

کاربرد فناوری‌های آینده‌نگر در تأمین امنیت غذایی در ایران و جهان^۱

Role of Prospective Technologies for Food Security in Iran and the World

بهمن یزدی صمدی^{۲،۳}

چکیده

پیش‌بینی شده است که جمعیت ایران در سال ۱۴۰۴ هجری خورشیدی (۲۰۲۵ میلادی) به ۹۰ میلیون و در سال ۱۴۲۹ (۲۰۵۰) به حدود ۱۱۵ میلیون نفر برسد. جمعیت جهان نیز در سال‌های یاد شده به ترتیب حدود ۷/۷ و ۹ میلیارد نفر خواهد بود. تجزیه و تحلیل دانشمندان زراعت و کشاورزی نشان می‌دهد که با روش‌های کنونی تولید، کمبود مواد غذایی در جهان برابر یک سوم نیاز آن زمان خواهد بود. بنابراین لازم است آینده‌نگری‌هایی از هم‌اکنون به عمل آید تا با کاربرد فناوری‌های جدید غذای لازم برای جمعیت آن زمان فراهم شود. این آینده‌نگری‌ها شامل کاهش دور ریزها، تغییر الگوی غذایی، متعادل ساختن زاد و ولد، افزایش محصول در زمین‌های زراعی از طریق تهیه بذرهای پرمحصول و نیز کاربرد روش‌های مدیریتی خاک و آب، افزایش تولید شیر و گوشت در واحد سطح از طریق مدیریت پایدار، افزایش جمعیت منابع ماهی‌های دریایی و بالا بردن تولید آبکشتی می‌باشد تا بتوان تأثیر منفی کشاورزی بر زیست بوم، اقلیم و آب را کاهش و میزان محصول در هکتار را افزایش داد. برای برخورد با چالش غذا در آینده و تولید غذای بیشتر لازم است کشاورزان از مواد شیمیایی، انرژی و ماشین آلات کمتری استفاده نمایند یعنی از شدت نهاده‌ها کاسته و بر شدت عامل‌های بوم‌شناسانه (پایداری) افزوده شود. این عامل‌ها عبارتند از کارایی جذب کود و آب، کیفیت بهتر خاک از نظر مواد آلی و غذایی، کاهش خسارت حشره‌ها و عامل‌های بیماری‌زا و کنترل گازهای گلخانه‌ای. افزون‌بر رعایت موارد یاد شده، کاربرد روش‌ها و فناوری‌های چندی باید به طور جدی مورد توجه قرار گیرد که عبارتند از حفظ منابع طبیعی و محیط زیست و پایداری اقلیم، مقابله با آثار سوء سیل، خشکی و سرما، حفاظت از خاک و آب، زراعت دقیق و کاربرد ماشین‌های کشاورزی خاص، افزایش کارایی فتوسنتزی و میزان تبدیل مواد در گیاهان زراعی، تقویت بوم‌شناسانه ارتباط گیاه با محیط، کاربرد مهندسی ژنتیک، حفظ تنوع زیستی و تکیه بر اصلاح گیاهان برای افزایش محصول.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، تقویت زیستی، تنوع زیستی، زراعت دقیق، زیست فناوری.

افزایش جمعیت

جمعیت ایران در حال حاضر حدود ۷۹ میلیون نفر برآورد شده است. پیش‌بینی می‌شود که با نرخ رشد ۱/۴ درصدی، جمعیت کشور، در سال ۱۴۰۴ خورشیدی (۲۰۲۵ میلادی) برابر ۹۰ میلیون و در ۱۴۲۹ (۲۰۵۰) حدود ۱۱۵ میلیون نفر بشود. جمعیت دنیا در حال حاضر حدود ۷ میلیارد نفر است که با نرخ رشد ۱/۴ درصدی در سال ۲۰۲۵ حدود ۷/۷ میلیارد نفر و در سال ۲۰۵۰ بیش از ۹ میلیارد نفر خواهد بود. به نظر می‌رسد که جمعیت جهان هر ۱۲ تا ۱۵ سال یک میلیارد نفر اضافه می‌شود (۶).

۱- تاریخ پذیرش ۹۵/۸/۱

۲- تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۰

۳- نویسنده مسئول، پست الکترونیک bsamadi@ut.ac.ir

۴- عضو پیوسته فرهنگستان علوم و استاد بازنشسته دانشگاه تهران، تهران، جمهوری اسلامی ایران.

سوال اساسی این است که چگونه می‌توان این جمعیت را در سال‌های ۱۴۰۴ و ۱۴۲۹ غذا داد به طوری که فقر از میان برود و فشار بر محیط زیست کاهش یابد. تجزیه و تحلیل‌های دانشمندان کشاورزی نشان می‌دهد که اگر فقط پیشرفت‌های معمول کنونی برای افزایش تولید غذا برقرار باشد، تولید جهانی محصولات اصلی غذایی مانند گندم، برنج، ذرت و سویا خیلی کمتر از نیاز غذایی انسان در سال‌های یاد شده خواهد بود و این کمبود را حدود یک سوم نیاز آن زمان برآورد کرده‌اند (۱۳).

عامل دیگری که می‌تواند برای تولید مواد غذایی بیشتر در آینده بازدارنده باشد کم شدن نیروی کار در بخش کشاورزی به ویژه در جهان سوم است، زیرا از یک سو درآمد ناکافی کشاورزان در جهان سوم سبب مهاجرت آن‌ها از روستا به شهرها شده و خواهد شد و از سوی دیگر فرزندان کشاورزان جهان سوم مایل نیستند که شغل پدرانشان را داشته باشند (۷).

آینده‌نگری در تأمین غذا

برای تأمین غذای مردم در آینده، سه شرط عمده باید همواره مورد توجه باشد:

اول این که فاصله بین مقدار غذای موجود فعلی و مقدار غذای مورد نیاز در آینده (برای مثال در سال ۲۰۵۰ میلادی) خیلی زیاد نباشد. مفهوم این موضوع داشتن الگوی متعادل تغذیه و صرفه‌جویی در مصرف مواد غذایی است. عامل دوم این که کشاورزی به توسعه اقتصادی و اجتماعی بیانجامد که نتیجه آن کاهش مهاجرت روستاییان به شهرها و علاقه بیشتر آن‌ها به کار کشاورزی خواهد بود. سوم این که اثرهای کشاورزی بر محیط زیست در دنیا کم شود. گزارش ۲۰۱۴-۲۰۱۳ انستیتو منابع جهانی^۱ برای ایجاد پایداری غذا در آینده اجرای چند برنامه را به منظور کم کردن نیاز غذایی ضروری می‌داند (۱۱):

- کاهش دور ریزها و هدر رفت غذا بین مزرعه تا مصرف و نیز توسط مصرف‌کنندگان.
 - تغییر الگوی غذایی شامل کاهش مصرف کالری به ویژه در افراد چاق، کاهش مصرف سهم غذاهای حیوانی روزانه در کشورهای ثروتمند و نیز کم کردن مصرف گوشت قرمز و جایگزین کردن آن با ماهی، ماکیان و حبوبات.
 - تشویق و کمک به مردم دنیا که میزان زاد و ولد را به حد ۲/۱ بچه برای هر زن برسانند.
 - کاستن از میزان مصرف محصولات غذایی برای تولید انرژی زیستی.
- گزارش یاد شده برنامه‌هایی را نیز برای افزایش محصولات غذایی به شرح زیر پیشنهاد می‌نماید (۱۱):
- افزایش محصول در زمین‌های زراعی از طریق اعمال روش‌های مدیریت خاک و آب مانند جنگل زراعی و برداشت و جمع‌آوری آب^۲.
 - افزایش محصول‌های زراعی با تهیه بذرهای پرمحصول به کمک بهنژادی و توجه بیشتر به محصول‌های یتیم^۳ (محصول‌های رها شده یا فراموش شده و کم اهمیت مانند ارزن و سیب‌زمینی شیرین).
 - کاهش کشت و کار و پرورش دام در زمین‌هایی که به طور معمول برای تولید غذا به کار نمی‌روند یا در زمین‌هایی که تنوع زیستی ندارند و نیز در زمین‌هایی که در آن‌ها ترسیب کربن انجام نمی‌شود.
 - افزایش تولید پروتئین‌های حیوانی (شیر و گوشت) در واحد سطح از طریق مدیریت پایدار.
 - افزایش جمعیت منابع ماهی‌های دریایی.
 - بالا بردن تولید آبکشتی از راه افزایش همزمان کارایی تغذیه، زمین، آب و انرژی برای آن.
- اعمال این برنامه‌ها تأثیر منفی کشاورزی را بر زیست بوم، اقلیم و آب کاهش می‌دهد و سبب افزایش محصول در هکتار می‌گردد. مثال‌های زیر در این مورد قابل توجه‌اند:

۱- کشاورزان نیجریه موفق به بازسازی کشت درختان بومی در پنج میلیون هکتار از زمین‌های زراعی خود با کشت درختانی مانند *Faidherbia albida* شده‌اند (جنگل-زراعی) که نیتروژن را در خاک جذب می‌کنند. با این کار افزون بر افزایش نیتروژن خاک،

کشتزارها از فرسایش بادی و آبی نیز مصون مانده و برگ‌های درختان مواد آلی خاک را افزایش دادند و در نتیجه این اقدام، محصول ذرت در منطقه جنگل- زراعی حدود دو برابر شده است (۱۱).

۲- در برزیل روش‌هایی برای حاصلخیزی زمین‌های زیر چرا به منظور افزایش گوشت گوساله و جلوگیری از تبدیل جنگل‌ها به چراگاه به کار بسته شد. کنترل شدت چرای گاوهای شیری به نصف ظرفیت پایداری فعلی آن و استفاده بقیه ظرفیت برای پرورش گاوهای گوشتی، برزیل را قادر خواهد ساخت که نیاز خود را به گوشت گوساله تا سال ۲۰۴۰ برطرف نماید (۱۵).

بیان این نکته لازم است که یک راه‌حل به تنهایی نمی‌تواند تولید پایدار غذا را برای آینده تأمین نماید، بلکه اعمال همه روش‌های یاد شده برای تأمین غذا در آینده ضروری است. برای برخورد با چالش غذا در آینده، نظر متخصصین این است که کشاورزان برای تولید غذای بیشتر لازم است از مواد شیمیایی، انرژی و ماشین‌های کمتری استفاده کنند. برای رسیدن به این هدف پژوهشگران معتقدند که از شدت نهاده‌ها کاسته و به شدت عامل‌های بوم‌شناسانه (پایداری) اضافه شود. این عامل‌ها عبارتند از کارایی جذب کود و آب، کیفیت بهتر خاک از نظر مواد آلی و مواد غذایی، کاهش خسارت حشره‌ها و عامل‌های بیماری‌زا و کنترل گازهای گلخانه‌ای. افزون بر رعایت موارد یاد شده، لازم است کاربرد روش‌ها و فناوری‌های زیر برای امنیت غذایی در ایران و جهان لازم است به طور جدی مورد توجه قرار گیرد:

- حفظ منابع طبیعی و محیط زیست و پایداری اقلیم.
- مقابله با آثار سوء سیل، خشکی، و سرما.
- حفاظت از خاک و آب.
- زراعت دقیق و کاربرد ماشین‌های کشاورزی خاص.
- افزایش کارایی فتوسنتزی و میزان تبدیل مواد در گیاهان زراعی.
- تقویت بوم‌شناسانه ارتباط گیاه با محیط.
- زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک.
- تنوع زیستی.
- استفاده از فناوری‌های جدید به‌نژادی گیاهان زراعی.

منابع طبیعی، محیط زیست و پایداری اقلیم

تاریخچه زندگی در کره زمین نشان می‌دهد، مردمی که منابع طبیعی سرزمین خود مانند جنگل‌ها، مراتع، زمین‌ها و خاک زراعی را حفظ نکردند محکوم به نابودی شدند. مثال‌هایی درباره اقوام مایایی، پولینزی و رواندایی بیشتر آورده شده است (۶). کره زمین به عنوان زیستگاه انسان و سایر موجودهای زنده از نظر جنگل‌ها، مراتع، بیو سیستم و آب و هوا محیط پایداری را برای زندگی فراهم نموده است. دستکاری‌ها و فعالیت‌های بی‌رویه انسان مانند افزایش زیاد جمعیت، رشد ناموزون اقتصاد و مصرف و استفاده زیاد از سوخت‌های فسیلی این پایداری را برهم زده و سبب افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن هوا، تغییرهای شدید آب و هوایی مانند سیل، خشکی، ایجاد طوفان و گرد و خاک، تخریب لایه ازن، کاهش تنوع زیستی، آلودگی هوا، آب و خاک و اختلال در تولید کالا و خدمات‌های زیست بومی شده است. کالا و خدمات‌هایی که زیست بوم‌های طبیعی فراهم می‌کنند شامل تنظیم اقلیم و چرخه‌های بیوژئوشیمیایی، تنظیم گازهای جو، جذب کربن، تولید و حفظ خاک و آب و کنترل سیلاب‌هاست که از نظر اقتصاد محیط زیست سهم بسیار بالایی دارند (۶).

گرم شدن هوای زمین که در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای و قطع جنگل‌ها و استفاده زیاد از مراتع بوده است نیز تغییرهایی را در سازش‌پذیری گیاهان و میزان فتوسنتز آن‌ها، افزایش فسادپذیری مواد آلی، تغییر الگوی بارندگی و پیدایش خشکی، سیلاب و گرد و غبار، فرسایش خاک، تأثیر نامطلوب بر منابع آب، غذا و زیست‌بوم‌ها ایجاد نموده است. (۲، ۴، ۱۲ و ۱۹). راه‌های مقابله با این نارسایی‌ها بیشتر بحث شده است (۵).

مقابله با اثرهای ویرانگر سیل، خشکی و سرما

امروزه در نواحی تولید غذا در دنیا، بهترین برنامه‌ها دنبال کردن و مقابله با نارسایی‌های آب و هواست که از میان آن‌ها سیل، خشکی و سرما سه عامل مهم محسوب می‌شوند. کشاورزی هم از بارندگی زیاد و هم از بارندگی کم صدمه می‌بیند که به طور معمول کشاورزان هر دو را تقدیر امور می‌دانند. گرچه این مسأله در جای خود صحیح است ولی می‌توان از راه‌هایی توان خاک را در حفظ و نگهداری آب، مواد آلی و جمعیت میکروبی آن افزایش داده و خسارت سیل و خشکی را کاهش داد (۱۸).

بیشتر مشکل‌های مربوط به تغییر اقلیم مانند سیل و خشکی، نتیجه مستقیم از دست رفتن و کاهش حاصلخیزی خاک است. خاک بدون پوشش، کربن خود را هدر می‌دهد و خاک دارای کربن کم، آب کمتری را در خود حفظ می‌کند و آب باران به جای جذب شدن در خاک، تبخیر یا جاری می‌شود. خشکی خاک سبب گرم شدن آن و از بین رفتن میکروب‌های مفید می‌شود. این فرآیند سبب ایجاد سیل در هنگام بارندگی و موجب خشکی در نبود بارش می‌گردد. این وضعیتی است که موجب قحطی، عدم امنیت غذایی و ضرر و زیان میلیاردها دلار خسارت در پاره‌ای از نواحی کره زمین، مانند شاخ آفریقا شده است (۱۸). زمین خوب دارای کربن و پوشش گیاهی، ظرفیت نگهداری رطوبت را دارد و در هنگام بارندگی شدید، آب باران به وسیله خاک جذب شده و به داخل زمین فرو می‌رود. با داشتن ذخیره آبی، چنین زمینی، در مواقع کم باران، سبب حفظ گیاه و میکروب‌های خاک می‌شود.

برای مقابله با سیل و خشکی افزون‌بر توجه خاص به خاک زراعی، تهیه رقم‌های مقاوم در هر دو مورد نیز همواره مورد توجه متخصصین به‌نژادی بوده و می‌تواند بسیار کارساز باشد.

سرمای زمستان و بهار نیز در موارد زیادی خسارت فراوانی به تولید محصول‌های زراعی وارد می‌سازد و راه جلوگیری از خسارت استفاده از رقم‌های مقاوم است.

حفاظت از خاک و آب

کیفیت غذا در صورتی خوب خواهد بود که در خاک خوب تولید شده باشد. فرآیندهای زیستی که برای تولید محصول‌ها لازمند، وابسته به چرخه‌های متعدد مواد و عناصری مانند چرخه‌های کربن، نترژی، آب و مواد غذایی خاک می‌باشند، که در خاک انجام می‌شوند. سلامت خاک حتی اهرمی برای سازگاری و فرو نشاندن تغییر اقلیم است. خاک عامل مؤثری در مثلث غذا، زراعت و اقلیم است. ظرفیت کره زمین برای تغذیه بشر در سال‌های آینده به میزان زیادی بستگی به نحوه برخورد ما با خاک دارد. اگر روش کار ما تولید غذا از طریق برداشت بی‌رویه از عناصر غذایی خاک باشد، در این صورت خطر نابودی این منبع زیستی را باید انتظار داشته باشیم. ولی هرگاه دنبال روش‌های کشاورزی باشیم که سبب تجدید زیستی خاک شود، نه تنها امنیت غذایی ارتقا می‌یابد، که سایر مشکل‌های خاک نیز بهبود پیدا می‌کند (۱۸). تخریب خاک توسط بشر مشکل بزرگی در سراسر جهان است. براساس گزارش کنوانسیون سازمان ملل در مقابله با بیابان‌زایی هر ساله بیش از ۱۲ میلیون هکتار از زمین‌های حاصلخیز زراعی تبدیل به بیابان می‌شوند. یعنی سطحی برابر مساحت آفریقای جنوبی در هر ده سال از دست می‌رود (۱۸). حدود ۱/۵ میلیارد انسان، بیشتر در نواحی خشک، برای تأمین غذای خود و دام‌هایشان در زمین‌های ضعیف از نظر حاصلخیزی زندگی می‌کنند. گفتنی است که بیابان‌زایی و از دست رفتن حاصلخیزی خاک به علت عدم توجه به خاک و نیز تخریب آن است که در اثر شخم زیاد، جنگل‌زدایی، طرح‌های نامناسب آبیاری، مدیریت غلط دامداری و کاربرد فناوری‌های نامناسب در محیط به وجود می‌آید.

زمین خوب و مناسب، فناوری‌های افزایش امنیت غذایی را با موفقیت رو به رو خواهد کرد. برای مثال بهترین روش‌های ژنتیکی برای افزایش محصول در خاک‌های نامناسب نتیجه‌چندانی در بر نخواهد داشت. کاربرد نیتروژن به مقدار زیاد، گرچه به طور موقت خاک را تقویت می‌کند، ولی در نهایت تعادل میکروبی و pH خاک را به هم می‌زند و سبب کاهش حاصلخیزی خاک می‌گردد.

در مورد آب، گرچه آب موجود کره زمین را $10^{18} \times 1/4$ مترمکعب برآورد کرده‌اند ولی تنها ۳٪ آن شیرین و قابل استفاده است (۱۲). کشور ما با داشتن میانگین بارندگی سالانه حدود ۲۵۶ میلیمتر جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود.

مشکل‌های عمده آب در ایران تلف شدن زیاد و بازده کم استفاده از آن و رقابت مصرف آب شهری و صنعتی با آب کشاورزی است. راه‌حل‌های مقابله با کمبود آب در کشور بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است (۱، ۶).

با توجه به افزایش جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰، لازم است تا تولید مواد غذایی در آن سال نسبت به یک سوم میزان فعلی افزایش یابد. با در نظر گرفتن این که ۱۷٪ زمین‌های زراعی جهان آبیاری می‌شوند و این که ۴۰٪ مواد غذایی از این زمین‌ها به دست می‌آیند، منابع آبی با کمبود بیشتری مواجه خواهند بود. برای مقابله با کمبود آب و رسیدن به امنیت آبی باید برنامه تلفیقی برای مدیریت سه نوع از منابع مختلف آب را اجرا نمود (۱۶) که عبارتند از:

منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی (آب آبی): این نوع آب در دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌ها وجود دارد و برای مصارف شهری، صنعتی و آبیاری به کار می‌رود. گفته می‌شود که ۷۰٪ آب آبی در جهان برای کشاورزی مصرف می‌شود و افزایش تولید غذا سبب بالا رفتن میزان مصرف این آب می‌شود. تغییرهای محیطی می‌تواند آثار نامطلوبی بر دریاچه‌ها و رودخانه داشته باشد.

بارش (آب سبز): آب بارش به طور معمول در خاک ذخیره می‌شود. آب موجود در خاک برای گیاهان و ریزموجودهای خاک مصرف می‌شود و شامل آبی است که به وسیله ریشه‌ها جذب و توسط گیاه مصرف شده و در اثر تبخیر به فضا باز می‌گردد. آب سبز همچنین می‌تواند در اثر تبخیر از خاک خارج شود یا به زیرزمین حرکت کند. آب سبزی که در تبخیر و تعرق به کار می‌رود سبب افزایش محصول گیاه می‌شود.

عوامل‌های زیادی مانند نوع گیاه، میزان دما، نور خورشید، باد و خشکی هوا، مقدار آب مورد نیاز یعنی مقدار آب آبیاری لازم برای رشد گیاه (افزون بر بارش موجود در یک ناحیه) را مشخص می‌کنند. مدیریت استفاده از آب می‌تواند تلف شدن آب را کم و آب مورد نیاز برای تبخیر و تعرق را افزایش دهد. گفته شده است که از میزان کل بارش یک ناحیه، حدود ۱۵ تا ۳۰٪ برای تبخیر و تعرق به کار می‌رود، ۳۰ تا ۵۰٪ تبخیر شده، ۱۰ تا ۲۵٪ هم به اعماق خاک فرو می‌رود و ۱۰ تا ۲۵٪ رواناب هم شود. گیاهان پوششی و بقایای گیاهی در عملیات بدون شخم بر خاک سایه افکننده و سبب کاهش تلف شدن تبخیر آب از سطح خاک می‌شوند. این دو عامل سبب افزایش مواد آلی خاک، کاهش فرسایش خاک و حفظ و نفوذ بیشتر آب در خاک و نیز موجب تغییر در میکروب‌های خاک شده که عامل تجزیه مواد در خاک هستند و به این ترتیب کیفیت خاک را افزایش می‌دهند (۱۶).

حدود ۹۰٪ آبی که در زمین‌های زراعی در جهان مصرف می‌شود، آب سبز است. تبخیر و تعرق به عنوان جریان آب سبز ثمربخش نامیده می‌شود، زیرا این آب موجب رشد گیاه می‌گردد. چنانچه بتوان ۸۵٪ آب سبز قابل دسترس را برای تبخیر و تعرق ثمربخش به کار برد، می‌توان محصول گیاهان را تا سه برابر افزایش داد (۱۶).

ریشه گیاهان، ماده‌ای به نام لعاب (موسیلاژ)^۱ ایجاد می‌کند که سبب کارایی بیشتر میکروب‌های خاک و بالا رفتن ظرفیت نگهداری آب خاک شده و آب بیشتری در اختیار گیاه قرار خواهد گرفت. دانشمندان به دنبال بهنژادی گیاهانی هستند که بتوانند محیط خاک فراریشه (ریزوسفر)^۲ را بهبود بخشند.

پساب (آب خاکستری): آبی است که در شهرها، منازل و صنعت، به عنوان فاضلاب هدر می‌رود. برای تهیه آب آبی از آب خاکستری، دانشمندان و متخصصان زراعت به آب خاکستری و مصرف مجدد آن چشم دوخته‌اند. مصرف مجدد آب خاکستری نه تنها آب آبی بیشتری برای گیاهان فراهم می‌کند، بلکه سبب حفظ آن نیز می‌شود. مصرف مجدد آب خاکستری مصرف انرژی برای کشیدن آب از چاه را نیز به طور چشمگیری کاهش می‌دهد. فایده دیگر مصرف مجدد آب خاکستری، چرخه مجدد عناصر غذایی است، زیرا این آب پس از تصفیه، که به طور معمول کامل نیست، هنوز دارای مقدار زیاد عناصر غذایی است که پس از مصرف مجدد، عناصر غذایی آن در چرخه مجدد قرار گرفته و سبب افزایش محصول‌های زراعی می‌شود (۱۶).

امروزه برای حفاظت از آب آبی و افزایش امنیت آبی، دانشمندان، اقتصاددانان و متخصصان زراعت با هم کار می‌کنند که منابع آب سبز و خاکستری را تلفیق کنند. کلید امنیت آبی در افزایش آب سبز و چگونگی کار با آن است.

به طور کلی در مصرف آب باید دو عامل اقتصاد تولید آب و مزیت کالای تولیدی در نظر گرفته شود، به طوری که از مصرف هر مترمکعب آب ماده خشک بیشتری که در ضمن اقتصادی تر هم باشد، به دست آید. برای مثال در جنوب و شمال غرب کشور به جای کشت برنج بهتر است از کشت پسته استفاده شود که بتوان با مصرف $5000/-$ مترمکعب آب در هکتار حدود ۱ تا ۲ تن پسته به ارزش تنی $10/000/-$ دلار به دست آورد، در حالی که برای تولید سه تن برنج در هکتار که تنی ۷۰۰ دلار ارزش دارد، باید $15/000/-$ مترمکعب آب مصرف کرد (۳).

زراعت دقیق و کاربرد ماشین‌های کشاورزی خاص

ابزار و ماشین‌های کشاورزی جدید و تکامل یافته، زراعت را هم برای زارع و هم برای گیاه و خاک که محصول‌های غذایی، علوفه و گیاهان صنعتی در آن رشد می‌کنند، بهتر و ساده‌تر می‌نمایند. این وسایل باید تولید را به بیشینه رسانده و کارایی کارهای زراعی را از نظر اقتصادی، محیط زیست و پایداری افزایش دهند. همانطور که دامپرور و تولید کننده شیر در واحدهای سنتی با هر یک از گاوهای خود به خاطر تفاوت آن‌ها به صورت انفرادی رفتار می‌کند، بهتر است در مزرعه هم تغییرهای خاک و نیاز گیاه را مورد توجه قرار داد و در کل مزرعه یک جور عمل نکرد. امروزه فناوری رایانه ای این ظرفیت را دارد که هر مترمربع از خاک و حتی هر گیاه را به بهترین روش مورد توجه قرار دهد. این همان کشاورزی دقیق است و مفهوم آن این است که مقدار مشخص کود از نوع معین در محل خاص خود مورد استفاده قرار گیرد تا بتوان بیشینه تولید را با تلف شدن کمینه به کار برد. مفهوم دیگر کشاورزی دقیق کاربرد علفکش به موقع و به میزان مناسب است که بیشینه کارایی را داشته باشد (۱۷). برای رسیدن به هدف مشخص در کشاورزی دقیق، باید بسیاری از معیارهای کشاورزی و فرهنگ تولید زراعی تغییر یابد. ابتدا باید زمین‌های زراعی به طور دقیق بررسی و نقشه آن‌ها تهیه شود. کشاورزان باید آماده همکاری و تغییر در امور مزرعه خود بشوند، از جمله تغییر در روش‌های زهکشی، آبیاری و عملیات زراعی. سپس باید تشویق شوند برای تصمیم‌های تاکتیکی مانند کنترل کاربرد آب، کود یا علفکش به صورت متفاوت و با توجه به تغییر فصل عمل کنند. این کار مستلزم داشتن فناوری‌های بهتری مانند حسگرها، الگوریتم‌های رایانه‌ای و دستگاه‌های دقیقی است که نهاده‌ها را به مقادیر متفاوت به خاک و گیاه بدهند (۱۰) و از این‌ها مهمتر فرا گرفتن روش‌های استفاده از این دستگاه‌ها به صورت بهینه می‌باشد.

اجرای این کارها نیاز به اقدام‌های زیادی از طرف مؤسسه‌های پژوهشی کشاورزی دارد و زمان زیادی را می‌طلبد. متخصصان خاکشناسی و زراعت باید تغییرهای خاک و محصول زراعی را مشخص نموده و پاسخ کشاورزان به این تغییرها جهت دستیابی به بیشینه پایداری و سوددهی را تعیین کنند (۱۷).

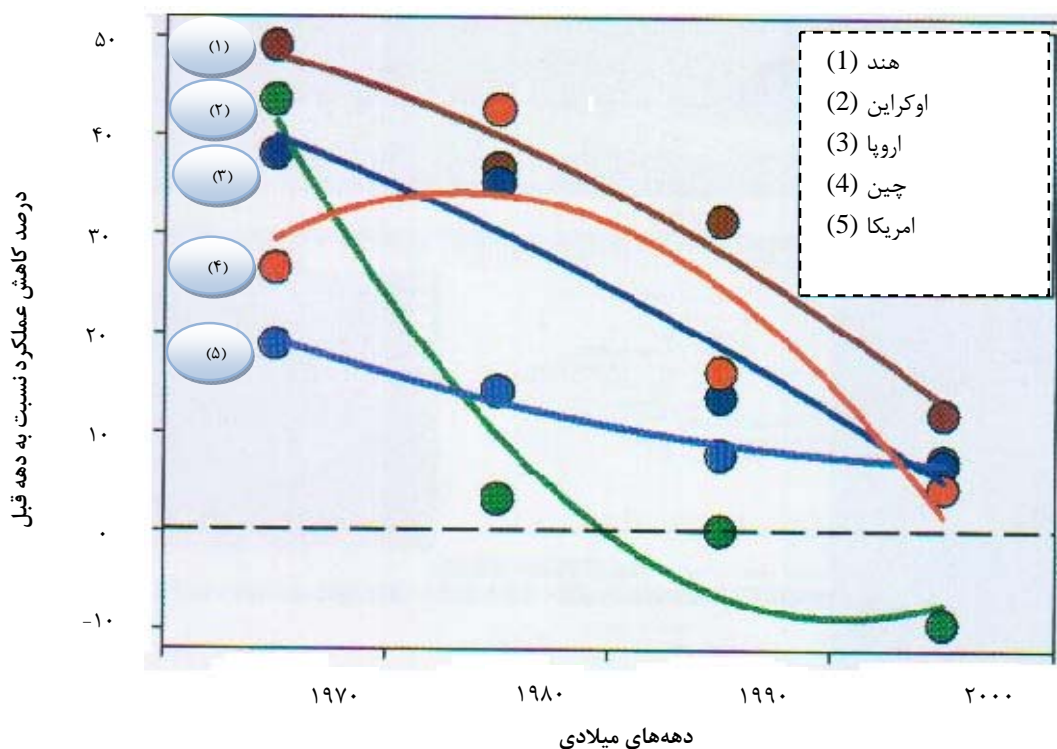
همچنین تغییرهای عمده‌ای باید در بخش دولتی کشاورزی ایجاد شود. اداره‌های مختلف وزارت کشاورزی، بخش ترویج کشاورزی و دانشکده‌های کشاورزی دارای تاریخچه طولانی در توسعه عملی و فنون کشاورزی هستند که اجرای آن‌ها علاقه و خواست مدیران دستگاه‌های مختلف را طلب می‌کند. یکی از نیازهای مهم در اجرای کشاورزی دقیق، تربیت نیرو در رشته‌های جامع‌تر (چند نظمی)^۱ و بین‌رشته‌ای (درون نظمی)^۲ است که بتوانند امور کشاورزی دقیق را به طور مطلوب اجرا نمایند و این کار نیاز به همکاری و اراده مدیران دارد. مسأله دیگر نحوه بودجه‌بندی دولتی برای اعمال این نوع فعالیت‌هاست که کنار گذاشتن و فراموش کردن نگاه تجاری به بودجه را می‌طلبد.

افزایش کارایی فتوسنتزی و میزان تبدیل مواد در گیاهان زراعی

ظرفیت تولید محصول هر گیاه، عبارتست از مقدار محصول در واحد سطح که یک ژنوتیپ می‌تواند در یک محل مشخص و در نبود تنش‌های زیستی و غیر زیستی، کسب نماید، و آن به طور تقریب نتیجه مقدار انرژی خورشیدی و کارایی جذب انرژی توسط

گیاه و تبدیل آن به زی‌توده و تغییر شکل زی‌توده به محصول نهایی یعنی میوه و دانه است. این محصول نهایی شاخص برداشت نامیده می‌شود. افزایش میزان محصول‌های غذایی، در اثر افزایش ظرفیت محصول از طریق ژنتیکی و کارهای زراعی به دست می‌آید. از طرفی ظرفیت عملکرد در اثر بهبود جذب انرژی و زیاد کردن شاخص برداشت، افزایش می‌یابد. بررسی‌های انجام شده روی رقم‌های زراعی جدید که در شرایط بهینه کشت می‌شوند، نشان می‌دهد که کارایی جذب انرژی حدود ۹۰٪ و شاخص برداشت تا ۶۰٪ بوده است و این نهایت کارایی توان زیستی گیاه است، زیرا همواره یک فاصله زمانی بین کاشت تا باز شدن برگ‌های گیاه وجود دارد که در آن فاصله گیاه نمی‌تواند همه انرژی خورشیدی را جذب کند و در نتیجه مقداری از زی‌توده در ساقه‌ها، برگ‌ها و ریشه باقی می‌ماند. رسیدن به این نهایت کارایی گیاه، عاملی است که علت کاهش میزان افزایش محصول در واحد سطح را در دهه‌های اخیر توجیه می‌کند و این کاهش در شکل ۱ برای چند کشور مشاهده می‌شود (۱۳).

برخلاف کارایی جذب انرژی و شاخص برداشت، کارایی تبدیل مواد در گیاه، تغییر جزئی نشان می‌دهد. کارایی تبدیل عبارتست از مقدار فتوسنتز انجام شده در گیاه در طول فصل رشد منهای انرژی از دست رفته از راه تنفس در گیاه. به طور معمول، کارایی تبدیل خالص انرژی جذب شده خورشیدی به انرژی زی‌توده برای رقم‌های زراعی جدید در طول فصل رشد، حدود ۵/۰٪ است. در حالی که محدوده زیستی آن بین ۴/۵٪ برای گیاهان C₃ و ۶٪ برای گیاهان C₄ تغییر می‌کند (گیاهانی که اولین مواد حاصل پس از جذب CO₂ در آن‌ها به ترتیب ترکیب‌های سه کربنه و چهار کربنه است). علت این که عملیات بهنژادی نتوانسته است کارایی تبدیل را افزایش دهد سه چیز است: اول این که هیچگونه همبستگی بین میزان فتوسنتز برگ با میزان محصول وجود ندارد. دوم این که به نظر می‌رسد که گیاهان زراعی اصلی ظرفیت محدودی برای صفت دانه‌بندی و پرشدن دانه دارند. و سوم این که گفته شده است چنانچه فتوسنتز کلید افزایش محصول باشد، می‌بایست عمل انتخاب به وسیله متخصصان بهنژادی به افزایش فتوسنتز بیانجامد. پژوهش‌های زیادی نشان داده است که رشد گیاهان زراعی در CO₂ بالا و در شرایط مزرعه سبب افزایش میزان فتوسنتز و تولید محصول شده است. سوال این است که آیا می‌توان از راه‌های ژنتیکی کارایی فتوسنتز را افزایش داد. برخلاف رشد برگ و شاخص برداشت، تغییرهای ژنوتیپی در فتوسنتز در بین گیاهان زراعی C₃ مانند گندم، برنج و سویا ناچیز است و تفاوت بین گونه‌ها نیز کم است. ولی این امکان را نباید نادیده گرفت که از طریق روش‌های مهندسی ژنتیک بتوان تغییرهای ژنتیکی ایجاد کرد و کارایی فتوسنتز را بالا برد. یک راه پیشنهادی وارد کردن ویژگی افزایش CO₂ سیانوباکتری‌ها به کلروپلاست گیاهان زراعی است. سیانوباکتری‌ها که از آن‌ها کلروپلاست‌های گیاهان زراعی تکامل یافته است، دارای سازوکاری برای افزایش میزان CO₂ مورد نیاز خود هستند. این ویژگی در تکامل گیاهان و در زمانی که مقدار CO₂ جو زمین چند برابر میزان فعلی بوده، از دست رفته است و وارد کردن این سازوکار به کلروپلاست گیاهان زراعی می‌تواند، دستکم در تئوری، کارایی فتوسنتز را به ۶۰٪ افزایش دهد. درضمن، معلوم شده است که تغییر در توزیع، زاویه و سایر ویژگی‌های برگ‌ها در چتر (کانوپی) گیاه زراعی کارایی فتوسنتزی انرژی خورشیدی، آب و مصرف نیتروژن را افزایش می‌دهد. به طور کلی مجموعه این گونه اقدام‌ها در سطح سلول، برگ و کانوپی می‌تواند کارایی تبدیل انرژی را در گیاهان مهم زراعی تا دو برابر افزایش دهد، در حالی که این کار از طریق کارایی جذب نور و شاخص برداشت امکان‌پذیر نیست.



شکل ۱- کاهش عملکرد در واحد سطح برای گندم در فاصله چهار دهه (۱۲).

واکاو‌های کنونی نشان می‌دهند که چنانچه فقط پیشرفت‌های معمول کنونی برقرار باشد، عملکرد جهانی محصول‌های اساسی غذایی یعنی گندم، برنج، ذرت و سویا خیلی کمتر از نیاز بشر در سال ۲۰۵۰ و این کمبود حدود یک سوم نیاز آن زمان خواهد بود. ولی پیشرفت ژنتیکی کارایی فتوسنتزی عاملی است که اگر اتفاق بیفتد می‌تواند تولید محصول‌ها را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد (۱۳).

تقویت بوم‌شناسانه ارتباط گیاه با محیط

برای برخورد با چالش غذا در سال ۲۰۵۰ نظر کلی متخصصان این است که کشاورزان برای تولید غذای بیشتر لازم است از مواد شیمیایی، انرژی و ماشین‌آلات کمتری استفاده کنند، به این ترتیب که از شدت نهاده‌ها کاسته و بر شدت عامل‌های بوم‌شناسانه (پایداری) بیفزایند. این عامل‌ها عبارتند از کارایی جذب کود و آب، کیفیت بهتر خاک از نظر مواد آلی و مواد غذایی، کاهش خسارت حشره‌ها و عامل‌های بیماریزا و کنترل گازهای گلخانه‌ای. قابل توجه است که حفظ کم مواد غذایی، از دست رفتن کربن آلی خاک، کارایی کم مصرف آب و وفور آفت‌ها از ویژگی‌های ذاتی زیست بوم‌های تک‌کشتی و تک‌ژنوتیپی است. در مقابل سرزمین‌های دارای توسعه زیست بومی و جایگزینی بلندمدت که دارای گیاهان چند ساله با تنوع بالای بین و داخل گونه‌ای هستند، برخورداری بیشتری از خدمات‌های زیست بومی حمایتی و تنظیمی مانند کارایی حفظ مواد غذایی و کربن و جذب آب، تنظیم جمعیت آفت‌ها و تولید محصول دارند (۹).

در مورد گیاهان زراعی مشکل اصلی در این باره، کمبود شدید گیاهان دائمی است. برای رفع مشکل و افزایش محصول دانه در گیاهان علفی یکساله، موسسه‌های زیادی از جمله موسسه زمین^۱، دو راهکار زیر را پیشنهاد کرده‌اند (۸):

۱- انجام آمیزش‌های دور بین غلات یکساله و گونه‌های دائمی مرتبط با آن‌ها به منظور انتقال صفت دائمی بودن به غلات یکساله.

۲- اهلی کردن سریع دوره‌های حاصل از آمیزش‌های یاد شده از طریق انتخاب و آمیزش داخلی به منظور تثبیت صفت عدم ریزش دانه، بوجاری آسان، افزایش اندازه و کاهش خفنگی دانه.

برنج، گندم و سورگوم دائمی مثال‌هایی از انجام آمیزش‌های دور هستند که منتهی به تولید نوعی گندم دائمی به نام *Kernza wheat grass* (نوعی گندم دائمی که از اهلی کردن علف گندمی وحشی یعنی *wheat grass* با نام علمی *Thinopyrum* با ریشه‌های بسیار زیاد و عمیق نسبت به گندم معمولی به دست آمده است. آرد *Kernza* می‌تواند جایگزین آرد گندم شود یا با آرد گندم مخلوط و برای تولید نان به کار رود) و نوعی گیاه‌دانه روغنی به نام *Silphium* از طریق اهلی کردن سریع دوره‌های دور شده است. این گیاهان زراعی دائمی شباهتی به گیاهان وحشی یا گیاهان زراعی معمولی ندارند و لازم است در مورد آن‌ها روش‌های مدیریتی جدیدی اعمال شود.

برای رسیدن به هدف تقویت بوم شناسانه گیاهان دائمی تا سال ۲۰۵۰، لازم است در سال‌های آینده کارهای پایه و مهم بیشتری برای تهیه غلات، حبوبات، گیاهان لیفی و گیاهان دانه روغنی دائمی، صورت گیرد. با اختصاص بودجه کافی می‌توان گروه‌های پژوهشی متعددی متشکل از متخصصین بهنژادی، ژنتیک، بوم شناسی زراعی و زراعت ایجاد نمود که هر گروه روی غلات، حبوبات و سایر گونه‌های دائمی متناسب با اقلیم خود تحقیق کنند. مزایای مهم گیاهان دائمی حفاظت خاک و کاهش هزینه‌های نهاده‌ها و انرژی برای زراعت آن‌ها در مناطق توسعه یافته خواهد بود (۹).

مهندسی ژنتیک عاملی مهم در امنیت غذایی

در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی گروه پژوهشی *Chilton* (خانم *Chilton* بنیان‌گذار شرکت *Syngenta* *Biotechnology* است) نشان داد که یک باکتری گیاهی می‌تواند به عنوان ابزاری برای انتقال ژن از یک موجود به داخل سلول گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. *Chilton* در ۱۹۸۲، سازوکار انتقال ژن از باکتری اگروباکتریوم برای تولید یک گیاه تراریخت را کنترل کرد. این کشف مهم منجر به پیدایش ابزار دقیق جدیدی برای حفاظت از گیاه و نیز افزایش محصول شد. در سال ۲۰۱۳ او و دو نفر دیگر از دانشمندان به خاطر توسعه این فناوری، برنده جایزه جهانی غذا شدند. با توسعه سریع این فناوری، میلیون‌ها هکتار از کشتزارهای جهان زیر کشت گیاهان تراریخته رفته است (۸). گرچه برخی اثرهای سوء احتمالی به گیاهان تراریخته نسبت داده می‌شود، ولی دست‌اندرکاران تهیه این گیاهان خود به این اثرها آگاه بوده و از سال‌ها قبل با پژوهش‌هایی که انجام داده و می‌دهند در رفع آن‌ها اقدام نموده‌اند.

تنها راهبرد رسیدن به امنیت غذایی پایدار در سال ۲۰۵۰ و بعد از آن، شناخت ظرفیت‌های گیاهی از طریق ابداع و نوآوری است. کشاورزان مترصدند که گیاهان زراعی دارای صفت‌های خوب مانند تحمل در برابر حشره‌ها، دارای مصرف بهینه آب و با محصول و کیفیت روغن و پروتئین بالا را مورد کشت و کار قرار دهند و این کار را به سرعت انجام می‌دهند.

زیست‌فناوری کشاورزی کلید تولید پایدار مواد غذایی در آینده خواهد بود، زیرا با این فناوری می‌توان ژن‌های دلخواه را به گیاهان زراعی وارد نمود و کاری را که طبیعت به طور تصادفی انجام می‌دهد، زیست‌فناوری با اراده انسان انجام خواهد داد. این فناوری مصرف کمتر مواد شیمیایی و سموم و عملیات زراعی ساده‌تر و مناسب با محیط مانند کشت بدون شخم را نوید می‌دهد (۸).

دانشمندان مهندسی ژنتیک امیدوارند که بتوانند در آینده تعداد زیادی ژن را به هر قسمتی از ماده ژنتیکی بدون بروز آثار جانبی غیر دلخواه، وارد نمایند. این در حالی است که در بهنژادی سنتی ژن‌های غیر دلخواه دیگری همراه ژن مورد نظر وارد گیاه می‌شوند. به طور معمول، ویژگی‌های چندگانه در یک محصول در داخل ژنگان (ژنوم) آن به طور پراکنده قرار دارند و برای متخصص بهنژادی سنتی دشوار است که فعالیت آن‌ها را رصد و آن‌ها را تکثیر نماید. در حالی که قرار است در آینده بتوان تعداد زیادی ژن دلخواه را به محل مشخصی از ژنگان گیاه وارد نمود. گرچه در حال حاضر نگرانی‌هایی در مورد گیاهان تراریخت ایجاد شده است ولی

این نگرانی‌ها چندان با اهمیت نبوده و انسان ناچار است از فناوری مهندسی ژنتیک به خاطر مزایای آن برای تأمین بذره‌های پر محصول استفاده کند تا از این راه از کمبود مواد غذایی جلوگیری شود (۸).

نوع زیستی

در جهان هستی هر موجودی وظیفه‌ای را به عهده دارد و همه موجودها با همکاری هم زنجیره زیستی را در کره زمین حفاظت می‌کنند، به طوری که حذف یک موجود حتی کوچک و بی‌اهمیت از نظر بشر، اختلالی در آن زنجیره ایجاد می‌کند. برای مثال زنبورها چه زنبورعسل و چه سایر گونه‌های زنبور که در آمریکا از تنوعی حدود ۴۰۰۰ گونه بومی برخوردارند، ۷۵٪ میوه‌ها، سبزی‌ها و گیاهان زراعی آمریکا که ارزش سالانه آن‌ها بین ۲۰ تا ۳۰ میلیارد دلار است را گرده‌دهی و بارور می‌کنند. گرچه در مورد زنبورها ارزش تنوع آن‌ها تا حدودی مشخص شده است ولی قابل توجه است که مجموعه گیاهان (flora) و زیباگان (fauna) موجود در هر منطقه خدمات‌های بوم‌شناسانه مهمی به کشاورزان ارائه می‌دهند که اهمیت و ارزش همه آن‌ها هنوز مشخص نشده است. برای مثال علف‌های هرز عامل خدمت‌رسانی به حشره‌ها از جمله حشره‌های کنترل‌کننده آفت‌ها هستند. علف‌های موجود در حاشیه‌ها و فاصله‌های کشت زراعت‌ها اهمیت زیادی در جلوگیری از فرسایش خاک و تصفیه آب دارند. گیاهان خودرو در ترسیب کربن و تصفیه هوا مؤثر بوده و محیط مناسبی برای حیات وحش به حساب می‌آیند (۱۴).

چنانچه کشاورزان زمین‌هایی دارند که از نظر تولید چندان فعال نیست مانند زمین‌های دارای درختان غیرمثمر و کشتزارهای متروکه و مشابه آن، بهتر است آن‌ها را تبدیل به زمین زراعی نکنند، زیرا نگهداری این گونه زمین‌ها منابعی برای حشره‌های مفید هستند. برای مثال لارو شب‌پره نظامی (کرم‌های نظامی)^۱ که آفت غلات و از جمله ذرت است توسط تعدادی حشره‌های مفید مورد حمله قرار می‌گیرد. بیش از ۱۰ تا ۱۲ گونه زنبور در داخل بدن این لارو تخم‌ریزی می‌کنند. نوعی مگس به نام Tachinid flies روی بدن این لارو تخم‌های خود را قرار می‌دهد و لاروهای آن پس از خروج از تخم، داخل بدن لارو شب‌پره می‌روند و تغذیه می‌کنند. این حشره‌های مفید نیاز به منابع گیاهی به عنوان میزبان‌های ثانوی برای تأمین انرژی خود و زمستان‌گذرانی دارند و زمین‌های آیش و زمین‌هایی که شرح آن‌ها گذشت این نیازها را برآورده می‌کنند. مثال دیگر سوسک‌های Carabid ground beetles است که از شته‌ها، لاروهای بالپولک‌داران^۲، تخم حشره‌ها و بذر علف‌های هرز مانند دم‌روباهی^۳ تغذیه می‌کنند و برای زنده ماندن نیاز به مقداری علف‌های گرامینه دارند که در مزرعه یا در حاشیه مزرعه می‌رویند.

در کالیفرنیا بعضی کشاورزان کاهوکار در کشتزارهای خود ردیف‌هایی از گل‌های زینتی می‌کارند. مگس‌های Syrphid flies (مگس گل یا Flower or hover flies) که لارو آن‌ها از شته‌ها تغذیه می‌کنند برای تخم‌ریزی خود نیاز به گرده گل‌های زینتی به عنوان منبع پروتئین دارند و گل‌های زینتی کاشته شده در بین کاهوها این نیاز را تأمین می‌کنند. در مورد شته سویا معلوم شده است که گیاهان موجود در زمین‌های کشت نشده در شعاع یک مایلی کشتزارهای سویا، محیط مناسبی برای رشد کفشدوزک‌هاست که دشمن طبیعی شته‌ها هستند.

برای حفظ تنوع زیستی لازم است مدیریت خاصی در مزرعه اعمال شود. برای مثال (۱۴):

- ۱- برای مبارزه با علف‌های هرز از مبارزه تلفیقی بیشتر و از علفکش‌ها کمتر استفاده شود. در صورت نیاز به استفاده از علفکش عمل سمپاشی در هوای آرام (هوای بادی کمتر از ۱۶ کیلومتر در ساعت) انجام شود که علفکش به حشره‌های مفید اطراف مزرعه صدمه کمتری داشته باشد.
- ۲- تناوب زراعی در کنترل رشد گونه‌های مختلف علف‌های هرز و شکستن چرخه علف‌هرز- آفت و مدیریت آفت‌ها تأثیر قابل توجهی دارد.
- ۳- کشت گیاهان پوششی و کنترل مکانیکی علف‌های هرز نیز لازم است مدنظر قرار گیرد.

۴- حذف تک‌کشتی و روی آوردن به کشت مخلوط یا چند کشتی دو یا چند گیاه زراعی سبب جذب و حفظ بیشتر حشره‌های مفید می‌گردد.

۵- زیر کشت نگذاشتن مقدار کمی از زمین‌های زراعی در مقایسه با کاشت همه زمین‌های زراعی در یک محیط موجب افزایش تنوع زیستی و حفظ بیشتر حشره‌های مفید می‌شود که می‌تواند ضرر ناشی از عدم کاشت قسمتی از زمین‌ها را با افزایش حشره‌های شکارچی و در نتیجه کم شدن هزینه سمپاشی و خسارت آفت‌ها، جبران نماید.

بهنزادی و افزایش غذا

رقم‌های اصلاح شده موجب افزایش کمی و کیفی محصول‌های غذایی در جهان و ایران شده است و امروز نیز نقش عمده‌ای در این زمینه دارد. از اوایل دهه ۱۹۳۰ میلادی با پیدایش رقم‌های دورگه (هیبرید) ذرت، محصول این گیاه از ۱/۳ تن در هکتار به ۷/۵ تن در هکتار در سال ۱۹۸۵ رسید. در مورد گندم با اصلاح برای مقاومت به زنگ زرد و تهیه رقم‌های پاکوتاه کودپذیر در دهه ۱۹۶۰ عملکرد این گیاه از ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار به ۴۰۰۰/- کیلوگرم در هکتار رسید و موجب نجات مردم هند و پاکستان از گرسنگی گردید. پیدایش رقم‌های اصلاح شده برنج پاکوتاه نیز عملکرد این گیاه را در کشورهای مختلف از جمله فیلیپین، ژاپن، هندوستان و پاکستان به طور چشمگیری افزایش داد. فعالیت متخصصان بهنزادی در مرکزهای تحقیقاتی جهان و ایران سبب ایجاد رقم‌های مقاوم به آفت‌ها و بیماری‌ها شده است که از این میان می‌توان رقم‌های گندم مقاوم به زنگ‌ها، پنبه مقاوم به بوته‌میری ورتیسیلیومی و یونجه مقاوم به شته را نام برد. ایجاد رقم‌های مقاوم به تنش‌های محیطی نازیوا مانند خشکی، سرما و گرما نیز خدمات‌های شایانی به کشت و افزایش محصول گیاهان زراعی نموده است. تناسب و سازگاری برای برداشت مکانیزه گیاهان زراعی، در نتیجه اصلاح رقم‌هایی با ویژگی‌های خاص عملی شده است. برای مثال با کشت رقم‌های مونوژرم در چغندرقد، تراکم بوته در واحد سطح به خوبی کنترل و از صرف هزینه‌های گزاف تنک کردن جلوگیری می‌شود. تهیه و کشت رقم‌های پاکوتاه در ذرت خوشه‌ای برداشت آن را با کمترین عملی نمود و در هزینه‌های برداشت با دست صرفه‌جویی به عمل آمد. اصلاح رقم‌های مقاوم به ریزش دانه نیز نقش مهمی در برداشت مکانیزه تعدادی از گیاهان زراعی داشته است (۵).

طول روز یا نورگاه (فتوپریود) عامل مهمی در گلدهی و باروری گیاهان به شمار می‌رود و در هر منطقه با عرض جغرافیایی خاص رقم‌های خاصی مورد نیاز است. این مسأله یعنی تطابق گیاهان زراعی با طول روز در اصلاح رقم‌های مختلف گیاهان همواره مورد توجه متخصصان قرار گرفته است (۵).

در ایران نیز فعالیت‌های اصلاح بذر در گیاهان زراعی از جمله گندم و چغندر از اوایل دهه ۱۳۰۰ هجری شمسی توسط بنگاه چغندرقد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و وزارت جهاد کشاورزی شروع شد. با ایجاد مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر در سال ۱۳۳۸ فعالیت‌های اصلاح بذر در کشور روال رسمی خود را پیدا کرد و به تدریج اصلاح رقم‌های مختلف زراعی و باغی از جمله گندم، جو، چغندرقد، پنبه، برنج، دانه‌های روغنی و سایر گیاهان رونق گرفت که منجر به تهیه رقم‌های اصلاح شده در این محصولات و افزایش تولید آن‌ها شده است. اقدام‌ها و خدمات‌هایی که متخصصین بهنزادی در جهان و ایران انجام داده‌اند بسیار گسترده است که بیان همه آن‌ها در این مقاله نمی‌گنجد. برای مثال، یکی از این فعالیت‌ها به نام تقویت زیستی در این جا، به شرح زیر مورد بحث قرار می‌گیرد:

تقویت زیستی^۱

گرسنگی بزرگترین خطر سلامت مردم جهان محسوب می‌شود که به تنهایی بیش از سه بیماری ایدز (AIDS)، مالاریا و سل جان مردم را می‌گیرد (۱۵). یک هفتم مردم دنیا از گرسنگی رنج می‌برند و سالانه حدود پنج میلیون کودک در اثر گرسنگی می‌میرند که بیشتر آن‌ها در آسیا، آفریقا و منطقه اقیانوس کبیر هستند. یک عامل مهم در گرسنگی، کمبود عناصر کم مصرف است.

این عامل که گرسنگی پنهان نام گرفته است در اثر کمبود ویتامین‌ها و مواد معدنی مانند آهن، روی، ید و ویتامین A بروز می‌کند که بیماری‌های زیادی مانند کوری، خسارت مغزی و مرگ را موجب می‌شود.

در ۲۰ سال گذشته راهبردی به کار رفته که مشکل سوءتغذیه به طور ریشه‌ای و در خود گیاهان زراعی حل شود. در سال ۱۹۹۳ میلادی گروهی از پژوهشگران دست به کار شدند و از طریق بهنژادی ظرف مدت ۲۰ سال توانستند رقم‌هایی از گیاهان زراعی تهیه کنند که افزون‌بر افزایش محصول، از نظر مواد کم مصرف نیز غنی باشند و این فعالیت مهم تقویت زیستی نام گرفت، به طوری که امروزه لوبیا و ارزن دارای آهن، گندم و برنج حاوی روی و ذرت و کاساوا و سیب‌زمینی شیرین با ویتامین A کافی تهیه و تولید شده‌اند (۱۵). تقویت زیستی به عنوان شاخه جدیدی از علوم شناخته شده است که از پیوند بین کشاورزی و علم تغذیه حاصل شده است و موفقیت‌های زیادی در تأمین مواد کم مصرف در گیاهان زراعی داشته است، ولی هنوز راه زیادی در پیش است که باید طی شود.

منابع

- ۱- سپاس خواه، ع.ر. ۱۳۹۵. راهکارهای مقابله با چالش تامین غذا در ایران. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۳۴-۲۳: ۱(۱).
- ۲- شریفی‌تهرانی، ع. ۱۳۹۰. چکیده طرح پژوهشی: بررسی مسائل کشاورزی و منابع طبیعی کشور و پیشنهاد راه‌حل آن‌ها. خبرنامه فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، ۲۶-۳۹: ۲۳.
- ۳- کلانتری، ع. ۱۳۹۳. کشت برنج در استان‌های غیر شمالی. روزنامه فرهیختگان، شماره ۱۵۸۷، ۱۲ بهمن ۱۳۹۳.
- ۴- گروه علوم کشاورزی فرهنگستان علوم. ۱۳۸۹. خلاصه مقالات همایش اقتصاد محیط زیست. فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران. ۱۶ صفحه.
- ۵- یزدی صمدی، ب. ۱۳۷۶. اصلاح نباتات. در گزارش نهایی طرح آینده غذا (مجری مسئول: داریوش مظاهری). گروه علوم کشاورزی فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران. صفحه‌های ۵۳۱ تا ۵۷۶.
- ۶- یزدی صمدی، ب. ۱۳۹۵. چالش‌های تولید محصولات زراعی و راه‌های مقابله با آن‌ها. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۶۲-۵۱: ۱(۱).
- 7- Bohn, M. 2014. Feeding the world in 2050. CSA News Magazine, November 2014, pp. 4-5.
- 8- Chilton, M. 2014. Genetic engineering will drive food security. CSA News Magazine, November 2014, pp. 18 & 21.
- 9- Crews, T., T. Cox, L. De Haan, S. Damaraju, W. Jackson, P. Nabukalu, D. Van Tassel, and S. Wang. 2014. New roots for ecological intensification. CSA News Magazine, November 2014, pp. 16-17.
- 10- Fisher, M. 2012. Precision ag in the developing world. CSA News Magazine, February 2012, pp. 4-9.
- 11- Hanson, C. 2014. A menu of Solution. CSA News Magazine, November 2014, pp. 14 & 17.
- 12- Janzen, H.H., P.E. Fixen, A. J. Franzlubbers, J. Hattey, R. C. Izaurralde, Q. M. Ketterings, D.A. Lobb, and W.H. Schlesinger. 2011. Critical issues facing humanity and how soil scientists can address them. CSA News Magazine, April 2011, pp. 4-11.
- 13- Long, S. and X.-G. Zhu. 2014. Photosynthesis: the final frontier. CSA News Magazine, November 2014, pp. 12-13.
- 14- Maddox, N. 2014. Cultivating biodiversity: Reaping the benefits of eco-friendly farming. CSA News Magazine, September 2014, pp. 4-9.
- 15- Morgan, J. 2013. Biofortification: Lasting solutions to micronutrient malnutrition and world hunger. CSA News Magazine, January 2013, pp. 4-9.

- 16- Schneider, C. 2013. Three shades of water: Increasing water security with blue, green and gray water. CSA News Magazine, October 2013, pp. 4-9.
- 17- Schueller, J. 2014. A long way to go. CSA News Magazine, November 2014, pp. 10 & 13.
- 18- Schwartz, J.D. 2014. Toward food security in 2050. CSA News Magazine, November 2014, pp. 8-9.
- 19- Turner, N.C., Feng-Min Li, Y.-C. Xiong and K.H.M. Siddique. 2011. Climate change and agricultural ecosystem management in dry areas. CSIRO publishing. Crop and Pasture Science, 62, i-ii (http://dx.doi.org/10.1071/CPv62n6_ED).

Role of Prospective Technologies for Food Security in Iran and the World

B. Yazdi Samadi^{1,2}

It has been estimated that the population of Iran in 2025 and 2050 will reach to 90 and 115 millions, respectively. World population in the same years will be about 7.7 and 9 billions. Agronomists agree that, using today's tools of production, food shortage in the world in 2050 will be about one third of the needs of that time. Thus, suitable technologies must be used to confront food shortage for the increasing population. Such technologies include: reducing food wastes, change in people's feeding habit, appropriate population growth, increase in production of agricultural lands by using high yielding seeds and better soil and water management methods, meat and milk yields increase in unit of area using sustainable management procedures, increase in sea fish population sources, and using aquaculture production techniques. All of these must be done in a manner to increase yield per hectare, and decrease their negative impacts on climate and ecosystems. In this way, crop producers will be urged to reduce agricultural input and meanwhile to make more effort to reach sustainability by increasing water and fertilization efficiency, soil quality in terms of carbon and nutrient, reducing insect pests and pathogens damages and greenhouse gas control. Procedures and policies to be considered in this way are environmental, climatic and natural resources conservation, confronting negative impacts of flood, drought and frost, soil and water preservation measures, precision agriculture and use of special tools and machinery, photosynthetic and net conversion efficiency to intercept solar energy into more biomass, increasing plant-environment ecological relations, use of agricultural biotechnology and genetic engineering, biodiversity control, and breeding for higher yield and biofortification.

Key Words: Biodiversity, Biofortification, Biotechnology, Food security, Precision agriculture.

1. Corresponding author, Email: bsamadi@ut.ac.ir.

2. Fellow of Academy of Sciences and Emeritus Professor, University of Tehran, Tehran, I.R. Iran.