کاربرد فناوری نانو در کشاورزی (قسمت اول)

Nanotechnology in Agriculture (Part one)

سعید شکیب‌منش

کارشناس ارشد علوم و تکنولوژی بذر، حوزه مدیریت بذر تحقیقات آموزش، شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

مقدمه:

افزایش تولید و بهره‌وری محصولات کشاورزی از طریق اصلاح ارقام، مدیریت گیاهان زراعی و حفاظت از آن‌ها در مقابل آفات و بیماری‌ها، از زمان‌های بسیار کهن مرسوم بوده است. فناوری‌های مرسوم و پیشرفته، هر یک دارای محدودیت خاص خود هستند. فناوری‌های موجود قادر به گذشتن از برخی موانع و تنگناهای پیش روی بخش کشاورزی نیستند. فناوری نانو به عنوان علم کار کردن با کوچکترین ذرات ممکن، سبب افزایش امیدها جهت غلبه نمودن بر معضلات پیش روی بخش کشاورزی در آینده گردیده است. تا به امروز، استفاده از علم نوظهور فناوری نانو در بخش کشاورزی عمدتاً محدود به تحقیقات تئوری بوده است، با این وجود، اثرگذاری چشمگیر فناوری نانو در عرصه‌های مهم بخش کشاورزی نظیر اصلاح ارقام زراعی جدید، توسعه‌ی مواد کنشی نوین و سیستم‌های هوشمند رسانش مواد شیمیایی و آفت‌کش‌ها، تلفیق سیستم‌های هوشمند به منظور فرآوری و بسته‌بندی مواد غذایی، زدودن بقایای علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها از گیاهان و خاک و غیره در آینده با شتاب بیشتری تداوم خواهد یافت. به واسطه بهره‌گیری از تکنیک‌های مناسب و حسگرهایی که دارای قابلیت استفاده در کشاورزی دقیق، مدیریت منابع طبیعی و تشخیص زود هنگام عوامل بیماری‌زا و آلاینده‌های موجود در محصولات غذایی هستند، روز به روز بر پتانسیل عظیم فناوری نانو در بخش کشاورزی افزوده می‌شود. واژه فناوری نانو، دربرگیرنده طیف وسیعی از فعالیت‌ها است. نانو در مفهوم علمی به معنای یک میلیاردم است. یک نانومتر معادل یک میلیاردم متر است. در محدوده یک نانومتر تنها ۱۰ اتم کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. انجمن رویال انگلستان، فناوری نانو را تحت عنوان طراحی، توصیف، تولید و کاربرد ساختارها، وسایل و سیستم‌هایی که دارای شکل و اندازه‌های در مقیاس نانو(یک تا ۱۰۰ نانومتر) هستند، تعریف نموده است. در چنین مقیاسی قوانین طبیعی حاکم بر پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی صدق نمی‌کنند. به عنوان مثال ویژگی‌های مواد نظیر رنگ، طول، رسانایی و واکنش‌پذیری آن‌ها در مقیاس نانو به طور قابل توجهی با مقیاس ماکرو متفاوت هستند.

۲. فناوری نانو و کشاورزی

علی‌رغم تلاش‌های صورت پذیرفته به وسیله‌ی دانشمندان بخش کشاورزی، همچنان بهره‌وری و بازدهی گیاهان زراعی کمتر از توان بالقوه‌ی آن‌ها است. دلیل این امر بازدهی اندک آب و عناصر غذایی مورد استفاده‌ی گیاهان زراعی و تحمیل رقابت شدید از سمت آفات و علف‌های هرز بر گیاه است. فناوری نانو، رویکرد علمی نوینی است که قادر به درهم شکستن این موانع بوده و انتظار می‌رود که در سال‌های آینده موجب افزایش عملکرد و کارآیی گیاهان زراعی و پاسخگویی به چالش‌های فرآوری امنیت غذایی بشر گردد. به طور معمول، اقدامات اصلاحی لازم جهت ترمیم اثرات مخرب ناشی از عوامل تنش‌زای زنده و غیرزنده بر گیاهان تنها پس از ظهور علائم تنش، آغاز می‌گردد. در این زمان ممکن است که اثرات مخرب ناشی از تنش گسترش یافته و حتی امکان دارد که کل مزرعه به وسیله‌ی عامل تنش‌زا تخریب شده باشد. از آنجایی که فناوری نانو در مقیاسی مشابه با مقیاس فعالیت ویروس‌ها و عوامل بیماری‌زا عمل می‌کند، لذا این فناوری از قابلیت

تشخیص و ریشه‌کنی زود هنگام پاتوژن‌های گیاهی برخوردار است. محققان در حال طراحی و توسعه‌ی سیستم‌های هوشمند رسانش مواد جهت توزیع هدفمند داروها، آفت‌کش‌ها، عناصر غذایی و غیره هستند. برخی از دستاوردهای فناوری نانو نظیر نانوعلف‌کش‌ها هم اکنون در بازار موجود هستند، این در حالیست که محققان سرگرم توسعه‌ی محصولات بیشمار دیگری هستند که امکان دارد تا زمان عرضه‌ی تجاری آن‌ها به بازار، سال‌ها به طول بیانجامد. از فناوری نانو به منظور پاسخگویی به برخی از محدودیت‌ها و چالش‌های پیش روی بخش کشاورزی نظیر مدیریت علف‌های هرز دردسرساز، تولید نانوکودهایی که به آهستگی و در تمام طول فصل رشد گیاه عناصر غذایی خود را آزاد کنند، رهاسازی کنترل شده‌ی آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، مدیریت دقیق اجزای ریز خاک، مصرف کارآمدتر و دقیق‌تر نهاده‌های شیمیایی و تولید سمومی با فرمولاسیون‌های جدید برای کنترل آفات، استفاده می‌شود.

۱) اصلاح گیاهان

در زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، به منظور جداسازی، شناسایی و اندازه‌گیری کمی ژن‌ها و مولکول‌های منفرد نیاز به طراحی و استفاده از وسایل ویژه‌ای است. فناوری نانو از قابلیت رسانش ژن‌ها به جایگاه‌های ویژه در سطوح سلولی و نوآرایی اتم‌ها در مولکول DNA یک جاندار همگن به منظور بیان صفت مطلوب، برخوردار است و بدین طریق سبب کاهش زمان انتقال ژن از جانداران بیگانه به جاندار هدف می‌گردد.

به‌علاوه، فناوری نانو از قابلیت اصلاح ساختار ژنتیکی گیاهان زراعی نیز برخوردار است و بدین طریق امکان اصلاح گیاهان دارای صفات مطلوب‌تر را فراهم می‌آورد. از سال‌های گذشته تا به امروز، استفاده از ارقام جهش یافته‌ی طبیعی و مصنوعی نقش مهمی در اصلاح گیاهان زراعی بر عهده داشته است. فناوری نانو این امکان را برای محققان فراهم آورده که به جای استفاده از ترکیبات شیمیایی خاص نظیر اتیل‌متان‌سولفونات و جهش‌زای فیزیکی مانند پرتو ایکس و گاما، به منظور ایجاد ارقام جهش‌یافته‌ی جدید، از روش‌های نوین مبتنی بر علم نانو بهره گیرند. محققان آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای دانشگاه چیانگ مای کشور تایلند با استفاده از فناوری نانو موفق به تولید رقم جدید برنج دانه سفید از رقم بومی برنج ارغوانی رنگ گردیدند. آن‌ها توانستند با بکارگیری فناوری نانو، رنگ ارغوانی برگ‌ها و ساقه‌های برنج بومی را به سبز مبدل ساخته و دانه‌های آن را متمایل به سفید گردانند. این آزمون دربرگیرنده‌ی ایجاد یک سوراخ با اندازه‌ی نانو در دیواره و غشای سلولی برنج با استفاده از پرتو ذره‌ای بود که طی آن یک اتم نیتروژن جهت تحریک بازآرایی DNA برنج از طریق این سوراخ به درون سلول گیاه وارد گردید. این گیاه جدید که به واسطه‌ی تغییر در سطح اتمی به وجود آمد، تحت عنوان گیاه اصلاح شده‌ی اتمی نام گرفت.

۲) مدیریت زراعی

کشاورزی دقیق یکی از مهم‌ترین عرصه‌ها جهت افزایش عملکرد و بازده‌ی گیاهان زراعی از طریق کاربرد نهاده‌ها در مقدار دقیق مورد نیاز گیاه و در زمان لزوم است. با بکارگیری نانوحسگرها و سیستم‌های دیده‌بانی مبتنی بر فناوری نانو، در آینده تحولی شگرف در روش‌های کشاورزی دقیق به وجود خواهد آمد. کشاورزی دقیق دارای هدفی بلند مدت جهت به حداکثر رساندن بازدهی و عملکرد محصولات زراعی و به حداقل رساندن استفاده از نهاده‌هایی نظیر کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها از طریق دیده‌بانی و کنترل تغییرات محیطی

است و بدین طریق موجب کاهش ضایعات کشاورزی و متعاقباً به حداقل رسیدن آلودگی محیط زیست می‌گردد. یکی از نقش‌های اصلی دستگاه‌های ارتقا یافته به وسیله‌ی فناوری نانو شامل استفاده از نانوحسگرهای خودکار افزوده شده به سیستم GPS جهت ردیابی سریع تغییرات است. این نانوحسگرها که قادر به ردیابی و کنترل شرایط خاک و رشد گیاه هستند، در سرتاسر مزرعه پراکنده می‌شوند. در حال حاضر در بخش‌های خاصی از آمریکا و استرالیا از نانوحسگرهای بی‌سیم استفاده می‌شود. به عنوان مثال، در برخی از تاکستان‌های ایالت کالیفرنیای آمریکا سیستم‌های شبکه‌ای بی‌سیم مبتنی بر نانوحسگرها مستقر شده است. اتحادیه‌ی کاربرد زیست فناوری و فناوری نانو در حسگرها درصدد طراحی و ساخت تجهیزات با حساسیت بالا هستند که امکان واکنش سریع نسبت به تغییرات محیطی را فراهم می‌آورند.

۳) مدیریت تغذیه گیاهی

کودهای شیمیایی، نقش اساسی در افزایش تولید محصولات دانه‌ای در کشورهای در حال توسعه جهان خصوصاً پس از معرفی ارقام زراعی پرمحصول و کودپذیر طی وقوع انقلاب سبز، بر عهده داشته اند. اگرچه عملکرد دانه‌ی یکسری از محصولات زراعی در اثر مصرف مقادیر زیاد کودهای شیمیایی افزایش یافت، اما عملکرد بسیاری از محصولات دیگر به دلیل عدم تعادل درحاصلخیزی و مقدار ماده‌ی آلی خاک، با رکود مواجه گردید. مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی نیتروژنه، منابع آبی جهان را تحت تأثیر قرار داده و منجر به بروز فرآیند مردابی شدن در اکوسیستم‌های آبی، می‌شود. یکی از حقایق نگران کننده در مورد کودهای شیمیایی مرسوم آن است که کارآیی مصرف کودهای ازته ۲۰ تا ۵۰ درصد و کارآیی مصرف کودهای فسفره، تنها ۱۰ تا ۲۵ درصد است. با استفاده از نانوکودها به عنوان جایگزینی برای کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند و در نتیجه از بروز پدیده‌ی مردابی شدن آب‌های ساکن و همچنین آلودگی آب آشامیدنی، جلوگیری خواهد شد. در حقیقت با بهره‌گیری از فناوری نانو در طراحی و ساخت نانوکودها، فرصت‌های جدیدی به منظور افزایش کارآیی مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط زیست، پیش روی انسان گشوده شده است. نانوکودها، به دلیل رهاسازی تدریجی و آرام عناصر غذایی خود، بهترین جایگزین برای کودهای محلول مرسوم، هستند. با بهره‌گیری از نانوکودها، عناصر غذایی به آرامی و با سرعتی مناسب در تمام طول فصل رشد گیاه آزاد می‌شوند، بنابراین به دلیل کاهش شدید آب‌شویی عناصر، گیاهان قادر به جذب بیشترین مقدار مواد غذایی خواهند بود. با استفاده از زئولیت‌ها، که گروهی از کانی‌های دارای ساختارآلی‌های کندو مانند بوده و به طور معمول در طبیعت یافت می‌شوند، می‌توان کودهایی ایجاد نمود که قادر به رهاسازی آرام عناصر غذایی به درون خاک هستند. قابلیت بارگیری و پرشدن شبکه‌ی به هم پیوسته‌ی تونل‌ها و اتاقک‌های کانی زئولیت به وسیله‌ی عناصر نیتروژن و پتاسیم، که با سایر ترکیبات کند انحلال محتوی فسفر، کلسیم و مجموعه‌ی کاملی از عناصر غذایی نادر و کم‌مصرف ترکیب شده‌اند، وجود دارد. کانی زئولیت، بعنوان منبعی از عناصر غذایی که در پاسخ به نیاز گیاه، به تدریج و با سرعتی مناسب آزاد می‌شوند، عمل می‌کند. با پوشاندن کودهای شیمیایی مرسوم به وسیله‌ی نانو غشاها، می‌توان به کودهایی دست یافت که عناصر غذایی خود را به صورت آهسته و پیوسته آزاد کنند.

نانوکمپوزیت‌های پوشاننده و سیمان کننده، قادر به تنظیم سرعت رهاسازی عناصر غذایی از کپسول حاوی کود، هستند.

٤) تشخیص حاصلخیزی خاک

می‌توان امکان واکنش دادن محلول خاک با نانو فرآورده‌هایی که قادر به سنجش دقیق میزان فراهمی عناصر غذایی موجود در خاک هستند را فراهم آورد. با بکارگیری نانوحسگرها می‌توان وضعیت غذایی، رطوبتی و فیزیولوژیکی گیاه را تعیین نمود که این امر موجب تسهیل در اتخاذ اقدامات اصلاحی مناسب و به موقع می‌شود. نانوذرات، آزمایشگاه‌های کوچکی هستند که از قابلیت کنترل و تنظیم دقیق تغییرات زودگذر و فصلی رخ داده در سیستم خاک-گیاه برخوردار هستند. یکی از مهم‌ترین اهداف کشاورزی دقیق مدیریت صحیح عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه است و در این راستا با استفاده از نانوحسگرها می‌توان با دقت بسیار زیاد اقدام به تعیین میزان عناصر غذایی و آب در دسترس گیاه نمود.

منبع:

Aharon. R.; Shahak. Y.; Wininger. S.; Bendov. R.; Kapulnik. Y. and Galili. G.; 2003. Planet Cell, 15, 439 – 447 .

Canas, J. E.; Long, M.; Nations, S.; Vadan, R.; Dai, L.; Luo, M.; Ambikapathi, R.; Lee, E. H. and. Olszyk, D. 2008. Effects of Functionalized and Nonfunctionalized Single-Walled Carbon Nanotubes on Root Elongation of Select Crop Species. *Environ. Toxicol. Chem.*, *27*, 1922–1931.

Chinnamuthu, C. R. and. Murugesa Boopathi, P. (2009). Nanotechnology and Agroecosystem, Madras Agricultural Journal., 96: 17-31,

Joe, E. K.; Wei, X.; Anderson, R. R. and. Lin, C. P. 2003. Selective Cell Targeting with Light-Absorbing Microparticles and Nanoparticles. Biophys. J., 84, 4023–4032.

Zharov, V. P.; Galitovskaya, E. N.; Jonson, C. and. Kelly, T. 2005. Synergistic Enhancement of elective Nanophotothermolysis with Gold Nanoclusters: Potential for Cancer Therapy. Laser Surg. Med., 37, 219–226.

Khodakovskaya, M.; Dervishi, E.; Mahmood, M.; Yang, X.; Li, Z.; Fumiya, W. and. Biris A. S. 2009. Carbon Nanotubes Are Able To Penetrate Plant Seed Coat and Dramatically Affect Seed Germination and Plant Growth. ACS Nano., 3 , 3221 – 3227 .

Khodakovskaya, M.; de Silva, K.; Nedosekin, D.; Dervishi, D.; Biris, A. S.; Shashkov, E. V.; Galanzha, E. I. and. Zharov, V. P.; Proc. 2011. Nat. Acad. Sci. USA, 108 , 1028 – 1033 .

Villagarcia, H.; Dervishi, E.; Silva, K.; Biris, A. and. Khodakovskaya, M. 2012. Surface Chemistry of Carbon Nanotubes Impacts the Growth and Expression of Water Channel Protein in Tomato Plants. small, 8, No. 15, 2328–2334.

Zheng, L.; Li, Z.; Bourdo, S.; Khedir, K. R.; Asar , M.; Ryerson, C. C.; Biris, S. and. Langmuir. 2011. 27 , 9936 – 9943 .