

## راهبردهای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک در تولید گندم در ایران

پیمان کشاورز<sup>۱</sup>، فرهاد مشیری، محمد مهدی طهرانی و محمد رضا بلالی

دانشیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. P.Keshavarz@areo.ir

استادیار، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. fmoshiri@swri.ir

استادیار، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. mtehrani@swri.ir

استادیار، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. mbalali@swri.ir

دریافت: آبان ۱۳۹۴ و پذیرش: دی ۱۳۹۴

### چکیده

به رغم رشد تولیدات کشاورزی در سه دهه اخیر بخش بزرگی از خاک های کشاورزی کشور با فقر مواد آلی، تخلیه عناصر غذایی و فرسایش زیاد مواجه است. از آنجا که هر یک از این عوامل تاثیری مستقیم بر حاصلخیزی خاک دارند افزون بر مشکلات زیست محیطی، پایداری تولید تحت تاثیر قرار گرفته و بیم آن وجود دارد تا در ادامه به کاهش تولید محصول منجر گردد. در این شرایط مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک مجموعه روش های مدیریتی است که نگرشی فراسوی تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه داشته و هدف آن افزون بر به حداکثر رساندن کارایی زراعی عناصر غذایی، بهبود بهره وری محصول و تولید پایدار است. بررسی ها نشان می دهد در حال حاضر با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی کشور افزون بر مصرف بهینه عناصر غذایی تمرکز برنامه ملی حاصلخیزی خاک می بایست بر پایه مدیریت کربن آلی خاک ها و افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی استوار گردد تا ضمن حفظ پایداری منابع خاک، توان تولیدات کشاورزی با کاهش مواجه نگردد.

واژه های کلیدی: پایداری، گندم، کارایی زراعی، کربن آلی.

<sup>۱</sup> - آدرس نویسنده مسئول: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.

## مقدمه

کاستی‌هایی همراه است. در این رابطه می‌توان به پایداری تولید گندم از لحاظ زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی اشاره داشت که با توجه به اهمیت موضوع مدنظر قرار نگرفته است. از این رو به نظر می‌رسد ضمن ادامه بهبود روند کمی و کیفی تولید گندم در کشور، می‌بایست به پایداری تولید در ابعاد مختلف و اثرات زیست محیطی کاربرد نامتعادل کودهای شیمیایی، کاهش ماده آلی، شوری، فرسایش و کاهش کیفیت فیزیکی خاک (در اثر تردد ماشین آلات کشاورزی) که تأثیر بسیار زیادی بر حاصلخیزی خاک دارند، توجه نمود. از این رو با توجه به اهمیت کشت گندم در کشور و نقش حاصلخیزی خاک در تولید، ضرورت دارد تا شیوه‌های مدیریتی متداول تغییر یابد. بر این اساس مقاله حاضر به بررسی اصول مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک در کشور می‌پردازد.

## وضعیت حاصلخیزی خاک های کشور

بررسی و تحلیل وضع موجود حاصلخیزی خاک های کشور به عنوان یکی از مهمترین عوامل مؤثر در پایداری تولید، امنیت غذا، حفظ محیط زیست و سلامت جامعه به شمار می‌رود. بر این اساس، محدودیت عمده و ذاتی حاصلخیزی خاک های زراعی کشور به طور کلی عبارت از فقر مواد آلی، بالا بودن pH خاک، کمبود عناصر کم مصرف (به ویژه روی، آهن) و بالا بودن قابلیت هدایت الکتریکی خاک (شوری) است. افزون بر این فرسایش خاک نیز یک مشکل بزرگ بوده و اگرچه بیشتر عرصه های منابع طبیعی را شامل می‌شود ولی در بعضی موارد خاک های زراعی نیز از آن مصون نبوده اند.

نتایج بررسی انجام شده بر روی ۱۴۳۴ نمونه خاک از ۱۵ استان کشور در اراضی تحت کشت گندم نشان می‌دهد که میزان کربن آلی در ۱۱/۷ درصد از نمونه ها کمتر از ۰/۵ درصد، ۴۷/۴ درصد بین ۰/۵-۱/۰ درصد، ۳۱/۴ درصد بین ۱/۰-۱/۵ درصد، ۸/۴ درصد بین ۲/۰-

بسیاری از متخصصان کشاورزی جهان به ویژه آنانی که در مورد راهکارهای افزایش تولید غذا در جهان مطالعه می‌کنند، نظریه نورمن بورلاگ (دریافت کننده جایزه نوبل به سبب کار بر روی ارقام گندم و برنج و افزایش چشمگیر تولید غلات در اواسط دهه ۱۹۶۰) را تایید نموده اند که عنوان نمود "بدون شک، مهمترین و تنها دلیل محدودیت تولید محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه به ویژه در بین زارعان کم درآمد، حاصلخیز نبودن خاکها است". (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۶). از این رو حاصلخیزی خاک یک ضرورت مهم برای تولید سودآور محصولات کشاورزی است. بدیهی است که حاصلخیزی خاک در درجه اول به ماهیت ذاتی خاک بستگی داشته و سپس به عملیاتی مربوط می‌شود که به منظور اصلاح و بهبود آن انجام می‌گیرد. در نگاهی کلان مشخص شد سه دوره مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه مهم آلی، معدنی و تلفیقی در سطح جهانی متناظر با سه پارادایم کشاورزی سنتی، صنعتی و پایدار بروز و ظهور یافته است. در ایران نیز تا قبل از اصلاحات ارضی دهه ۴۰ حاصلخیزی خاک عمدتاً بر مصرف مواد آلی و از آن پس مصرف کودهای شیمیائی رواج یافت. از دهه ۷۰ شمسی بهینه کودهای شیمیایی همراه با کودهای آلی مورد توجه قرار گرفت که هنوز در ابتدای راه خود می‌باشد (بلالی و همکاران، ۱۳۹۴).

از طرف دیگر گندم یکی از محصولات زراعی استراتژیک کشور بوده و تاکنون برنامه های متعددی برای نیل به خودکفایی تولید این محصول به اجرا در آمده است. در برنامه اخیر وزارت جهادکشاورزی که در سال ۱۳۹۳ و برای مدت پنج سال و با افق ۱۲ ساله تا پایان برنامه چشم انداز ۲۰ ساله توسعه ایران (سال ۱۴۰۴) ارائه شده، خوداتکایی گندم، بر پایه افزایش تولید در واحد سطح و کیفیت محصول همراه با کاهش تقاضای مصرف آب تاکید شده است. از آنجا که این برنامه بر اساس وضعیت موجود و تنها ناظر بر اهداف زراعی می‌باشد با

کاملی به آهکی بودن خاک، pH بالا و کمبود مواد آلی دارد مؤید آن است، که بیش از ۵۰ درصد از خاک های کشاورزی کشور مبتلا به کمبود دو عنصر روی و آهن می باشند (جدول ۱). افزون بر این حدود ۳۹ درصد از اراضی کشاورزی در استان های آذربایجان شرقی، زنجان، قزوین و فارس نیز کمبود بور (کمتر ۰/۷۵ میلی گرم در کیلوگرم) را نشان می دهند.

**جدول ۱- فراوانی کمبود عناصر غذایی قابل جذب در خاکهای کشاورزی ایران**

عناصر غذایی	فراوانی کمبود (%)	حد بحرانی (میلی گرم در کیلوگرم)
فسفر	۷۰/۲	۱۵
پتاسیم	۳۳/۶	۲۰۰
آهن	۴۵/۵	۵
روی	۶۹	۱
منگنز	۲۳	۴
مس	۱۹	۰/۷۵

بر اساس آخرین اطلاعات بدست آمده از وضعیت شوری خاک در مقیاس سرزمین- نقشه یک میلیونیم منابع و استعداد های خاک های ایران (بنائی، ۱۳۸۰)- مساحت اراضی دارای خاک های با درجات مختلف شوری بالغ بر ۵۵/۶ میلیون هکتار یعنی ۳۴ درصد مساحت کل ایران را شامل می شوند که بیشتر در فلات مرکزی، دشتهای ساحلی جنوب و دشت خوزستان قرار دارند (مؤمنی، ۱۳۸۹). در حال حاضر سطح کل اراضی فاریاب ایران حدود ۷/۳ میلیون هکتار و سطح کل اراضی زراعی مبتلا به درجات مختلف شوری خاک یا آب یا هر دو، ۳/۵ میلیون هکتار (۴۸ درصد) برآورد شده است (بنائی و همکاران، ۱۳۸۸).

از مجموع ۱۵/۸ میلیون هکتار اراضی کشاورزی (فاریاب و دیم) در کشور ۶/۸ میلیون هکتار (۴۳ درصد) را خاک های شور تشکیل می دهند (مؤمنی، ۱۳۸۹). از این مقدار حدود ۴/۳ میلیون هکتار (۲۷/۲ درصد) جزو آن دسته از اراضی هستند که به غیر از شوری محدودیت دیگری ندارند. از اراضی کشاورزی که فقط دارای محدودیت شوری است حدود ۱/۱ میلیون هکتار (۲۷/۵ درصد) شوری ۴ تا ۱۶ دسی زیمنس بر متر دارند که

۱/۵ درصد و ۱/۱ درصد بیش از دو درصد می باشد (خادمی و همکاران، ۱۳۸۴). افزون بر این بررسی های انجام شده در بیش از ۲۰۰۰۰ نمونه خاک اراضی کشاورزی ایران نشان می دهد که مقدار کربن آلی ۲۱/۵ درصد خاک های کشور کمتر از ۰/۵ درصد، ۳۹/۱ درصد بین ۰/۵ تا ۱ درصد، ۲۵/۳ درصد خاک ها بین ۱ تا ۱/۵ درصد و ۱۴/۲ درصد بیش از ۱/۵ درصد می باشد (بلالی و همکاران، ۱۳۹۳). بر اساس این اطلاعات میزان کربن آلی در ۶۰ درصد خاکهای کشاورزی و همچنین اراضی زیر کشت گندم کمتر از یک درصد است. این در حالی است که در بعضی از استانها نظیر سمنان، قزوین، مرکزی، زنجان، خوزستان، اصفهان، یزد، بوشهر، خراسان رضوی و جنوبی این مقدار به بیش از ۸۰ درصد می رسد. بدیهی است پیامد خاکهایی با کربن آلی کمتر از یک درصد به دلیل افت کیفی و کاهش شدید حاصلخیزی خاک های کشور هشدار دهنده خواهد بود.

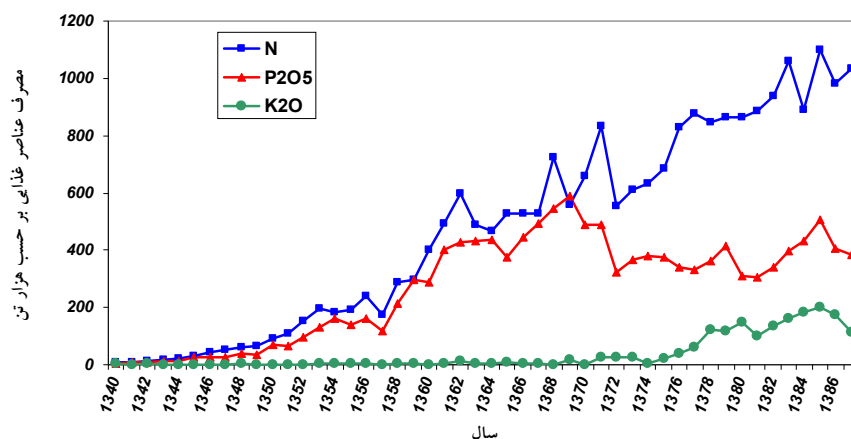
از طرف دیگر ماهیت مواد مادری خاک ها و بارندگی اندک در ایران سبب گردیده است تا کربنات کلسیم به صورت ترکیب غالب خاک های مناطق خشک و نیمه خشک درآید. ایران در زمره کشورهایی است که به جز ناحیه محدودی از اراضی شمال کشور در حاشیه دریای خزر، دارای خاک های به شدت آهکی است. این در حالی است که واکنش خاک در اغلب خاک های زراعی بالاتر از هشت است. این در شرایطی است که واکنش خاک نزدیک به خنثی (حدود ۶/۵ تا ۷) مناسب ترین شرایط برای جذب عناصر فسفر، گوگرد، پتاسیم و بیشتر عناصر کم مصرف توسط گیاهان است. خادمی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند که ۷۰ درصد خاک های زیر کشت گندم کشور دچار کمبود فسفر (فسفر قابل استفاده کمتر از ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم)، ۳۷ درصد دچار کمبود پتاسیم (پتاسیم قابل استفاده کمتر از ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم) و ۳۷ درصد دچار کمبود گوگرد (گوگرد قابل استفاده کمتر از ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم) می باشند. وضعیت عناصر کم مصرف خاک که نتایج آن وابستگی

حاصلخیزی خاک توصیه بهینه کود در راستای تولید پایدار در محصولات کشاورزی می‌باشد. اطلاعات بدست آمده نشان می‌دهد که طی سال‌های گذشته در یک روند کلی مصرف کودهای شیمیایی در کشور افزایش یافته است، به طوری که مقدار مصرف کود از دهه ۱۳۴۰ با مقدار ۱۴/۶ هزار تن عنصر غذایی به ۱۱۱۰ هزار تن عنصر غذایی در سال ۱۳۹۱ رسیده به عبارت دیگر مقدار آن ۷۶ برابر شده است (غیبی و همکاران، ۱۳۹۳). بیشتر کودهای مصرفی در ابتدا کودهای نیتروژنی و فسفوری بوده و در سال‌های اخیر میزان مصرف کودهای پتاسیمی نیز اندکی افزایش یافته است (شکل ۱).

عملکرد اغلب محصولات کشاورزی را محدود می‌کند و بیش از ۲/۴ میلیون هکتار (۵۷ درصد) شوری ۱۶ تا ۳۲ دسی زیمنس بر متر دارند که در این شرایط کشت اکثر محصولات کشاورزی دارای محدودیت زیاد است. همچنین بیش از ۶۶۰ هزار هکتار (۱۵/۵ درصد) دارای شوری بیش از ۳۲ دسی زیمنس بر متر می‌باشند.

### میزان مصرف کودهای شیمیایی

نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی همزمان با رشد جمعیت و همچنین برنامه‌های توسعه‌ای کشور در سال‌های اخیر، مصرف بیشتر کودهای شیمیایی را به دنبال داشته است. در حال حاضر مهمترین هدف در



شکل ۱- روند مصرف کود در ایران بر حسب مقدار عناصر غذایی در دوره پنجاه ساله

دلیل عدم تعادل بین ورود و خروج عناصر غذایی از خاک دست نیافتنی خواهد نمود. افزون بر این بررسی‌ها نشان می‌دهد مقدار مصرف کود در واحد سطح (بر حسب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به طور متوسط در جهان ۱۳۴ و در ایران تنها ۸۳ کیلوگرم در هکتار است. میزان مصرف کود در ایران از بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نیز کمتر می‌باشد (جدول ۳). به طور متوسط ۴۵ تا ۵۰ درصد از کود مصرفی در کشور به کشت گندم اختصاص می‌یابد (این میزان بر اساس میانگین برآورد کود برای کشت گندم در سالهای ۱۳۹۳-

با وجود این مقدار مصرف عناصر غذایی با میزان برآورد آنها و همچنین میانگین جهانی فاصله زیادی دارد (جدول ۲ و ۳). این فاصله در سال‌های اخیر به ویژه در مورد عناصر غذایی فسفر و پتاسیم افزایش نیز یافته است. بخشی از این اختلاف ناشی از تفاوت در تولید واقعی محصولات کشاورزی از میزان برآورد آنها در این سالها ناشی می‌شود. با این حال ادامه این روند نه تنها نگهداشت حاصلخیزی خاک را در سطح فعلی به مخاطره خواهد انداخت بلکه رسیدن به اهداف افزایش حاصلخیزی خاک و تولید محصولات کشاورزی را به

۱۳۸۹ که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب انجام شده به دست آمده است).

جدول ۲- برآورد و مصرف کودهای نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی (میلیون تن) در ۱۵ سال اخیر در ایران

سال	کودهای نیتروژنی		کودهای فسفری		کودهای پتاسیمی		کل کود
	برآورد	مصرف	برآورد	مصرف	برآورد	مصرف	
۱۳۷۸	۲/۷	۱/۸	۱/۲	-/۷۸	-/۶	-/۲۴	۲/۸
۱۳۸۴	۲/۶	۲/۰	۱/۳	۱/۰	-/۵	-/۳	۳/۳
۱۳۸۵	۲/۸	۲/۵	۱/۲	۱/۲	۱/۰	-/۳۷	۴/۱
۱۳۸۹	۲/۹	۱/۷	-/۷	-/۷۸	-/۴	-/۰۸	۲/۶
۱۳۹۰	۳/۰	۱/۱	-/۶۸	-/۳۱	-/۳۸	-/۰۶	۱/۵
۱۳۹۱	۳/۱	۱/۶	-/۷۲	-/۳۴	-/۴	-/۰۷	۲/۰
۱۳۹۲	۳/۳	۱/۴	-/۷۴	-/۴۹	-/۴۲	-/۰۳	۱/۹
۱۳۹۳	۳/۵	-	-/۷۸	-	-/۴۴	-	-

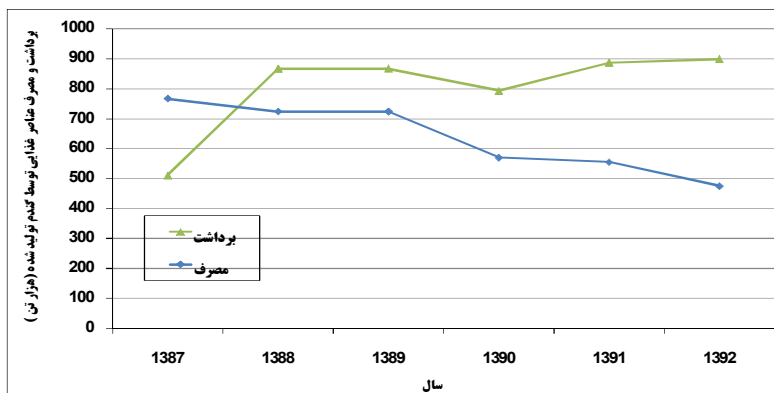
جدول ۳- میزان مصرف عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کشورهای مختلف جهان (IFA, 2014)

کشور	مصرف عناصر غذایی (کیلوگرم در هکتار)			سطح زیر کشت (میلیون هکتار)
	نیتروژن (N)	فسفر (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	پتاسیم (K <sub>2</sub> O)	
استرالیا	۴۳	۳۲	۸	۲۵/۵
بلژیک	۳۲۶	۳۹	۹۲	۰/۶
چین	۲۰۰	۶۷	۳۰	۱۴۷/۷
مصر	۲۰۳	۳۰	۱۱	۵/۵
فرانسه	۱۵۵	۳۶	۳۷	۱۳/۸
آلمان	۱۸۵	۳۲	۴۷	۸/۹
هند	۸۸	۳۵	۱۱	۱۹۱/۶
ایران	۶۶	۱۲	۵	۱۳/۷
ایتالیا	۸۶	۲۴	۲۰	۶/۹
ژاپن	۱۲۴	۱۱۸	۱۰۸	۳/۰
پاکستان	۱۳۸	۳۶	۱	۲۰/۶
کره جنوبی	۱۶۷	۵۶	۷۱	۱/۶
آفریقای جنوبی	۷۲	۳۲	۲۱	۵/۹
اسپانیا	۸۰	۳۱	۲۸	۱۲/۰
ترکیه	۸۱	۳۰	۶	۱۷/۸
انگلستان	۲۲۰	۴۳	۵۹	۴/۵
آمریکا	۱۱۵	۳۹	۴۲	۱۰۲/۷
جهان	۸۲	۳۱	۲۱	۱۳۳۵/۹

(K<sub>2</sub>O) می‌گردد (مشیری و همکاران، ۱۳۹۳). مقایسه میزان عناصر غذایی برداشت شده (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) از خاک توسط گندم تولیدی در کشور با میزان عناصر غذایی مصرف شده در زراعت گندم نشان می‌دهد که در اراضی تحت کشت گندم روند کاهشی حاصلخیزی خاک وجود

باید در نظر داشت که تولید هر تن دانه گندم باعث برداشت ۲۰/۴ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۹/۴ کیلوگرم فسفر (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) و ۵/۹ کیلوگرم پتاسیم (K<sub>2</sub>O) و تولید هر تن کلتش گندم سبب برداشت ۷/۲ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۱/۸ کیلوگرم فسفر (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) و ۱۸/۲ کیلوگرم پتاسیم

دارد (شکل ۲). این اختلاف در میزان ورودی و خروجی عناصر غذایی در سال‌های اخیر افزایش یافته است.



(در محاسبات، شاخص برداشت گندم ۴۰ درصد و میزان برداشت کاه از مزرعه گندم ۷۰ درصد کاه تولیدی در نظر گرفته شده است)

شکل ۲- روند برداشت و مصرف عناصر غذایی در گندم تولیدی طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲.

### اصول مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک

مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک به مجموعه ای از روش‌های مدیریت حاصلخیزی خاک اطلاق می‌گردد که در آن مصرف توأم کودهای شیمیایی و آلی و انتخاب ارقام گیاهی اصلاح شده آگاهانه و سازگار با شرایط محلی بوده و هدف از آن به حداکثر رساندن کارایی زراعی<sup>۲</sup> عناصر غذایی و بهبود بهره‌وری محصول باشد. این تعریف شامل مفاهیمی است که در شکل ۳ آمده و در ادامه توضیح داده خواهد شد (وانلاو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

### تأکید بر کارایی مصرف زراعی

کارایی زراعی، تولید اضافی (کیلوگرم) به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرفی تعریف شده است. بدیهی است که منابع کودهای شیمیایی و آلی در مناطق کشاورزی با کشت متراکم بسیار محدود بوده و به همین دلیل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک در مورد به حداکثر رساندن کارایی زراعی تأکید دارد. وضعیت کارایی مصرف نیتروژن و فسفر در مقیاس بزرگ در استان خراسان رضوی نشان می‌دهد میانگین کارایی بازیافت ظاهری نیتروژن در ۲۰ مزرعه گندم ۲۱.۹٪ می‌باشد. این

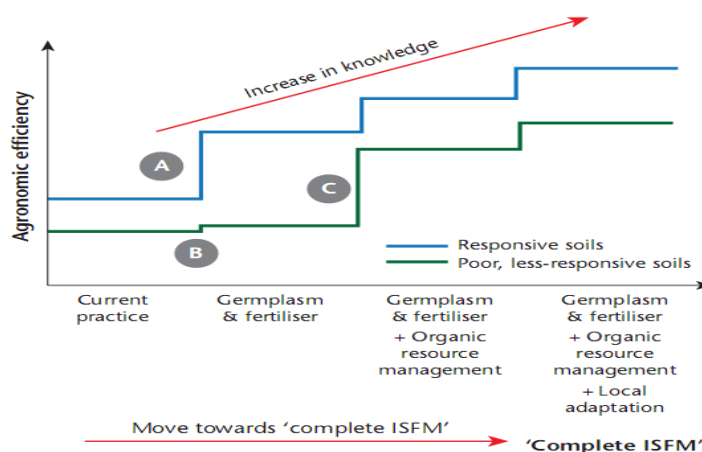
از اواسط دهه ۱۳۷۰ میزان مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف نیز اگرچه افزایش را نشان می‌دهد اما باز نیاز واقعی فاصله بسیار دارد. این بدان علت است که افزون بر فقر ذاتی عناصر کم مصرف در خاک‌های کشور (جدول ۱)، چنانچه برداشت عناصر غذایی از خاک بیشتر از میزان ورودی این عناصر به خاک (کود) باشد، تعادل منفی عناصر غذایی ایجاد شده و حاصلخیزی خاک سیر قهقرایی طی خواهد نمود. این کمبودها نه تنها رشد و عملکرد را محدود می‌کند، بلکه از کارایی جذب عناصر اصلی که توسط کود به خاک افزوده شده می‌کاهد. میزان برداشت عناصر کم مصرف آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn)، مس (Cu) و بور (B) به ترتیب برابر با ۱۰۰، ۵۰، ۳۰، ۱۵ و ۲۰ گرم برای تولید هر تن گندم است (مشیری و همکاران، ۱۳۹۳). آنچه مسلم است در بسیاری موارد در کشور مصرف کودها بر پایه اصول کشاورزی پایدار استوار نمی‌باشد. اگرچه در سال‌های اخیر تلاش‌های بسیاری در رابطه با افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم در کشور انجام شده است اما به پایداری تولید، حفظ محیط زیست و جلوگیری از تخریب خاکها کمتر توجه شده است. بر این اساس در حال حاضر مصرف انواع کودهای شیمیایی در ایران به صورت نامتعادل بوده و تناسبی با نیاز واقعی گیاه ندارد.

2 -Agronomic efficiency

3- Vanlauwe

محیط زیست، صنعت و بهداشت بوجود می آورد. برآوردهای انجام شده در ایران همچنین نشان می دهد (جدول ۴) که متوسط بهره وری ناخالص نیتروژن در گندم طی ۱۰ سال (۸۷-۱۳۷۹)، ۳۸ کیلوگرم در کیلوگرم می باشد (کشاورز، ۱۳۹۲).

در حالی است که کارایی بازیافت ظاهری فسفر در این مزارع ۴/۶٪ گزارش شده است (کشاورز، ۱۳۹۴). بازیافت پایین عناصر غذایی به دلیل تلفات ناشی از تصعید، آشنویی، تثبیت، رواناب سطحی، دنتریفیکاسیون و علف های هرز افزون بر بالا بردن هزینه تولید محصولات زراعی نگرانی هایی را در بخش کشاورزی،



شکل ۳- اجزای کلیدی اصول مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد غلات، میزان نیتروژن مصرفی و بهره وری ناخالص نیتروژن در ایران و برخی مناطق جهان (کشاورز، ۱۳۹۲)

کشور / منطقه	عملکرد (تن در هکتار)	نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	بهروری ناخالص نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)
ایران	۲/۲	۵۸	۳۸
امریکای شمالی	۵/۱	۱۱۲	۴۵
اروپای غربی	۵/۵	۱۱۳	۵۹
امریکای لاتین	۲/۹	۵۵	۵۵
جهان	۳/۱	۷۰	۴۴

### کود و ارقام گیاهی اصلاح شده

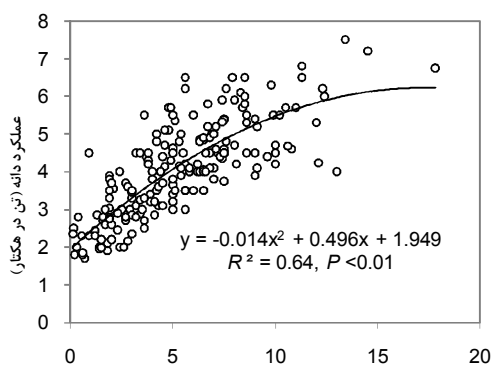
به طور کلی دو گروه خاک از نظر پاسخ به مدیریت وجود دارد، الف) گروهی از خاک ها که به مصرف کود پاسخ قابل قبولی نشان می دهند (شکل ۳، مرحله A)، ب) گروه دیگر خاک هایی هستند که به دلیل سایر محدودیت ها (به غیر از عناصر غذایی) یا پاسخی به مصرف کود نشان نمی دهند و یا پاسخ آنها به مصرف کود اندک است (شکل ۳، مرحله B). بر اساس تعریف، مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک تنها در خاک هایی

اهمیت دارد که به مصرف کود پاسخ مناسب می دهند در این شرایط با استفاده از ارقام اصلاح شده و مصرف بهینه کود می توان عملکرد محصول و کارایی زراعی را نسبت به شرایط فعلی کشاورز افزایش داد. بعضی از نیازهای اصلی برای دستیابی به منافع مدیریت حاصلخیزی خاک تلفیقی شامل موارد (۱) استفاده از ارقام اصلاح شده مقاوم به تنش های زنده و غیر زنده، (۲) مصرف کود مطابق با قانون چهار میم (مقدار مناسب، نوع مناسب، زمان مناسب و شیوه مناسب)، به عبارت دیگر مصرف کود مطلوب

دیاز زوریتا<sup>۶</sup> و همکاران، ۱۹۹۹) و ۳۸ کیلوگرم در هکتار (کانچی کریمات و سینگ<sup>۷</sup>، ۲۰۰۱) افزایش می یابد. بررسی های مشابه در ایران (استان خراسان رضوی)، نشان می دهد به طور میانگین به ازای افزایش هر تن کربن آلی خاک در هکتار منجر به افزایش حدود ۹۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه گندم شده است (شکل ۴). بر این اساس یکی از عوامل مهم محدود کننده تولید گندم در مناطق خشک و نیمه خشک کشور فقر کربن آلی است. بررسی ها نشان می دهد که این عامل حتی از شوری و سبک بودن خاک نیز مهم تر است.

#### سازگاری با شرایط مزرعه

بدیهی است بسته به نوع محصول، عملکرد هدف و شرایط محیطی، مدیریت حاصلخیزی خاک در یک مزرعه نسبت به مزرعه دیگر بسیار متفاوت باشد. در نتیجه افزون بر مصرف کود (شیمیایی و آلی) اقدامات دیگری برای سازگاری با شرایط محلی نظیر مدیریت مصرف آب، کنترل فرسایش خاک در شیب ها و یا مصرف گوگرد در خاک های آهکی و استفاده از کودهای زیستی ضرورت خواهد داشت.



کربن آلی خاک (گرم در کیلوگرم)

شکل ۴- رابطه بین کربن آلی خاک و عملکرد دانه گندم در ۲۰۲ مزرعه در استان خراسان رضوی (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲)

ترین بازده را از لحاظ اقتصادی و کارایی زمان، هنگامی به همراه دارد که تمامی عناصر غذایی ضروری گیاه به مقدار مناسب، از نوع مناسب، در زمان مناسب و به شیوه مناسب در دسترس گیاه قرار گیرد، و در نهایت ۳) شیوه های مناسب مدیریتی آب در مزرعه می باشد. در مقابل، خاک هایی که به مصرف کود کمتر پاسخ می دهند در درجه اول، ضرورت دارد تا ابتدا با سرمایه گذاری مناسب سایر محدودیت ها رفع گردد. با وجود این تجربیات فراوانی وجود دارد که حتی با افزایش مواد آلی خاک نیز می توان در این شرایط تا حدود زیادی این محدودیت ها را رفع و مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک را اجرا نمود (شکل ۳، مرحله C).

#### توجه به مصرف کودهای آلی

ترکیب کودهای آلی و معدنی به عنوان یک اصل در مدیریت مطلوب حاصلخیزی خاک مطرح بوده و هر دو منبع در دراز مدت برای حفظ حاصلخیزی خاک و تولید پایدار محصول ضرورت دارند. افزایش کربن آلی خاک با بهبود شرایط شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک منجر به افزایش ظرفیت تولید از خاک می گردد. این در حالی است که هنوز حرکت جدی در رابطه با بهبود وضعیت مواد آلی در خاکهای کشاورزی کشور و روش های حفظ آن در سطح مناسب صورت نگرفته است. بعضی برآوردها نشان می دهد در کشورهای در حال توسعه، افزایش یک تن کربن آلی در هر هکتار خاک در سال منجر به افزایش تولید غلات و بقولات به میزان ۳۲ میلیون تن در سال و گیاهان ریشه ای و غده ای به میزان نه میلیون تن در سال خواهد شد (لال<sup>۴</sup>، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰). سایر پژوهش ها نیز نشان می دهند که به ازای افزایش هر تن کربن آلی خاک در هکتار عملکرد دانه گندم بین ۲۰ تا ۷۰ کیلوگرم در هکتار (لال، ۲۰۰۶)، ۱۹ تا ۳۹ کیلوگرم در هکتار (لارنی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۰)، ۶۴ کیلوگرم در هکتار



### راهبردهای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک

حال سوالی که مطرح می شود این است که چگونه می توان مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک را بکار گرفت؟ بر اساس آنچه گفته شد تغییر تنها یکی از اجزای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک کافی نبوده و تغییرات همه جانبه نیاز است تا به صورت همزمان بکار گرفته شود. این موارد به طور کلی شامل:

### مدیریت کربن آلی خاک

هرچند رسیدن به سطح پتانسیل کربن آلی خاک به دلیل عوامل تأثیرگذار و غیرقابل کنترل نظیر عوامل اقلیمی میسر نیست، اما با تغییر و اصلاح عوامل کاهنده کربن آلی خاک می توان به سطح قابل دسترس کربن آلی

خاک دست یافت. میزان کربن آلی خاک به شدت تحت تأثیر فعالیت و مدیریت های کشاورزی قرار می گیرد. عوامل کاهنده کربن آلی خاک را می توان به دو دسته کلی (۱) افزایش دهنده سرعت تجزیه و اکسیداسیون کربن آلی خاک و (۲) کاهش دهنده ورودی مواد آلی به خاک تقسیم نمود (جدول ۵). ماده آلی خاک به علت داشتن طبیعت پویا، سریع تر و شدیدتر از سایر ویژگی های خاک تحت تأثیر قرار می گیرد. سوزاندن بقایای گیاهی پس از برداشت محصول از نامناسب ترین شیوه های کنترل بقایای به جا مانده از محصول قبلی است. این عمل افزون بر تجزیه و اتلاف مواد آلی خاک موجب می گردد تا ریزجانداران در لایه سطحی خاک از بین بروند.

جدول ۵- عوامل مؤثر در کاهش کربن آلی در خاک

کاهش دهنده ورودی کربن آلی	افزایش دهنده تجزیه کربن آلی
چرای شدید دام	سوزاندن بقایای گیاهی
جمع آوری بقایای گیاهی پس از برداشت	مدیریت نامناسب خاک و شخم
انتخاب نامناسب گیاه و یا گونه گیاهی	
فرسایش خاک های زراعی	
عدم کارایی آب و عناصر غذایی	

کنند. این روش ها شامل استفاده از انواع کمپوست ها و کودهای دامی، گیاهان پوششی و کودهای سبز، تناوب زراعی، بهره گیری سطح بیشتری از مزرعه به عنوان درختکاری می باشند. آنچه اهمیت دارد این است که در خاک ها و شرایط اقلیمی متفاوت شیوه های مختلفی نیاز است. با وجود این، این نوع فعالیت ها از اصول یکسانی پیروی می کنند و آن افزایش تولید زیست توده<sup>۸</sup> به منظور ایجاد مواد آلی فعال در خاک است. با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی کشور به نظر می رسد در مرحله نخست می بایست عملیاتی که موجب اتلاف کربن آلی موجود در خاک می گردند کنترل شده و پس از آن نسبت به افزایش مواد آلی خاک پرداخت. بر این اساس جلوگیری از

اگرچه اطلاعات درستی از میزان و سطوح این شیوه نادرست مدیریت بقایای گیاهی در کشور وجود ندارد ولی به هر صورت از عوامل تأثیرگذار در کاهش مواد آلی خاک ها بشمار می رود. شیوه ناصحیح شخم نیز یکی از اصلی ترین عملیاتی است که در کاهش مواد آلی خاک ها نقش بسزایی دارد. هر بار که خاک شخم زده می شود با افزایش تهویه و قرار گرفتن اکسیژن در اختیار ریزجانداران، سرعت تجزیه میکروبی برای تغذیه مواد آلی خاک افزایش می یابد. عملیات خاص برای کاهش هدررفت کربن شامل مهار بهتر فرسایش خاک و استفاده از خاک ورزی حفاظتی است. از طرفی همه روش هایی که موجب افزایش ماده آلی خاک می شوند در واقع به ایجاد یک تعادل جدید در زیست بوم های کشاورزی کمک می -

سوزاندن بقایای گیاهی و اصلاح روش‌های شخم در سامانه‌های کشاورزی در اولویت می‌باشند. این موضوع از آنجا اهمیت دارد که بر اساس وضعیت کربن آلی خاک در کشور و مطالعات انجام شده در صورتی که سطح زیر کشت گندم آبی ۲/۵۴ میلیون هکتار و میانگین عملکرد دانه ۳/۵۷ تن در هکتار باشد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۰) به طور متوسط به ازای یک گرم در کیلوگرم (۰/۱ درصد یا ۳ تن در هکتار) افزایش کربن آلی خاک در حدود ۷۱۵ هزار تن به تولید گندم افزوده خواهد شد که معادل ۷/۸ درصد کل تولید گندم آبی کشور خواهد بود (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۲). بر اساس گزارش لال (۲۰۱۰) سهم کربن آلی خاک در تولید محصول در خاک‌هایی با ۱) بافت سبک‌تر (شنی)، ۲) سطح اولیه کربن آلی کمتر، ۳) مصرف کمتر کودهای شیمیایی، ۴) کشت دیم و ۵) به طور کلی کیفیت پایین‌تر، بیشتر است. از این رو به نظر می‌رسد افزایش کربن آلی در خاک‌های کشور به ویژه خاک‌های با بافت سبک و شور کلید افزایش عملکرد پایدار گندم است که بایستی در اولویت برنامه‌های کشاورزی قرار گیرد. افزون بر این با توجه به حاکمیت شرایط خشکسالی در کشور و کمبود آب، بهبود وضعیت مواد آلی خاک‌ها در بهبود وضعیت منابع آب کشور نیز بسیار مؤثر است.

### بهبود کارایی زراعی عناصر غذایی

مطالعات بسیاری نشان داده است که افزایش ۳۰ تا ۵۰ درصدی کارایی زراعی با انجام شیوه‌های مدیریتی جدید امکان پذیر خواهد بود. برای مثال حد مطلوب کارایی زراعی نیتروژن در گندم بیش از ۲۵ کیلوگرم در کیلوگرم گزارش شده است (کیلوگرم افزایش عملکرد به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده). این در حالی است که در ایران (استان خراسان رضوی) میانگین کارایی زراعی نیتروژن ۷/۹ کیلوگرم در کیلوگرم برای گندم گزارش شده است (کشاورز، ۱۳۹۴). برای افزایش کارایی زراعی عناصر غذایی یا باید با یک مصرف ثابت کود

عملکرد گیاه را افزایش داد یا با یک عملکرد ثابت گیاه بتوان مصرف کود را کاهش داد و یا ترکیبی از این دو اتفاق بیافتد. در ایران به نظر می‌رسد کارایی زراعی را می‌توان با ترکیبی از افزایش میزان مصرف کود در مناطقی که فقر عناصر غذایی وجود دارد (برای بهبود عملکرد) و همچنین بهبود کارایی زراعی در مناطقی که مصرف کود نامتعادل است افزایش داد. بخشی از این چالش با بهبود روش‌های مصرف کود به ویژه با استفاده از کود آبیاری<sup>۹</sup> قابل حل است. از طرفی آگاهی از نیاز غذایی گیاه، رعایت قانون چهار میم مصرف کودها شامل نوع مناسب، مقدار مناسب، زمان مناسب و روش مناسب به همراه استفاده از کودهای نوین، کودهای زیستی، سیستم‌های آبیاری تحت فشار برای مصرف کنترل شده عناصر غذایی بسیار مهم است. افزون بر این اصلاح ژنتیکی گندم، مقاومت به تنش‌های زنده و غیر زنده، استقرار مطلوب، کنترل علف‌های هرز، رعایت تناوب زراعی، مصرف بهینه آب، دفع آفات و بیماریها نیز اهمیت بسزایی در افزایش کارایی زراعی عناصر غذایی خواهد داشت. بیشتر کشورهای پیشرفته با استفاده از همین اصول، کارایی زراعی عناصر غذایی را تا حدود زیادی افزایش دادند. از آنجاکه بیشتر کودها ممکن است مدت کوتاهی پس از مصرف هدر روند مدیریت می‌بایست در طول فصل کشت بطور دقیق انجام گیرد. بیشتر این روش‌ها اثر متفاوتی بر پاسخ محصول داشته و تنها استفاده تلفیقی از آنها بهترین نتیجه را در پی خواهد داشت.

### رهیافت ترویجی

بر اساس برنامه ۱۰ ساله خود ا تکایی تولید گندم (۱۳۹۴-۱۴۰۴) در ایران، سطح زیر کشت این محصول می‌بایست ۱۹ درصد کاهش و عملکرد ۸۲ درصد افزایش یابد. در این شرایط تغییر در مدیریت حاصلخیزی خاک و تقویت بنیه غذایی آن از مهمترین راه کارهای دستیابی به اهداف فوق مد نظر قرار گرفته است. با روند کنونی

کلید افزایش عملکرد پایدار گندم است که بایستی در اولویت برنامه های حاصلخیزی خاک در کشاورزی قرار گیرد. با در نظر گرفتن عوامل گیاهی، خاکی و اقلیمی موثر بر کارایی استفاده از عناصر غذایی، مدیریت حاصلخیزی خاک می بایست به سمت استفاده از زنتیپ های گیاهی کارا در جذب عناصر غذایی خاک، کاهش تنش های محیطی شوری و خشکی، سرما و گرمای نابهنگام از طریق مدیریت بهینه تغذیه گیاهی و همچنین بهینه سازی کاربرد کودها از طریق اصلاح مقدار، زمان، روش و نوع کودهای مصرفی منطبق با شرایط خاکی، نیاز فیزیولوژیکی گیاه گندم و لحاظ شرایط اقتصادی استوار گردد.

مدیریت حاصلخیزی خاک شامل کاهش مصرف کودها، عدم مدیریت بهینه مواد آلی خاک و کارایی پایین استفاده از عناصر غذایی دستیابی به اهداف برنامه خوداتکایی گندم دشوار به نظر می رسد. از این رو با توجه به شرایط اقلیمی و خاکی ایران برنامه های مدیریت حاصلخیزی خاک می بایست بر پایه مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک بر پایه استفاده از تمام منابع شیمیایی، آلی و زیستی تامین کننده عناصر غذایی گیاه، مدیریت بهینه مواد آلی با هدف حفظ و افزایش کربن آلی خاک و همچنین افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی استوار گردد. افزایش کربن آلی در خاک های کشور به ویژه خاک هایی با بافت سبک و شور

### فهرست منابع

۱. آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۰. جلد اول و دوم. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. وزرات جهاد کشاورزی، تهران، ایران.
۲. بلالی، م. ر.، م. م. طهرانی، ف. مشیری، م. بصیرت، پ. کشاورز، م. ن. غیبی، س. سماوات، م. محمودی. ۱۳۹۴. مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران: نظریه تا عمل. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه ولی عصر رفسنجان، ایران.
۳. بلالی، م. ر.، ح. رضایی و ف. مشیری. ۱۳۹۳. وضعیت حاصلخیزی خاکهای کشور و ضرورت ارتقاء توان آن برای خدمات رسانی به تولیدات کشاورزی. در کتاب: برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در راستای افزایش خوداتکایی محصولات راهبردی زراعی ۱۳۹۳-۱۴۰۴. جلد اول. نظام تامین، توزیع و مصرف کود (نویسندگان: خاوازی، ک. و همکاران). موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
۴. بنائی م. ح. ۱۳۸۰. نقشه منابع و استعداد خاکهای ایران، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ۶ برگ.
۵. بنایی، م. ح.، ع. مومنی، م. بای بوردی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۸. خاک های ایران، نحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری. موسسه تحقیقات خاک و آب. ۴۸۲ ص.
۶. خادمی، ز.، م. ح. مسیح آبادی، ح. رضایی، م. م. طهرانی، ک. بازرگان م. ر. بلالی، ا. سپهر، م. فیض الله زاده اربیلی، ف. اسدی، ج. ضیائی، ع. فرج نیا، ا. عماری، پ. اسدی، ا. صاحب جمع، ع. ا. بنی نعمة، ج. توشیح، و. صیادیان، ک. صادقی، س. سپهوند، م. حسن شاهی، ح. خود شناس، ع. و م. ص. اسدیان. ۱۳۸۴ "شناسایی و انتخاب هدفمند مکان های مطالعاتی در خاک های تحت کشت گندم" نشریه شماره ۱۲۴۴. موسسه تحقیقات خاک و آب.
۷. خوشگفتارمنش، ا.ج. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاه. دانشگاه صنعتی اصفهان. چاپ اول. ۴۷۴ صفحه.
۸. کشاورز، پ. ۱۳۹۴. برآورد کارایی نیتروژن در تولید دو محصول عمده زراعی ( گندم و گوجه فرنگی) در استان خراسان رضوی. گزارش نهایی پروژه. شماره ثبت ۴۷۴۵۸. موسسه تحقیقات خاک و آب.
۹. کشاورز، پ. ۱۳۹۴. برآورد کارایی فسفر در تولید دو محصول عمده زراعی ( گندم و گوجه فرنگی) در استان خراسان رضوی. گزارش نهایی پروژه. شماره ثبت ۴۷۴۵۷. موسسه تحقیقات خاک و آب.

۱۰. کشاورز، پ. ۱۳۹۲. راهبردهای مدیریتی افزایش کارایی مصرف نیتروژن در کشاورزی. مجله علمی ترویجی مدیریت اراضی جلد ۱، شماره ۱، ص. ۴۷-۵۴.
۱۱. کشاورز، پ. م. زنگی آبادی و م. عباس زاده. ۱۳۹۲. تأثیر میزان رس و شوری خاک بر رابطه کربن آلی خاک با عملکرد گندم. مجله پژوهش های خاک. جلد ۲۷، شماره ۳، ص. ۳۵۹-۳۷۱.
۱۲. غیبی، م. ن.، ف. مشیری، م. ر. بلالی، م. م. طهرانی، س. سماوات، ه. اسدی رحمانی و ح. رضایی. ۱۳۹۳. نظام کود (برآورد، تولید، تأمین، توزیع و مصرف کود). در کتاب: برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در راستای افزایش خوداتکایی محصولات زراعی راهبردی ۱۳۹۳-۱۴۰۴. جلد اول. نظام تأمین، توزیع و مصرف کود (نویسندگان: خاوازی، ک. و همکاران). موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
۱۳. مشیری، ف.، ع. ا. شهابی، پ. کشاورز، ز. خوگر، و. فیضی اصل، م. م. طهرانی، ه. اسدی رحمانی، س. سماوات، م. ح. سدري، ن. رشیدی، س. سعادت و ز. خادمی. ۱۳۹۳. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم. در کتاب: برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در راستای افزایش خوداتکایی محصولات زراعی راهبردی ۱۳۹۳-۱۴۰۴. جلد دوم. دستورالعملهای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه (نویسندگان: طهرانی، م. م. و همکاران). موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
۱۴. مومنی ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران، پژوهش های خاک (ویژه شوری-الف)، ج ۲۴، شماره ۳، ۲۱۵-۲۰۳.
15. Borlaug NE. 1994. Feeding a human population that increasing crowds a fragile planet. 15 th World Congress of Soil Science, International Society of Soil Science; Acapulco, Mexico.
16. Diaz-Zorita M., D.E. Buschiazso, and N. Peinemann. 1999. Soil organic matter and wheat productivity in the semi-arid Argentina Pampas. *Agronomy Journal*, 91:276–279
17. Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency-measurement and management. p.1-28. In *Fertilizer Best Management Practices. Proceedings of IFA International Workshop, 7-9 March. 2007. Brussels, Belgium.*
18. IFA. 2014. IFA Data. International Fertilizer Industry Association.
19. Kanchikerimath M., D. Singh. 2001. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize–wheat–cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semi-arid region of India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 86:155–162.
20. Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation & Development*, 17:197-209.
21. Lal, R. 2010. Beyond Copenhagen:mitigating climate change and achieving food security through soil carbon sequestration. *Food Security*, 2: 169–177.
22. Larney F.J., H.H. Janzen, B.M. Olson, and C.W. Lindwall. 2000. Soil quality and productivity response to simulated erosion and restorative amendments. *Canadian Journal of Soil Science*, 80: 515–522.
23. Vanlauwe, B; A. Bationo, J. Chianu; K. E. Giller; R. Merckx; U. Mokwunye; O. Ohiokpehai; P. Pypers; R. Tabo; K.D. Shepherd; E.M.A. Smaling.; P.L. Woomer; N. Sanginga. 2010. Integrated soil fertility management Operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook on Agriculture*, 39: 17-24.