استفاده از اتم در کشاورزی پایدار*

نگاهی به چگونگی کاربرد تکنیکهای استفاده از ایزوتوپها در جهت کمک به تقویت خاکهای زراعی و تولید بیشتر محصولات کشاورزی در جهان

خشکیها بیش از ۲۹ درصد سطح کره زمین را تشکیل می‌دهد که همین مقدار می‌تواند ۹۸ درصد غذای مورد نیاز را تولید کند.

بیشتر خاکهای موجود در سطح زمین چندان حاصلخیز نیست و تنها ۱۱ درصد آن بسیار حاصلخیز، ۲۸ درصد در حد متوسط و ۶۱ درصد از حاصلخیزی پایینی برخوردار است.

در بیشتر کشورهای در حال توسعه کار اداره زمینهای کشاورزی و دیگر اقدامات در جهت تقویت خاکهای زراعی به منظور تولید بیشتر محصولات کشاورزی با روند کندی روبه‌روست و از طرف دیگر بهره‌برداری از معادن نیز در جهت تخریب خاک، افزون بر علت است. به همین دلیل وقت آن رسیده است که در این کشورها استفاده صحیح از آب و کودهای مختلف به منظور تقویت خاک در امر کشاورزی مورد توجه بیشتری قرار گیرد و اهمیت ویژه‌ای به آن داده شود.

---

* این مقاله از بولتن آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (جلد ۳۷ شماره ۲) ترجمه شده است.

کوشش در جهت کاستن از نابودی خاکهای زراعی (جلوگیری از فرسایش خاک) و نیز تأمین مواد تقویت‌کننده خاک امری بسیار اساسی است و سازمانهای بسیاری در کشورهای مختلف توجه خاصی به آن دارند. اصل مطلب آن است که از طریق اعمال روشهای صحیح نسبت به تقویت خاک با مواد تقویت‌کننده بتوانیم از زمین زراعی بهترین و بیشترین محصول را به طور مستمر برداشت کنیم که از جهات مختلف اجتماعی ـ اقتصادی و اکولوژیکی بسیار حیاتی است. تکنیکهای هسته‌ای و ایزوتوپی در انجام تحقیقات در این زمینه سهم و نقش بسیار مهمی دارد. تفاوت کاربرد تکنیکهای هسته‌ای با سایر روشهای کلاسیک در امر تحقیقات کشاورزی آن است که در روشهای هسته‌ای، می‌توان اطلاعاتی به دست آورد که از راه اعمال روشهای معمول میسر نیست.

در این مقاله به چگونگی استفاده از تکنیکهای هسته‌ای در تحقیقات کشاورزی که تا به حال انجام شده و هنوز هم ادامه دارد نگاهی گذرا خواهیم داشت.

قابل ذکر است که آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و سازمان خواربار و کشاورزی جهانی در امر تشویق و ترغیب استفاده از تکنیکهای هسته‌ای در دنیا سهم عمده‌ای داشته است و با کمکهای مشترک این دو سازمان (بویژه بخش تکنیکهای هسته‌ای در امور مواد غذایی در کشاورزی که مقر آن در وین است). از سال ۱۹۶۴ تاکنون پروژه‌های بسیاری را در نقاط مختلف جهان به اجرا گذاشته است.

تاریخچه

آغاز استفاده از ایزوتوپها مربوط است به سال ۱۹۲۳ و تحقیقات جی وی هیوسی (G.V.Hevesy) که آغاز کاربرد ایزوتوپها در تحقیقات مربوط به خاک و محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. ۳۵ سال بعد یعنی در سال ۱۹۵۹ که آژانس بین‌المللی انرژی اتمی تازه تأسیس شده بود، قراردادی در این زمینه با کشور ژاپن و آلمان به منظور مطالعه بررسی کیفیت و تأثیر استفاده از کودهای مختلف در خاکهای زراعی منعقد کرد و از آن به بعد نیز برای انجام همین هدف در کشورهای مختلف و توسط هیئتهای مختلف علمی قراردادهای بسیاری بست و نتایج کار حاکی

از آن است که کاربرد و استفاده از تکنیکهای ایزوتوپی در جهت بالا بردن کیفیت و سودمندی انواع کودها و تقویت‌کننده‌ها در خاک و همچنین مقدار مصرف حداقل آنها نسبت به سایر روشهای معمول مؤثر بوده است. برای مثال با علامتگذاری نوعی عنصر تقویت‌کننده موجود در یک نوع کود و ردیابی آن در اندامهای گیاهی به وسیله ایزوتوپ می‌توان میزان و مقدار مصرف آن را توسط گیاه به طور مستقیم تعیین کرد و در عین حال این میزان مصرف را با مقدار مصرف سایر عناصر و مواد دیگر که گیاه جذب کرده مقایسه نمود و به نتیجه‌گیریهای بسیار سودمندی رسید.

مطالعه و بررسی کودها

با استفاده از همین تکنیک در سی ساله اخیر کارهای بسیاری بر روی کودهای مختلف و تأثیر و مقدار مصرف آن بر روی غلات اصلی نظیر برنج و ذرت و گندم انجام شده است. هدف اصلی از انجام چنین تحقیقاتی از یک طرف تعیین حداقل مقدار استفاده از کودهای مختلف برای به دست آوردن بالاترین مقدار محصول در امر کشاورزی و از طرف دیگر نیز به حداقل رساندن ضایعات و آثار نامطلوب ناشی از استفاده از کودها در محیط زیست بوده است. برای مثال: در بررسیهای مختلفی که توسط دانشمندان و با استفاده از ازت ۱۵ در کشورهای مختلف به عمل آمده است نتایج بسیار مطلوبی از لحاظ مقدار حداقل کود مورد استفاده برای به دست آوردن حداکثر محصول در شرایط مختلف آب و هوایی و خاکهای نقاط مختلف حاصل شده است یا در موردی دیگر در سال ۱۹۶۲ در ۵ کشور تحقیقات بسیار مفیدی بر روی برنج با نشانه‌گذاری به وسیله ازت ۱۵ انجام شد که نتایج بسیار مطلوبی در زمینه استفاده از کود آمونیوم که ترکیبی است دو قسمتی به دست داد و در این بررسی بخصوص معلوم شد کدام یک از دو قسمت ترکیبی نیترات آمونیوم در رسانیدن مقدار ازت لازم برای محصول مؤثرتر است و در چه عمق از خاک باید این کود را با خاک مخلوط کرد. به همین ترتیب تحقیقات بسیاری در همین زمینه بر روی انواع دیگر غلات انجام شد و نتایج مطلوبی به دست آمد.

ازت اتمسفر

با آن که گاز ازت بیشترین مقدار را در اتمسفر تشکیل می‌دهد (۷۸ درصد کل) کمبود آن در خاک یکی از مؤثرترین عوامل محدودکننده برای رشد گیاه است. تنها بعضی از گیاهان می‌توانند به طور مستقیم ازت را از اتمسفر جذب کنند و برای تولید بقیه محصولات به طور معمول تأمین کودهای ازته زمینه‌های بالایی را می‌طلبد.

همان طور که می‌دانیم بعضی گونه‌های گیاهی نظیر یونجه می‌توانند ازت هوا را از طریق سیستم همزیستی (Symbiosis) با بعضی از میکروارگانیسمها به طور مستقیم در خود تثبیت کند بدین طریق ازت موجود در خاک نیز افزایش می‌یابد. این عمل به طور اختصار (BNF) یا Biological Nitrogen Fixation یا تثبیت بیولوژیکی ازت نامیده می‌شود. به تازگی در هر دو دسته کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه استفاده از این نوع گیاهان به منظور افزایش ازت خاک مورد توجه بیشتر کشاورزان قرار گرفته است. یکی از مزیتهای این روش نسبت به کوددادن مستقیم به خاک، اقتصادی بودن آن و دیگری جلوگیری از آلودگی محیط زیست است. باز هم در این مورد آژانس بین‌المللی انرژی هسته‌ای و سازمان خواربار و کشاورزی جهانی در ۲۰ ساله اخیر بررسیها و تحقیقات بسیاری در زمینه میزان کم و زیادی (BNF) در گیاهان تثبیت‌کننده در سراسر جهان انجام داده و نتایج حاصل نشان می‌دهد که اختلاف ژنوتیپی قابل توجه‌ای میان کولتیوارهای معمول و متداول در کشورهای مختلف از نظر میزان تثبیت ازت وجود دارد. در بین این گیاهان بسیاری گونه‌های درختی تثبیت کننده ازت خاک نیز مورد بررسی قرار گرفته که بعضی از آنها به خاطر رویش در زمینهای فقیر و همچنین کنترل فرسایش خاک دارای ارزش بالایی هستند.

بعضی از این پژوهشها نیز بر روی نوعی از سیانوباکتریهای[1] (جلبکهای سبز - آبی) متعلق به جنس آنابنا (anabaena) بویژه گونه A.azolla در همزیستی با نوعی گیاه به نام آزولا[2]

---

۱. سیانو باکترها، گروه بزرگ و گوناگونی از پروکاریوتها هستند که دارای اندامکهای فتوسنتزی متفاوتی نسبت به دیگر باکتریهای کلروفیل‌دار بوده و پیش از این جلبکهای سبز - آبی نامیده می‌شدند.

۲. آزولا: نام مشترک جنسی از سرخسهای ریز شناور آبهای شیرین بوده که از راسته سالوینیالها،

Azolla که در کشتزارهای برنج در بسیاری از کشورهای آسیای جنوب شرق وجود دارد انجام گرفته و نتایج بسیار عالی از این پژوهشها به دست آمده است.

با استفاده از ایزوتوپها معلوم شد که باکتری (سیانوباکتر) پیشگفته نیز مانند باکتریهای موجود در ریشه‌های بقولات توانایی تثبیت کردن ازت هوا را داراست و همچنین می‌تواند از طریق کاستن میزان PH خاکهای آغشته به کود اوره (Urea) که به مزرعه‌های کشت برنج داده می‌شود، در افزایش مقدار جذب این کود در این گونه مزارع نیز بسیار مؤثر باشد.

در طی سالهای ۱۹۸۴ ـ ۱۹۸۹ در ۹ کشور تولیدکننده عمده برنج در دنیا یعنی بنگلادش، برزیل، چین، مجارستان، اندونزی، پاکستان، فیلیپین، سری‌لانکا و تایلند باکمک مالی این سازمان و کشور سوئد و با بهره‌گیری از رابطه همزیستی Azolla - Anabaena به عنوان تقویت‌کننده بیولوژیک، بررسیهای بسیار مفید و قابل استفاده‌ای انجام شده است. نتایج به دست آمده از چنین بررسیهایی، به علت گسترده بودن سطح پژوهش و شرایط مختلف آب و هوایی می‌تواند برای بسیاری از دانشپژوهان در سایر کشورها نیز قابل استفاده باشد.

فتوسنتز و استفاده از آب

استفاده از ایزوتوپها به منظور بررسی و مطالعه فتوسنتز و متابولیسم گیاهی به طور کامل میسر و قابل انجام است. چنانچه گیاه را در معرض دی‌اکسیدکربن نشانه‌گذاری شده قرار دهیم (کربن ۱۴) متابولیسم گیاهی و حرکت متابولیتها در گیاه را می‌توان از طریق تکنیک اتورادیوگرافی مورد بررسی قرار داد. در گذشته‌ای نزدیک کربن ۱۳ نیز به خاطر دسترسی بیشتر و آسان بودن کاربرد آن به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گرفت (گو اینکه گیاه نسبت به آن واکنش نشان می‌دهد). پژوهشهای انجام شده در مورد انتخاب گیاهان و درختانی که نیاز

خانواده آزولاسه، محسوب می‌شود. گونه‌های متعددی داشته و در قسمتهای داخلی شیارهای مرکزی اندامهای هوایی خود (مانند سطح بالایی برگهای ضخیم و کلروفیل‌دارش) در همزیستی با نوعی سیانو باکتر از جنس آنابنا (Anabaena) اقدام به تثبیت نیتروژن آزاد در جو می‌کند و از این نظر در کشاورزی پیشرفته، برحسب شرایط اقلیمی هر منطقه، از یک یا چند گونه آن برای استفاده‌های گوناگون، از جمله در حاصلخیزی خاک به عنوان کود بیولوژیکی بهره‌برداری فراوانی می‌شود. (ف.ا.ک.ت)

کمتری به آب دارند بسیار جالب توجه بوده است، به خصوص برای کشورهایی که دارای شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک هستند. در بررسیهایی که در تونس و مراکش به عمل آمده ژنوتیپهایی از گندم به دست آمده است که در مقابل کم آبی مقاومت بیشتری نشان می‌دهد و در عین حال نیز محصول خوبی از آنها به دست می‌آید. در سودان در نقاطی که صمغ عربی تولید می‌کنند گونه‌ای از آن به نام Acacia Senegal به دست آمده است که در مقابل خشکی مقاومت بسیار زیادی دارد و بالاخره موارد بسیار دیگری در کشورهای مختلف جهان در همین زمینه بررسی شده است.

در پژوهشی که در سال ۱۹۹۰ آغاز شده است، با استفاده از رطوبت‌سنجهای نوترونی توانسته‌اند نتایج بسیار مهمی در امر برنامه‌های آبیاری مزارع به دست آورند. این رطوبت‌سنجها مقدار و وضعیت حرکت آب را در مزرعه می‌تواند نشان دهد. به هر حال کشورهایی که در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک قرار دارند بنا به ماهیتشان که همیشه تولید محصول بستگی به وضعیت جوی داشته است و بالاخره می‌باید در این کشورها در امر برنامه‌ریزی کشت محصول و بویژه در مصرف آب دقت بیشتری به کار رود، اجرای چنین پژوهشهای علمی و استفاده از تکنیکهای یاد شده در جهت اندازه‌گیریهای مختلف می‌تواند کمک مؤثری در تأمین محصولات کشاورزی باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

حفاظت محیط زیست

در بسیاری از کشورها علاوه بر نیاز به بهبود روشهای تولید محصولات کشاورزی باید نسبت به عامل دیگری که موجب نگرانی است نیز توجه بیشتری شود. این عامل نگران‌کننده، مسئله وارد شدن مقداری ازت به آبهای زیرزمینی و آلوده‌شدن آنها است. در این شرایط باید در سطح جهان همزمان با کوششهایی که برای بالا بردن تولیدات کشاورزی به عمل می‌آوریم به طور همزمان باید مقدار ازت وارد شده به آبهای آشامیدنی را نیز کنترل کنیم. در این زمینه تحقیقات بسیاری با استفاده از ازت ۱۵ به منظور تعیین وضعیت رهایش ازت حاصل از کاربرد کودهای ازته و وارد شدن آن به محیط زیست، به عمل آمده و نتایج بسیار قابل توجهی به شرح

زیر حاصل شده است.

حداقل تا دو دههٔ دیگر یعنی زمانی که در آینده بتوان برای برنامه‌های کشاورزی کنونی راه‌حلهای دیگری جانشین کرد می‌توان استفاده از کودهای ازته رایج را ادامه داد.

در نتیجه بررسیها معلوم شده که مقدار زیادی از ازت موجود در خاک و همچنین ازت حاصل از کودهای ازته از زمینهای زیر کشت، راه خود را به سایر منابع در محیط زیست پیدا می‌کند و می‌باید با به کارگیری روشهای صحیح و پژوهشهای لازم مقدار کودهایی که لازم است به خاک داده شود کنترل شود تا مقدار ازت وارد شده در محیط زیست به حداقل برسد.

بررسیها نشان می‌دهد که در بعضی نقاط مقدار نیترات موجود در زمین و آبهای آشامیدنی همچنان رو به افزایش است و باید نسبت به مبدأ تولید آن توجه بیشتری شده و نظارت دقیقتری انجام گیرد.

در کشورهای در حال توسعه از دست رفتن ازت کودها در خاک و اضافه دادن کود، تنها به معنای هزینه بیشتر کشت محسوب می‌شود، در حالی که در کشورهای توسعه یافته افزایش استفاده از این نوع کود یعنی آلوده شدن بیشتر و به خطر افتادن محیط زیست.

به هر حال نتیجه این بررسیها نشان می‌دهد که لازم است هر چه زودتر نسبت به روشهای مدیریت کشاورزی و اداره محیطهای زیر کشت دقت و توجه بیشتری به کار رود و تا آنجا که ممکن است با استفاده از راههای سودمند دیگری نظیر بهره‌برداری از ازت حاصل از پدیده‌های بیولوژیکی و تثبیت ازت هوا در خاک به وسیله میکروارگانیسمهای تثبیت کننده نیتروژن، مقدار استفاده از کودهای ازته در زراعت را کاهش داد.

خدمات و آموزش

در این مورد آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و نیز سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد اقداماتی را صورت داده است. از آن جمله می‌توان به اجرای برنامه‌های آموزشی توسط بخش خاکشناسی آزمایشگاه بیوتکنولوژی این دو سازمان اشاره کرد.

از سال ۱۹۷۸ تاکنون هر ساله برنامه‌های آموزشی استفاده از ایزوتوپها و رادیو اکتیویته

در ارتباط با خاک و گیاه در این آزمایشگاه برگزار می‌شود.

برنامه‌های آموزشی به طور معمول به مدت ۵ الی ۶ هفته برای ۲۰ نفر شرکت کننده از سراسر جهان اجرا می‌شود.

علاوه بر موارد بالا، اعطا بورس تحصیلی برای ده نفر به مدت شش ماه تا یک سال در جهت آشنایی بیشتر با روشهای نوین استفاده از ایزوتوپها در علوم کشاورزی و همچنین کار در برنامه‌های تحقیقاتی خود سازمان و ارائه کار پژوهشی برای کشور متبوع دانشجوی شرکت‌کننده، از دیگر برنامه‌های این سازمان بوده است. لازم به یادآوری است که بازدیدهای بسیار کوتاهمدت برای دانشمندان کشورهای مختلف نیز تدارک دیده شده است.

این سازمان همه ساله جهت اجرای پروژه‌های تحقیقاتی زیر پوشش خود کمکهای فنی قابل ملاحظه‌ای به کشورهای مختلف ارائه می‌دهد.

ن.س.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی