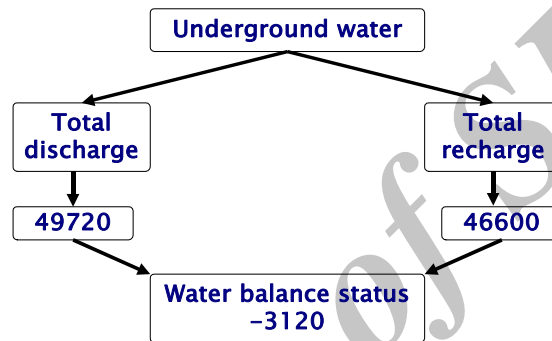
شکل ۱- روند تغییرات سطح زیر کشت و تولید محصولات زراعی و باغی طی سالهای ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۸ (FAO, 2010)



شکل ۲- روند تغییرات جمعیت کشور طی سالهای ۱۳۳۹ تا ۱۳۸۸ (World Bank, 2010)

جدول ۱- مصرف آب در بخش‌های مختلف و بر حسب جمعیت از سال ۱۳۳۱ تا ۱۳۹۹ (بایبوردی، ۱۳۸۳)

سال	جمعیت (میلیون)	مصرف آب (درصد از کل)			مقدار کل (میلیارد متر مکعب)
		کشاورزی	شهری	صنایع و معادن	
۱۳۳۱	۲۰	۱۰۰	۰/۰	۰/۰	۳۵/۰
۱۳۴۱	۲۶	۹۸/۸۸	۰/۶۷	۰/۴۵	۴۴/۵
۱۳۵۱	۳۲	۹۸/۲	۱/۲	۰/۶۰	۴۹/۹
۱۳۶۱	۴۰	۹۶/۱	۳/۱	۰/۸۰	۶۲/۴
۱۳۷۱	۵۶	۹۵/۱	۵/۹	۰/۸۵	۸۲/۰
۱۳۸۱	۶۵	۹۲/۸۴	۸/۴	۱/۹۲	۹۳/۷
۱۳۹۹	۱۲۰-۱۰۰	۹۰/۶۵	۷/۵۴	۲/۲۹	۱۰۴/۸



شکل ۳- برآورد بالانس آب در ایران بر حسب میلیون متر مکعب (مؤمنی، ۲۰۰۰)

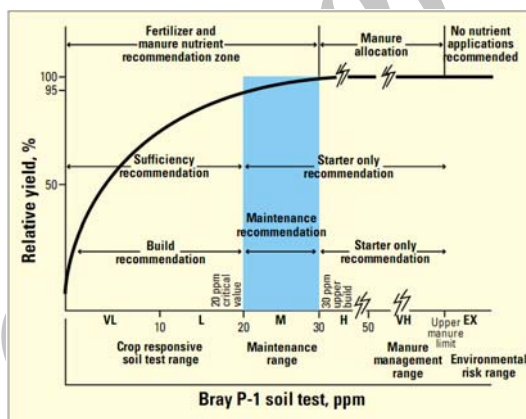
جدول ۲- ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان زراعی و باغی

منبع	درصد باغ‌ها و مزارع دچار کمبود							تعداد باغ و مزرعه	محصول	
	Cu	B	Zn	Mn	Fe	K	P			N
اسماعیلی و همکاران (۱۳۷۹)				۳۶	۴۷	۴۲	۴۰	-	۷۱	سیب درختی
گودرزی (۱۳۸۱)	۵۶	۴۱	۴۱	۵۳	۵۶	۴۴	۴۱	۴۴	۳۲	انگور
دریاشناس و رضایی (۱۳۸۹)	۶۶	۳	۰/۰	۱۰	۱۰	۱/۵	۰/۰	۰/۰	۳۱	چغندر قند

جدول ۳- توزیع کلی و استانی عناصر غذایی خاکهای تحت کشت کشور (بر حسب درصد)

نام استان	OC <1%	تعداد نمونه	P <15 mg/kg	تعداد نمونه	K <200 mg/kg	تعداد نمونه	Fe <5 mg/kg	تعداد نمونه	Zn <0.75 mg/kg	تعداد نمونه	Mn <4 mg/kg	تعداد نمونه	Cu <0.75 mg/kg	تعداد نمونه
تهران	۷۰/۷	۱۶۷	۷۱/۰	۱۸۳	۱۱/۶	۱۸۱	۵۷/۲	۱۸۰	۴۴/۷	۱۷۹	۱۳/۷	۱۳۱	۵/۳	۹۵
سمنان	۹۰/۲	۹۲	۸۴/۶	۹۱	۱۴/۳	۹۱	۷۶/۹	۱۳	۶۱/۵	۱۳	۰/۰	۱۰	۰/۰	۹
قزوین	۹۰/۸	۱۸۴	۷۲/۲	۱۸۰	۶/۷	۱۸۰	۱۸/۳	۱۰۴	۵۵/۸	۱۰۴	۵/۶	۹۰	۰/۰	۸۷
قم	۶۶/۷	۳	-	-	-	-	۰/۰	۲۵	۵۲/۰	۲۵	۲۷/۳	۱۱	۰/۰	۸
مرکزی	۹۲/۴	۴۵۸	۶۳/۰	۴۵۹	۱۴/۷	۴۶۳	۶۸/۰	۱۲۵	۲۸/۰	۱۲۵	۱۱/۲	۱۱۶	۳۲/۳	۹۹
گلستان	۲۳/۰	۲۷۳۰	۷۸/۶	۲۷۴۰	۲۹/۴	۲۷۴۷	۱۰/۲	۲۹۴	۵۱/۷	۲۹۴	۳۲/۳	۲۹۴	۰/۴	۲۷۲
گیلان	۱۳/۰	۱۱۶۲	۴۹/۷	۱۲۱۸	۷۵/۱	۱۲۱۹	۶/۷	۱۰۰۹	۳۲/۶	۱۰۰۹	۶/۶	۱۰۰۹	۶/۵	۱۰۰۹
مازندران	۸/۹	۱۹۰۴	۴۳/۱	۱۹۰۹	۴۱/۵	۱۹۱۳	۵/۰	۱۰۴۵	۳۴/۶	۱۰۴۷	۹/۲	۱۰۴۷	۱/۷	۱۰۴۷

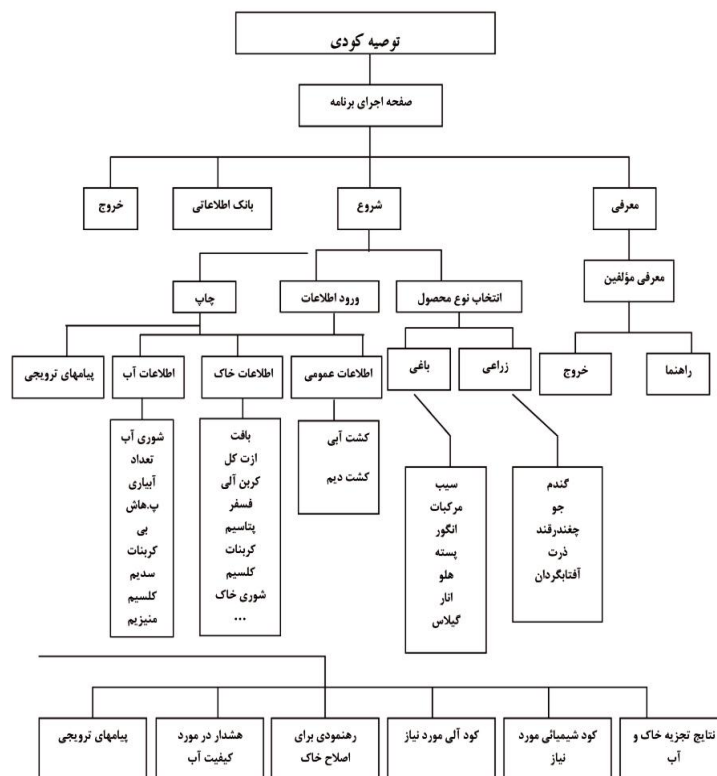
۲۳۴	۲۲/۲	۲۳۴	۳۰/۸	۲۵۸	۴۰/۷	۲۵۸	۷۳/۶	۲۸۵	۱۷/۵	۲۸۵	۷۴/۰	۲۷۸	۶۵/۸	آذربایجان - شرقی
۱۷۲۶	۱۶/۹	۱۷۲۵	۳۶/۳	۱۷۹۵	۷۰/۱	۱۷۹۴	۵۶/۸	۱۸۹۹	۱۰/۹	۱۸۹۰	۷۴/۸	۱۸۶۹	۴۵/۰	آذربایجان غربی
۸۵	۳/۵	۸۸	۲/۳	۹۷	۵۶/۷	۹۷	۹/۳	۷۵	۶/۷	۷۵	۹۳/۳	۷۵	۱۰/۷	اردبیل
۱۷	۲۹/۴	۱۵	۰/۰	۲۳	۶۰/۹	۲۴	۵۴/۲	۷۲۵	۵/۵	۷۲۵	۷۷/۷	۷۱۹	۸۹/۸	زنجان
۸۷	۶/۹	۸۷	۱/۱	۱۰۲	۴۴/۱	۱۰۲	۵۲/۹	۱۰۲	۸/۸	۱۰۲	۵۱/۰	۱۰۱	۶۵/۳	کردستان
۳۱	۲۲/۶	۱۹	۱۰/۵	۶۷	۴۱/۸	۶۸	۴۴/۱	۱۱۴۶	۳۱/۲	۱۱۵۰	۷۹/۹	۱۰۳۵	۴۵/۶	ایلام
۵۸۴	۱۳/۴	۵۸۴	۲۰/۹	۵۹۷	۶۲/۳	۵۹۷	۴۷/۹	۵۹۵	۱۲/۳	۵۹۷	۶۶/۵	۵۹۲	۳۶/۸	کرمانشاه
۴۹	۱۴/۳	۵۸	۳۴/۵	۶۰	۶۳/۳	۶۰	۵۶/۷	۳۳	۳/۰	۳۳	۶۳/۶	۳۳	۱۵/۲	لرستان
۱۳۲۰	۱۹/۵	۱۳۲۱	۱۷/۹	۱۳۲۱	۷۳/۲	۱۳۲۰	۶۴/۹	۱۳۲۰	۱۲/۰	۱۳۲۰	۶۴/۹	۱۳۲۱	۶۱/۸	همدان
۲۳۱	۲۳/۴	۲۲۹	۶۷/۲	۲۵۵	۵۴/۵	۲۵۵	۴۷/۱	۵۹۴۱	۴۶/۸	۵۹۳۹	۸۸/۰	۵۹۳۹	۸۳/۳	خوزستان
۱۱۴	۴/۴	۱۱۴	۴/۴	۱۳۱	۳۱/۳	۱۳۱	۱۶/۸	۴۹۹	۳۰/۷	۴۸۶	۷۸/۴	۴۸۱	۸۱/۹	اصفهان
۲۰	۰/۰	۲۲	۱۳/۶	۳۸	۴۴/۷	۳۸	۱۰۰/۰	۲۱۳	۵۰/۲	۱۹۲	۵۲/۱	۲۰۲	۹۳/۶	یزد
۲۰۱	۸/۰	۱۹۹	۵/۰	۲۱۸	۵۲/۳	۲۱۸	۲۵/۲	۴۲۰	۱۸/۸	۴۱۰	۵۶/۸	۴۱۸	۶۷/۹	فارس
-	-	-	-	-	-	-	-	۲۳۷	-	۲۱۳	۹۳/۹	۲۵۵	۹۶/۵	بوشهر
۳۴	۱۴/۷	۳۵	۱۱/۴	۶۵	۳۸/۵	۶۵	۴۳/۱	۱۴۱	۲۷/۰	۱۴۲	۶۲/۷	۱۳۸	۷۹/۰	کرمان
۱۱	۹۱/۰	۱۲	۸/۳	۱۶	۵۶/۳	۱۶	۰/۰	-	-	-	-	-	-	سیستان و بلوچستان
۲۴۰	۴۱/۷	۲۳۶	۱۴/۰	۲۶۴	۷۵/۸	۲۶۴	۷۳/۱	۳۵۹	۲۸/۷	۳۴۶	۷۴/۹	۲۳۳	۸۵/۵	خراسان
۷۶۱۰	۱۳/۳	۷۶۸۶	۲۰/۷	۸۱۱۷	۵۵/۱	۸۱۰۲	۴۵/۵	۲۰۸۷۴	۳۳/۶	۲۰۶۸۵	۷۰/۲	۲۰۳۸۹	۵۵/۷	کل



شکل ۴- مدل مدیریت مصرف فسفر برای تولید محصول در ایالت آرکانزاس آمریکا (لیکام و همکاران، ۲۰۰۳)

جدول ۴- روند تأسیس آزمایشگاههای خاک و آب در بخش‌های تحقیقات خاک و آب کشور (بازرگان و امامی، ۱۳۸۰)

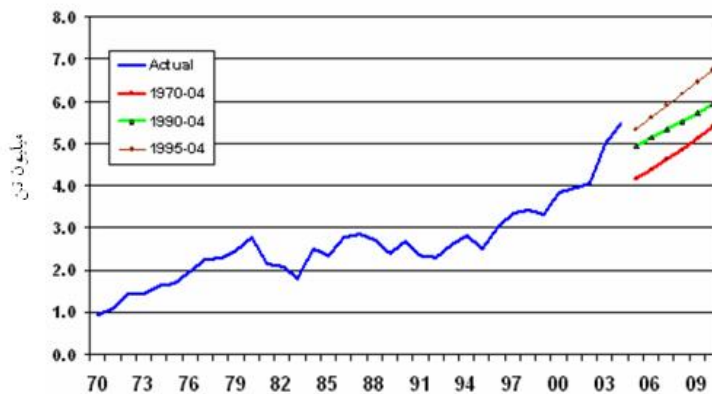
سال	استان	سال	استان
۱۳۳۵-۴۲	تهران، صفی آباد	۱۳۶۴	بوشهر، هرمزگان
۱۳۴۳	شیراز، مشهد، رشت	۱۳۶۵	کهگیلویه و بویر احمد
۱۳۳۴-۱۳۴۷	تبریز، ارومیه	۱۳۶۶	زابل
۱۳۴۸-۱۳۴۹	اصفهان	۱۳۶۷	جیرفت
۱۳۵۰-۱۳۵۳	کرمان، گرگان، کرمانشاه، کرج، اهواز	۱۳۷۰	باز سازی صفی آباد
۱۳۵۴	مازندران	۱۳۷۲	ایلام، کردستان، شهر کرد، شاهرود
۱۳۵۵	همدان	۱۳۷۳	اراک، زنجان
۱۳۵۶	کردستان	۱۳۷۵	قزوین، مغان
۱۳۵۹	یزد	۱۳۷۶	قم، ابرانشهر



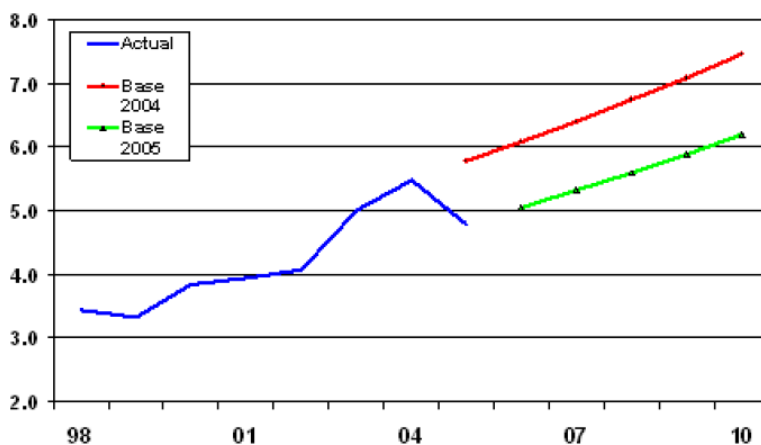
شکل ۵- فلوجارت برنامه توصیه کودی

جدول ۵- مدل‌های برآورد کود

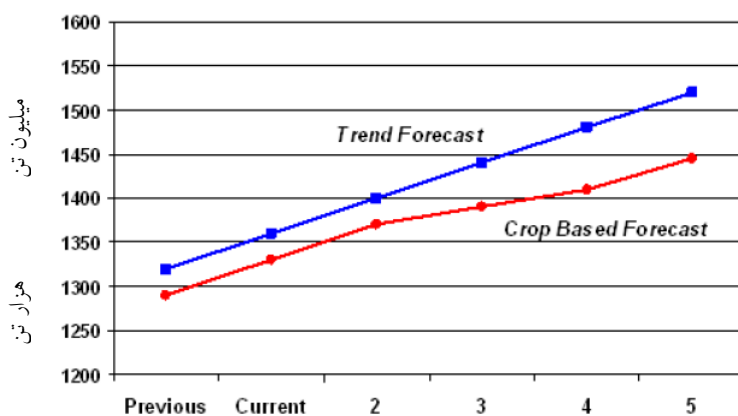
مدل	اصول	مزایا	معایب
آنالیز روند	پیش بینی نیاز کودی بر اساس پیشینه مصرف کود و روند خطی تغییرات مصرف کود می باشد.	سهولت بکارگیری آن بدلیل نیاز به اطلاعات ورودی کم	در نظر نگرفتن عوامل تأثیرگذار جانبی بر میزان مصرف کود - وابسته بودن پیش بینی ها به نقاط زمانی ابتدایی و انتهایی در نظر گرفته شده برای هر کود خاص
نرخ رشد	پیش بینی های آینده بر اساس پیشینه نرخ رشد کودها در زمانهای گذشته	سهولت بکارگیری آن بدلیل نیاز به اطلاعات ورودی کم	عدم بکارگیری سایر مؤلفه های تأثیرگذار در آینده کودی - بدلیل تصاعدی بودن رشد و وابستگی به نقطه زمانی پایانی اطلاعات ممکن است پیش بینی های آینده بسیار دور از واقع باشد
تولید-بازرگانی	مبتنی بر ظرفیت تولید بخش صنعت و میزان تولید و بازرگانی کودها	استفاده نسبتاً آسان از آن و همچنین واقعی بودن و در دسترس بودن اطلاعات مربوط به تولید، بازرگانی و تقاضای کودها	- اطلاعات خروجی از مدل تخمین بالقوه میزان فراهمی کودها را بیش از میزان مصرف کود در نظر می گیرد - نیاز به آمار ظرفیت های تولید، مصرف و بازرگانی انواع کود در بخش کشاورزی و غیر کشاورزی
اقتصاد سنجی	بر اساس متغیرهای مستقل دخیل در تعیین تقاضای کود	توانایی تخمین ریاضی عوامل تأثیرگذار بر تقاضا و یا تغییر در یک یا چند متغیر مستقل در تقاضای کود	- نیاز به بانک اطلاعاتی پیشینه ای گسترده - نیاز به دانش اقتصادی کاربر - نیاز به بروز شدن متوالی مدل
گیاه محور	پیش بینی های کودی از جزء به کل با در نظر گرفتن سطوح زیر کشت، سطوح نیازمند به مصرف کود و میزان مصرف کود برای هر گیاه خاص	دقت بیشتر مدل در دوره های طولانی مدت، پیش بینی نیاز کودی بر اساس هر گیاه و امکان شناخت دقیق هر گونه تغییر در تقاضای کودی توسط کاربر و محقق	- نیاز به دانش تخصصی در خصوص گیاهان و کودها - نیاز به مشارکت افراد با تجربه برای تهیه اطلاعات مورد نیاز مدل



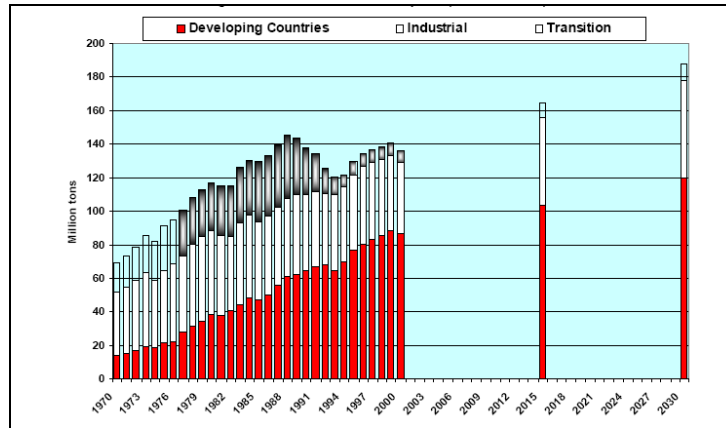
شکل ۶- میزان برآورد تقاضای کودهای فسفاتی در کشورهای آمریکای لاتین با استفاده از مدل آنالیز روند



شکل ۷- میزان برآورد تقاضای کودهای فسفاتی در کشورهای آمریکای لاتین با استفاده از مدل نرخ رشد



شکل ۸- میزان مصرف نیتروژن در یک کشور فرضی بر اساس مدل‌های آنالیز روند و گیاه محور

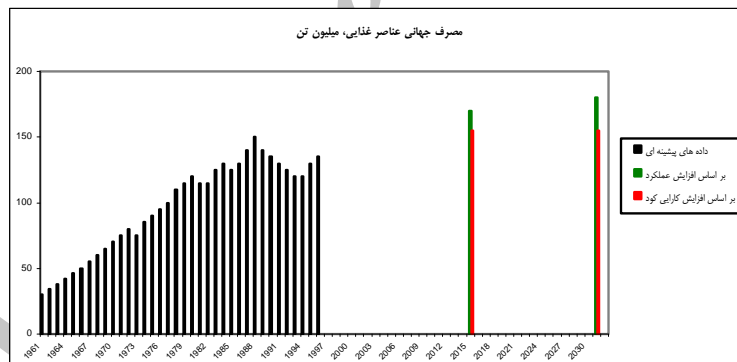


شکل ۱۱- میزان تقاضای جهانی عناصر غذایی

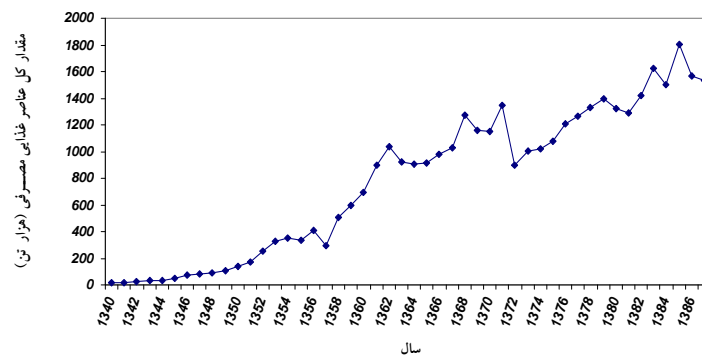
جدول ۷- مصرف کود و رشد سالانه، ۱۹۵۹-۶۰، ۱۹۸۹-۹۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۰

رشد سالانه (%)		مصرف کود (میلیون تن عنصر غذایی)			کشورها
۱۹۹۰-۲۰۲۰	۱۹۶۰-۹۰	۲۰۲۰	۱۹۸۹-۹۰	۱۹۵۹-۶۰	
۰/۲	۴	۸۶/۴	۸۱/۳	۲۴/۷	توسعه یافته
۲/۲	۱۰/۵	۱۲۱/۶	۶۲/۳	۲/۷	در حال توسعه
۱/۲	۵/۵	۲۰۸	۱۴۳/۶	۲۷/۴	جهان

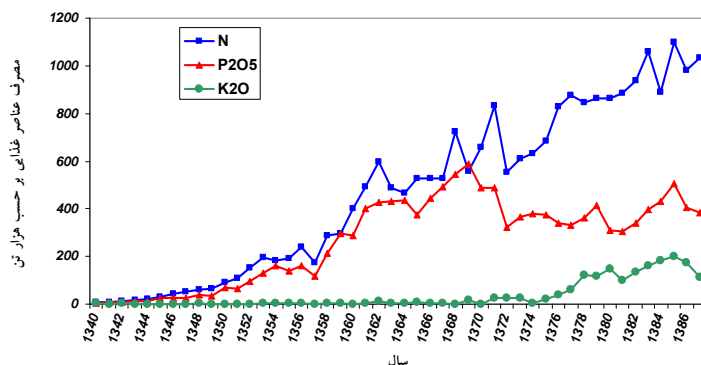
منبع: Bumb و Baanante, ۱۹۹۳.



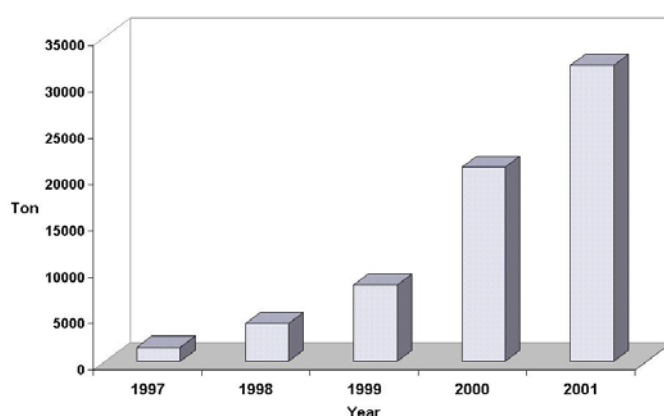
شکل ۱۲- روند مصرف کود در جهان و پیش‌بینی‌های آینده بر اساس افزایش عملکرد و افزایش کارایی کود



شکل ۱۳- روند مصرف کود در ایران از دهه ۱۳۴۰



شکل ۱۴- مصرف کود در ایران بر اساس عناصر کودی مختلف از دهه ۱۳۴۰



شکل ۱۵- مصرف عناصر ریزمغذی در ایران در طی سالیان گذشته

فهرست منابع:

۱. ابطحی، علی و همکاران. ۱۳۷۹. فرهنگ کشاورزی و منابع طبیعی (شامل تعریف و معادل فارسی واژه‌های علمی). جلد دهم خاکشناسی.
۲. اسماعیلی، محمد، احمد گلچین و محمد سعید درودی. ۱۳۷۹. تعیین حد متعادل عناصر غذایی در سیب به روش DRIS. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۲ (۸): ۲۶-۲۲.
۳. بازرگان، کامبیز و عاکفه امامی. ۱۳۸۰. بخش آزمایشگاه‌ها. در کتاب: موسسه تحقیقات خاک و آب گذشته، حال، آینده. بلالی و همکاران (نگارندگان). نشر آموزش کشاورزی.
۴. بای‌وردی، محمد. ۱۳۸۳. منابع آب ایران در کتاب: خاک‌های ایران - تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره‌برداری. بنائی و همکاران (نگارندگان). انتشارات سنا.
۵. بلالی، محمد رضا، محمدجعفر ملکوتی، حمید حسین مشایخی و زهرا خادمی. ۱۳۷۹. اثر عناصر ریزمغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آنها در خاک‌های تحت کشت گندم آب ایران. در کتاب: تغذیه متعادل گندم. محمدجعفر ملکوتی (گردآورنده). نشر آموزش کشاورزی.
۶. بلالی، محمدرضا. ۱۳۸۴. گزارش نهایی تأثیر عناصر کم مصرف و اثر متقابل آنها بر افزایش تولید گندم آبی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ایران.

۷. خادمی، زهرا. ۱۳۸۴. گزارش نهایی شناسایی و انتخاب هدفمند مکان‌های مطالعاتی در خاک‌های تحت کشت گندم. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ایران.
۸. خادمی، زهرا، محمد جعفر ملکوتی، پرویز مهاجر میلانی و محمدرضا بلالی. ۱۳۸۵. بهینه سازی توصیه کودهای شیمیائی برای گندم با استفاده از برنامه کامپیوتری. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۰(۲): ۱۹۱-۲۰۲.
۹. دانش نیا، عبدالعظیم و حمید رستگار. ۱۳۷۷. بررسی نقش پتاسیم در کاهش آب مصرفی و تأثیر متقابل آب و پتاسیم بر کمیت و کیفیت محصول پرتقال محلی با روش آبیاری قطره‌ای. مجله علوم خاک و آب. ۱۲ (۵). ص. ۶۲-۷۱.
۱۰. درودی، محمد سعید و محمدرضا بلالی. ۱۳۸۰. بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه. در کتاب: موسسه تحقیقات خاک و آب گذشته، حال، آینده. بلالی و همکاران (نگارندگان). نشر آموزش کشاورزی.
۱۱. دریا شناس، عبدالمحمد و حامد رضایی. ۱۳۸۹. تعیین نرم‌های استاندارد DRIS برای چغندر قند پاییزه در استان خوزستان. مجله چغندر قند. ۲۶ (۲): ۱۸۵-۲۰۴.
۱۲. دریا شناس، عبدالمحمد و کبری ثقفی. ۱۳۸۹. تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای چغندر قند. مجله پژوهش‌های خاک. در حال انتشار
۱۳. دریا شناس، عبدالمحمد و محمد جعفر ملکوتی. ۱۳۸۲. بررسی روش‌های افزایش کارایی کودهای ازتی در گندم آبی خوزستان. سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، تهران، ایران.
۱۴. دریا شناس، عبدالمحمد، سعید سلیم پور، زهرا خوگر، عفت الزمان منتظری، حامد رضایی و زهرا خادمی. ۱۳۸۹. گزارش نهایی پروژه بررسی اثرات فسفر تازه و باقیمانده در تناوب زراعی گندم-ذرت. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
۱۵. رمضان پور، محمد رضا و منوچهر دستفال. ۱۳۸۵. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی بررسی ارزیابی تأثیر مصرف کود پتاسیم بر مقاومت به خشکی گندم چمران و کیفیت دانه گندم. موسسه تحقیقات خاک و آب.
۱۶. سجادی، اشرف السادات. ۱۳۷۵. تعیین حد متعادل عناصر غذایی در چغندر قند با روش دریس. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۹۸۴
۱۷. شهبازی، کریم. ۱۳۸۷. گزارش نهایی تهیه بانک اطلاعات مکاندار حاصلخیزی خاک در کشور. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ایران.
۱۸. صمدی، عباس و عزیز مجیدی. ۱۳۸۹. تعیین اعداد مرجع روش تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS) و مقایسه آن با روش انحراف از درصد بهینه (DOP) در انگور سفید بیدانه. مجله پژوهش‌های خاک. در دست چاپ.
۱۹. طهرانی، محمد مهدی، محمد حسین داوودی، فرهاد مشیری و محمد پسندیده. ۱۳۸۵. گزارش تفصیلی تعیین کود مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
۲۰. طهرانی، محمد مهدی. ۱۳۸۹. گزارش نهایی تعیین پراکنش و توصیه عناصر غذایی در اراضی زیر کشت محصولات آبی شش استان کشور. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ایران.
۲۱. کشاورز، پیمان. ۱۳۸۰. اثر منابع و مقادیر ازت بر رشد و غلظت کلرورسدیم در گندم تحت شرایط شور. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۵(۲): ۲۳۲-۲۴۱.
۲۲. گودرزی، کرم اله. ۱۳۸۱. گزارش نهایی طرح تعیین حد متعادل عناصر غذایی در انگور به روش DRIS. موسسه تحقیقات خاک و آب.

۲۳. مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. ۱۳۸۱. گزارش هم‌اندیشی آب و کشاورزی. همایش چالش‌ها و چشم‌اندازهای توسعه ایران. مؤسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی، اسفند ماه ۱۳۸۱، تهران، ایران.
۲۴. مشیری، فرهاد، محمد معز اردلان، محمدمهدی طهرانی و غلامرضا ثواقبی. ۱۳۸۹. کارایی روی در ارقام متفاوت گندم در یک خاک آهکی دچار کمبود روی. نشریه علمی-پژوهشی آب و خاک، علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۲۴ (۱). ۱۴۵-۱۵۳.
۲۵. ملکوتی، محمد جعفر، پیمان کشاورز و نجفعلی کریمیان. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
۲۶. ملکوتی، محمدجعفر، پیمان کشاورز، سعید سعادت و بهمن خلدبرین. ۱۳۸۱. تغذیه گیاهان در شرایط شور. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور باغبانی.
۲۷. مهاجرمیانی، پرویز، سعید سعادت و رضا وکیل. ۱۳۷۸. تغذیه گندم در شرایط شور استان قم. مجله علوم خاک و آب (ویژه نامه گندم)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، جلد ۱۲(۶): ۱۸۷-۱۹۶.
۲۸. نورقلی پور، فریدون. ۱۳۸۹. گزارش سالیانه پروژه بررسی کارایی ارقام مختلف کلزا از لحاظ جذب فسفر. ۸۸۰۵-۱۰-۰۴-۱۰. مؤسسه تحقیقات خاک و آب
29. Alexandratos, N. 2003. World agriculture: towards 2015/30. Congress on global food security and the role of sustainable fertilization, 26-28 March, 2003, Rome, Italy.
30. Al-karaki, G. N. 2000. Growth, sodium and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. *J. Plant Nutr.*, 23: 369-379
31. Bar-Tal, A., S. Feigenbaum, and D. L. Sparks. 1991. Potassium-Salinity interactions in irrigated corn. *Irrig. Sci.*, 12: 27-35.
32. Bumb, B., and C. Baanante. 1996. The role of Fertilizer in Sustaining Food Security and Protecting the Enviroment to 2020. Discussing Paper No. 17, International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, D.C.
33. FAO. 2000. Fertilizer Requirements in 2015 and 2030. Rome, Italy.
34. FAO. 2010. FAOstat-agriculture. [online]. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
35. Goh, K. J., Teo, C. B., Chew, P. S., and Chiu, S. B. (1999) Fertilizer management in oil palm: Agronomic principles and field practices. In: Fertilizer management for oil palm plantations. 20-21.
36. Hamdallah, G. 2000. Soil fertility management: the need for new concepts in the region. A Paper presented at the Regional Workshop on Soil Fertility Management through Farmer Field Schools in the Near East, 2 - 5 October 2000, Amman, Jordan.
37. International Fertilizer Industry Association (IFA). 2007. Developing a crop-based, expert-based fertilizer demand forecast: Overview and Methodology. Paris, France
38. Khiari, L., L. E. Parent, and N. Tremblay. 2001. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. *Agron. J.* 93:809-814.
39. Khuzestan fertilizer program. 1962. Submitted by development and resources corporation New York and Khuzestan development service (KDS).
40. Leikam, D. F., R. E. Lamond, and D. B. Mengel. 2003. Providing flexibility in phosphorus and potassium fertilizer recommendations. *Better crops*, 87 (3): 6-10
41. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. London. Academic Press.
42. Miller, R. O. 2008. Current and future soil test. Colorado state university fort Collins, Co [online] <http://www.naicc.org/Meeting/2008/Soil%20Testing.pdf>

43. Moameni, A. 2000. Production capacity of land resources of Iran. Soil and Water Research Institute of Iran. Pub. No. 1110, Tehran, Iran
44. Nelson, L. A., and R. L. Anderson. 1977. Partitioning of soil test-crop response probability. p. 19–38. In M. Stelly (ed.) Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results. ASA
45. Romheld, V. 2008. Soil analysis: is that enough for an adequate fertilization recommendation? Workshop on fertility of the mindsTM, Canada.
46. Romheld, V., and E. A. Kirkby. 2007. The need for innovative and physiologically-based Zn fertilization strategies for crops. Proceedings of zinc crop Cong. Istanbul, Turkey.
47. Westerman, R. L. 1990. Soil testing and plant analysis. 3rd ed. Soil Science Society of America. USA.
48. World Bank. 2010. The world bank data. [online]. <http://data.worldbank.org/>
49. World Food Summit (WFS). 1996. November 13-17, Rome, Italian,. www.fao.org/wfs/homepage.htm

Archive of SID