

فناوری نانو و توسعه آن در کشاورزی

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست



۰۲۱-۶۳۱۰۰	تلفن:	ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰	نمبر:	طراحی و اجراء: توسعه فناوری مهندسی
www.nano.ir	پایگاه اینترنتی:	نظرات: داود قرایلو
report@nano.ir	پست الکترونیک:	تهیه کنندگان: احسان خوش کلام، ملیحه
agrofood@nano.ir	صندوق پستی:	طالبی اتوئی، میثم بخشی گنجه، فتح احمدی گل، محمد مفتاحی
۱۴۵۶۵-۳۴۴		

۳	کشاورزی و فناوری نانو
۴	خاک
۶	آب مورد نیاز کشاورزی
۱۰	زراعت و اصلاح نباتات
۱۳	مدیریت پس از برداشت
۱۴	گیاه‌پزشکی
۱۶	ماشین‌های کشاورزی
۱۷	علوم دام
۱۷	نتیجه‌گیری

کشاورزی به عنوان فرآیند تولید محصولات غذایی با استفاده از کشت گیاه و پرورش دام، شناخته می‌شود. این صنعت به عنوان یکی از ارکان مهم اقتصادی کشورهای توسعه یافته محسوب می‌شود و حیات و ممات برخی از این کشورهادر گرو کشاورزی است. با افزایش جمعیت جهان، نیاز به غذا و محصولات کشاورزی به شدت در حال افزایش است، به طوری که سازمان خوار و بار جهانی (FAO) پیش‌بینی کرده است که با افزایش روزافزون جمعیت در سال ۲۰۵۰، سالانه ۲۰۰ میلیون تن غذا و محصولات کشاورزی مورد نیاز می‌باشد [۱]. اما در اثر عواملی چون تغییرات آب و هوایی، محدود شدن منابع آب و خاک، افزایش آلودگی محیط‌زیست و افزایش بیماری‌های گیاهی، مشکلاتی در زمینه کشاورزی و تولید غذای کافی و سالم به وجود می‌آید. لذا کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی و امنیت غذایی در این بین به خطر خواهد افتاد. از این رو داشتمندان برای غله بر این مشکلات ابزارهای گوناگونی به کار می‌برند که از جمله آن می‌توان به فناوری نانو اشاره نمود. این فناوری قابلیت متحول ساختن صنعت کشاورزی را از طریق تهیه فرمولاسیونی جدید برای سوموم و کود، شناسایی و تشخیص بیماری‌های گیاهی، تامین آب مورد نیاز کشاورزی، مدیریت و اصلاح خاک و بهداشت دام و اصلاح نژاد دارد. به طور کلی، فناوری نانو با بهینه کردن مصرف نهاده‌های کشاورزی هم‌چون آب، کود، سم و کاهش پساب و آبودگی‌ها، می‌تواند سهم بسیاری در رونق روزافزون این صنعت داشته باشد. این گزارش سعی دارد، مروری اجمالی بر مزیت‌های فناوری نانو در بخش‌های مختلف کشاورزی داشته باشد.

خاک



خاک از منابع اصلی تولیدات کشاورزی محسوب شده، لذا حفظ سلامتی و حاصل خیزی آن به منظور تولید پایدار حائز اهمیت بسیار است. میزان عناصر غذایی و رطوبت موجود در خاک همیشه باید در حد مطلوب بوده و میزان مساد آلاینده (فلزات سنگین، سوموم و...) به حدائق ممکن کاهش یابد. فناوری نانو می‌تواند کمک شایانی به بهبود این روند داشته باشد که در ادامه به آن اشاره خواهد شد.

تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک

میزان عناصر غذایی خاک باید در حد مناسب باشد و بتواند این عناصر غذایی را به خوبی در اختیار گیاه قرار دهد. یکی از راههای تامین عناصر غذایی خاک، استفاده از کودهای مناسب می‌باشد. مصرف کودها علاوه بر افزایش تولید، باید کیفیت محصولات کشاورزی را نیز ارتقاء دهد. نکه دیگر عدم ایجاد آلودگی محیط‌زیست توسط کود است؛ زیرا در غیر این صورت سلامتی انسان، جانوران و گیاهان به خطر خواهد افتاد.

- فناوری نانو با تغییر و اثرگذاری در فرمولاسیون کودها و تولید موادی با ویژگی‌های مناسب و منحصر به فرد (نانوکود شیمیایی، نانوکود آلی و نانوکود بیولوژیک) می‌تواند نقش مهمی را در این زمینه ایفا کند و استفاده از این فناوری در تولید کود، سبب افزایش کیفیت و کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش روند تخریب محیط‌زیست می‌گردد. مزیت‌های استفاده از این نانوکودها عبارتند از:
- با تغییر دادن فرمولاسیون کودها می‌توان کودهای هوشمند تولید کرد، به طوری که سرعت رهاسازی عناصر غذایی کود مطابق بالگوی جذب گیاه باشد.
 - تولید کودهایی حاوی عناصر غذایی کم مصرف در اندازه نانومتری، باعث می‌شود اتحلال پذیری و پراکنده‌گی این عناصر غذایی در خاک افزایش یافته و بازده جذب این عناصر توسط گیاه بهبود یابد.
 - با استفاده از نانوکودها میزان اتلاف عناصر غذایی از طریق آبشویی کاهش می‌یابد.
 - در برخی موارد میزان مصرف کودهای نیتروژنی و فسفات به ۰.۵ درصد کاهش می‌یابد که این امر موجب کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی می‌شود.
 - به دلیل برخورداری از تغذیه مناسب و فراهم بودن عناصر غذایی، مقاومت گیاه در برابر تنفس‌های محیطی ویماری‌ها افزایش یافته و میزان مصرف سوم شیمیایی و آفت‌کش‌ها کاهش می‌یابد.
 - استفاده از نانوکودها سبب کاهش طولانی مدت با میکروارگانیسم‌های موجود در خاک می‌شود.
 - استفاده از نانوکودها به دلیل کاهش مصرف کود از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد.

اصلاح خاک



فعالان بخش کشاورزی در صدد افزایش تولید در واحد سطح محصولات کشاورزی هستند تا بدین طریق بتوانند جواب‌گوی نیازهای غذایی بشر باشند. اما عدم مدیریت صحیح خاک (شخم عمیق، شخم در جهت شب و...)، استفاده نامتعادل و ییش از حد از کودهای شیمیایی، اضافه نکردن مواد آلی، سوزاندن بقایای گیاهی و آبیاری با آبهای آلوده موجب شده است، خاک به تدریج کیفیت و حاصلخیزی خود را از دست داده و به خاک نامرغوب و آلوده تبدیل شود. بنابراین استفاده از اصلاح کننده‌های خاک هم چون اصلاح کننده‌های نانویی، که بتواند این شرایط را بهبود بخشیده و از روند تخریب خاک جلوگیری نماید، امری ضروری بمنظور می‌رسد. در ادامه به برخی از این گروه اصلاح کننده‌ها اشاره خواهد شد:

نانوزنولیت

نانوزنولیت‌ها مواد با ارزشی هستند که مصارف گسترده‌ای در پالایشگاه‌ها و همچنین در مهندسی کشاورزی و محیط‌زیست دارند. نانوزنولیت از ساخته‌مان پیچیده‌ای برخوردار است و در ساختمان‌بلورین آن کانال‌های بهم پیوسته گسترده‌ای وجود دارد. این کانال‌ها فضای خالی و سیعی را برای جذب و تبادل کاتیون‌ها فراهم

می آورند. برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که مساحت درونی این کانال‌های تهی به چند صد مترمربع در هر گرم از کانی زنولیت می‌رسد و همین ویژگی زنولیت را به یکی از موثرترین تبادل‌کنندگان یون بدل ساخته است. مزیت‌های استفاده از نانوزنولیت در کشاورزی عبارتند از:

■ تخلخل زیاد، قابلیت جذب بالای آب و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک

■ اصلاح زمین‌های شنی و توزیع آب در این قیل خاک‌ها

■ افزایش تهیه‌پذیری خاک

■ قابلیت جذب فلزات سنگین (کروم، نیکل، سرب، کادمیوم و...) و پالایش خاک‌های آلوده

■ قابلیت ترکیب با عناصر غذایی و عمل کردن آن به عنوان یک کود کندرها.

■ نانویوچار^۱



از جمله چشم‌اندازهای نوین در فناوری نانو در زمینه اصلاح کننده‌های خاک می‌توان به ترکیبات زیستی از جمله نانو یوچارها اشاره نمود. یوچار به عنوان یک منع تجدیدپذیر محسوب شده که از بیوسس^۲ گیاهی و یا هرگونه مواد زائد دیگر (مانند ضایعات کارخانه‌های نساجی و دباغی وغیره) تولید می‌شود. در این روش، مواد زائد در

حرارت‌های زیاد به ذغال زیستی تبدیل می‌گردد. این ترکیب زیستی دارای ساختار ریز و سطح ویژه بالایی می‌باشد. اهمیت چندجاینده یوچار به دلیل ساخته شدن از مواد زائد، قیمت ارزان و همچنین زیستی بودن آن می‌باشد. بنابراین با استفاده از فناوری نانو در تولید نانو یوچارها و بهبود خواص شیمیایی، می‌توان از ویژگی‌های آن در بهبود کیفیت خاک، افزایش عملکرد محصول، افزایش جذب مواد سمی و کاهش تغییرات اقلیمی بهره جست. مزیت‌های استفاده از نانو یوچار در صورت تولید و استفاده در خاک عبارتند از:

■ ذخیره کربن در خاک و افزایش درصد مواد آلی در خاک

■ افزایش تهیه‌پذیری خاک

■ جذب انواع آلاینده‌های آلی، معدنی و زباله‌های صنعتی و در نتیجه کاهش رهاسازی آن‌ها در محیط

■ افزایش جذب عناصر غذایی و آب بوسیله گیاه.

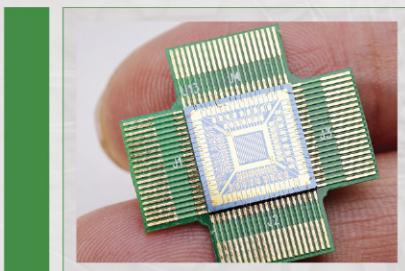
■ نانوهیدروژل

هیدروژل‌ها شبکه‌های پلیمری آب دوست با ظرفیت بالای جذب آب می‌باشند. از نظر ساختاری هیدروژل‌ها رامی توان به آئینونی، کاتیونی و آمفولیتیک^۳ دسته‌بندی کرد. اکثر این مواد به محرك‌های محیطی مانند pH، نور، میدان الکترومغناطیسی و... پاسخ می‌دهند. این ویژگی‌های منحصر به فرد طیف وسیعی از کاربردها را در استفاده از هیدروژل به ویژه در کشاورزی، ایجاد کرده است. فراهم کردن محیطی برای رشد گیاه که بتواند برای مدت زمان‌های طولانی عناصر غذایی و آب را در خود ذخیره کرده و آن را به تدریج در اختیار گیاه قرار دهد، از

فناوری نانو و توسعه آن در کشاورزی

- وظایف هیدرولیک‌ها به ویژه نانو هیدرول محسوب می‌شود. قابلیت‌های استفاده از این مواد به اختصار عبارتند از:
- قابلیت جذب آب تا چند صد برابر وزن خود برای مدت‌های طولانی به دلیل برخورداری از منافذ نانومتری
- افزایش ذخیره آب و ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نتیجه کاهش مصرف آب آبیاری در درازمدت
- قابلیت ذخیره مواد غذایی در خود و رهاسازی تدریجی عناصر غذایی برای استفاده گیاه
- قابلیت استفاده در گلخانه‌ها و آپارتمان‌ها.

نانو حسگرها



حسگر ابزاری است که تغییرات فیزیکی یا شیمیایی را اندازه‌گیری کرده و آن را به پیام الکترونیکی تبدیل می‌کند. نانو حسگرها، حسگرهایی در ابعاد نانومتری هستند که به دلیل اندازه نانومتری، از دقت و واکنش پذیری بسیار بالایی برخوردارند، به طوری که می‌توانند حضور مقادیر بسیار کمی از یک گاز را در محیط نشان دهند. بر همین اساس، نانو حسگر وسیله‌ای است بسیار طریق و در عین حال دقیق و

حساس که قادر به شناسایی و ارائه پاسخ به محرك‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی است. از کاربردهای انواع حسگر در خاک می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- پایش میزان درجه حرارت خاک
- کترل و پایش میزان رطوبت خاک
- مشاهده و پایش شرایط کشت و نمایش دوره‌ای میزان مواد مغذی
- تشخیص میزان آلودگی در خاک
- تشخیص میزان هورمون‌های رشد گیاهی.

آب مورد نیاز کشاورزی



جمعیت جهان با بحران آب رو به رو است. در گزارش وضعیت آینده پژوهه میلیون سازمان ملل آمده است که بیش از ۷۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان از کمبود آب رنج می‌برند و اگر کاری در این زمینه صورت نگیرد، این مقدار تا سال ۲۰۴۵ به ۳ میلیارد نفر افزایش پیدا خواهد کرد. افزایش مصرف آب در جهان در هر ۲۰ سال دو

برابر برآورده است که ۷۰ درصد از آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود [۱۵]. با این حال افزایش میزان تولید آب به اندازه‌ای نیست که این افزایش تقاضا را پاسخ دهد. بنابراین می‌توان گفت که تهیه آب پاک و سالم و نیز مقرون به صرفه به منظور رفع نیازهای انسان یکی از چالش‌های بزرگ قرن بیست و یکم محسوب می‌شود. به همین منظور و با گذشت زمان نیاز به یک فناوری نوین برای مدیریت آب بیش از پیش احساس می‌شود. فناوری نانو از پتانسیل بسیار بالایی در تصفیه آب و فاضلاب، بهبود کارایی تصفیه، ضدغونه کردن و تامین آب مورد نیاز از منابع غیر متعارف، برخوردار است. ویژگی و مزایای اصلی استفاده از فناوری نانو در تصفیه آب و پساب عبارتند از:

- تصفیه آب‌های غیرمتعارف و پساب‌ها؛
- سهولت و ارزانی تأمین غشای مصرفی؛
- افزایش راندمان و کاهش مصرف انرژی نسبت به سامانه‌های تصفیه کنونی؛
- کاهش تجهیزات جانبی؛
- کاهش تولید پساب و گرفتگی غشاء.

فناوری نانو قابلیت تشخیص و جداسازی و حذف بسیاری از آلاینده‌های آلی و معدنی و مواد سمی و مضر را از آب دارد که این موارد به شرح زیر می‌باشد:

- جداسازی و یا از بین بردن انواع ویروس‌ها و باکتری‌ها و پاتوژن‌ها (ضدغونه کردن آب)
- جداسازی و حذف فلزات سنگین (سرپ، کادمیوم، نیکل، پالادیوم و...)
- جداسازی و حذف انواع آلاینده‌های آلی و مواد سمی (نیترات، DDT، علف کش‌ها، آفت‌کش‌ها، مواد آلی و...)
- شیرینسازی آب

■ ضدغونه کردن و کنترل میکروبی آب
در روش‌های مرسوم، جهت ضدغونه نمودن آب از موادی چون کلر، کلرآمین، دی‌اکسید کلر، گاز کلر و ازوون استفاده می‌شود. استفاده از این ترکیبات در آب، منجر به تولید مواد سمی و سرطان‌زا نظری هالومتان‌ها، نیتروزآمین، برومات و... می‌شود که یکی از معضلات صنعت آب

محسوب می‌گردد. تابش اشعه فرابنفش تولید این قبیل مواد را به حداقل می‌رساند اما این روش فقط برای ویروس‌های خاصی کاربرد دارد. ضدغونه کردن آب با کمک فناوری نانو به دو طریق صورت می‌گیرد:

۱) از بین بردن ویروس‌ها و باکتری‌های موجود در آب: در این روش مواد نانویی با اتصال به پروتئین‌های حیاتی و تخریب آنژیمی ویروس و باکتری و یا با جلوگیری از تکثیر مواد ژنتیکی (DNA و RNA) و



تغییر ساختار آن‌ها، موجب از بین رفت و یا غیرفعال شدن ویروس‌ها و باکتری‌ها در محیط آبی می‌شوند. نانوموادی چون نانو نقره، نانو دی‌اکسید روی، نانو اکسید کلسیم، نانو اکسید منیزیم، کیتوزان، نانوذرات آهن صفرظرفیتی، نانو دی‌اکسید آلومینیوم، نانو دی‌اکسید تیتانیوم و نانولوله‌های کربنی تاکنون بدین منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند که خاصیت ضدبیکروبی و اکسیدکننده‌گی قوی از خود نشان می‌دهند.

۲ جداسازی ویروس‌ها و باکتری‌ها از آب با استفاده از فیلترها و مواد نانویی: چون غشاهای نانوفیلتراسیون، نانولوله‌های کربنی، نانوزئولیت‌ها، نانو کاپوزیت‌ها، سرامیک‌های نانومتری که قابلیت به دام انداختن ویروس‌ها و باکتری‌ها را دارند. این فیلترها می‌توانند اندوتوكسین‌های میکروبی، مواد ژنتیکی و ذرات کوچک تا بیانی میکرو را از آب جدا کنند.

مزایا و ویژگی‌های استفاده از فناوری نانو در ضدعفونی کردن و کنترل میکروبی آب شامل موارد زیر است:

- توانایی ضدبیکروبی گستردگی در دمای محیط و زمان کوتاه
- عدم تولید ترکیبات مضر و سمی در حین استفاده و بعد از آن
- بی خطر بودن آن برای سلامتی انسان
- کاربرد آسان و مقرون به صرفه
- عدم خاصیت خورنده‌گی سطوح.

جداسازی و حذف انواع آلاینده‌های آلی و معدنی



تصیفیه آب با به کار گیری فناوری نانو برای کشاورزان به ویژه در کشورهای در حال توسعه بسیار مقومن به صرفه می‌باشد. خالص‌سازی و تصیفیه آب با این فناوری براساس استفاده از فیلترهای غشایی (نانولوله‌های کربنی و سرامیک‌های متخلخل نانویی) و نانوذرات مغناطیسی است. فیلترهایی که بانanolوله کربنی ساخته شده‌اند، قادر به کار گیری در حذف آلاینده‌ها و مواد سمی از آب قابل شرب را دارا می‌باشند. همچنین این مواد قادر به بالایی در حذف فلزات سنگین از قبیل سرب، کادمیوم، اورانیوم و آرسنیک دارند. نانولوله‌هایی چون مگنتیت^{*} ضمن حفظ خصوصیات مغناطیسی خود، قابلیت ایجاد یک پیوند قوی و غیرقابل برگشت با آلاینده‌هایی نظیر آرسنیک دارند. حذف آرسنیک و ارگانیسم‌های موجود در آب با به کار گیری نانو کائی رس مصنوعی و بدون استفاده از تجهیزات گران‌قیمت امکان پذیر می‌باشد، بدین ترتیب که تهای با عبور دادن آب از ستون‌های حاوی این کائی، آلاینده‌های موجود در آب حذف می‌شود. از دیگر مواد نانومتری مورد استفاده در حذف آلاینده‌های فلزی و آلی از منابع آب می‌توان به نانوذرات آهن صفرظرفیتی اشاره نمود. نانوزئولیت، اکسیدهای فلزی، فیبرها، آتزیم‌ها و دی‌اکسید تیتانیوم نیز برای از بین بردن آلودگی در آب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این فناوری کارایی بالایی در حذف ذرات آلی و آفت‌کش‌هایی از قبیل DDT، اندوسولفان‌ها و مالاتیون از محیط‌های آبی دارد.

■ شیرین‌سازی آب



از فناوری‌های مرسوم در زمینه شیرین‌سازی آب استفاده از اسحż معکوس ۵ (RO) می‌باشد که مقرن به صرفه نبوده و هزینه نگهداری بالایی دارد. به همین دلیل امرزوze سعی براین است از روش‌هایی استفاده گردد که این مشکلات را نداشته و به کارگیری آن نیز بسیار ساده و آسان باشد. از فناوری نانو می‌توان برای شیرین‌سازی و نمک‌زدایی آب نیز استفاده کرد. نانوساختارهای به کار گرفته شده در این زمینه عبارتند از:

۱ غشاها نانوفیلتر

از غشاها نانوفیلتر برای نرم‌سازی آب استفاده می‌شود که در آن سختی آب کم شده و مواد آلی، رنگ‌ها، باکتری‌ها و ناخالصی‌های دیگر از آب خام جدا می‌شوند. در این فرایند بخشی از مواد معدنی از آب جدا شده و بین ۹۰ تا ۱۰ درصد نمک‌های نامحلول نیز از آب حذف می‌شوند.

۲ غشاها اولترافیلتر

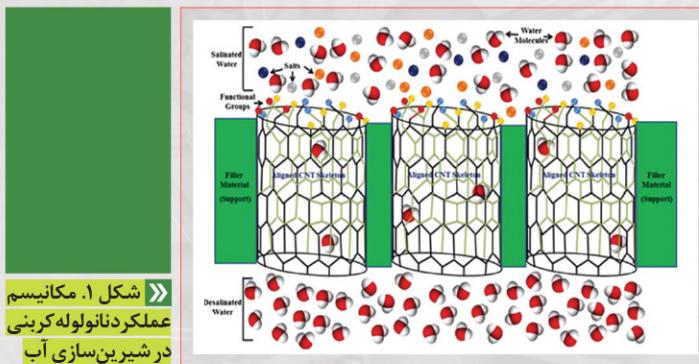
در اولترافیلتراسیون از یک غشا نیمه‌تراوا برای فیلتر کردن یک محلول که حاوی عناصر مطلوب و نامطلوب است، استفاده می‌شود. این غشاها داری حرارتی به قطر ۱ تا ۱۰۰ نانومتری می‌باشند و می‌توانند اجزایی با وزن ملکولی ۳۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ دالتون را از آب جدا کنند. نمک‌ها و اجزای دارای وزن ملکولی پایین از این غشاها عبور کرده و جامدات معلق بزرگ‌تر در سمت دیگر باقی‌مانده و امکان عبور ندارند.

۳ غشاها نانو کامپوزیتی آلی / معدنی

در این روش نمک‌زدایی از آب با استفاده از بستر پلیمری حاوی نانوذرات (زنولیت) و یا با بهره گیری از فیلم‌های نازک غشاها نانو کامپوزیتی (TFN)، صورت می‌گیرد. استفاده از این غشاها موجب کاهش مصرف انرژی تا حدود ۴۰ درصد می‌شود. همچنین میزان دفع نمک و دبی جریان عبوری از غشا افزایش یافته و میزان کثیف‌شدنگی و گرفتگی غشا نیز کاهش می‌یابد.

۴ غشاها نانولوله کربنی

سطح سیار صاف و آبرگزیز داخلی این نانولوله‌ها امکان جریان سریع سیالات در آن‌ها را فراهم می‌کند. اما سایر آلاینده‌ها و به ویژه نمک‌ها، به دلیل باری که در انتهای نانولوله‌ها وجود دارد، قابلیت عبور از این منفذ را نداشته و دفع می‌گردد (شکل ۱). این مواد را می‌توان به گونه‌ای طراحی کرد که دارای خاصیت گرینش‌پذیری در عبور مواد از خود باشند و یون‌ها و نمک‌های نامطلوب را از آب حذف نمایند. ویژگی‌هایی چون مصرف کم انرژی (کاهش مصرف انرژی به میزان ۷۵ درصد)، خاصیت ضدرسوب و خودتمیزشوندگی این نانولوله‌ها، از دیگر برتری‌های آن نسبت به دیگر روش‌ها محسوب می‌شود.



۵ غشاهاي نانولوله نيتريپور

اين غشاها می توانند با دارا بودن جريان آب معادل چهار برابر جريان آب غشاهاي موجود، نيمک موجود در آبي با شوري دو برابر آب دريا را صد در صد تصفيه كنند.

نانوحسگرها

نانوحسگرها قادر به تشخيص تغيرات فزييكي و شيميائي در آب بوده و به دليل اندازه بسيار کوچك و ساختار نانومتری از دقت و واکنش‌پذيری بسيار بالايی برخوردارند. كاريدها و قabilites‌هاي اين نانوحسگرها در آب عبارتند از:

- تشخيص نوع و ميزان آلودگي در آب
- تشخيص آلانيدگي قبل از شيع آلدگي در كل آب
- حساسيت بسيار بالا به ميزان تغيرات pH آب.

زراعت و اصلاح نباتات



زراعت و اصلاح نباتات علمي است که در آن به مطالعه و بررسی در زمينه کاشت و پرورش گیاهان زراعی، انتخاب گیاهان مناسب و پرداشت صحیح محصولات پرداخته می شود. بشامروزی می تواند به کمک اين علم رفتار و فعالیت گیاه را تحت کنترل خود درآورد به طوری که پیشرفت اين علم کمک شایانی به تولید پايدار محصولات کشاورزی خواهد كرد. توسعه فناوری نانو در

علم زراعت و اصلاح نباتات موجب برآوردن تكنیک‌های جدید و تولید گیاهانی با ویژگی‌های مناسب خواهد شد. برخی از اين تكنیک‌ها و روش‌ها به شرح زير می‌باشد.

■ انتقال ژن به گیاه



محققان با دستکاری ژنی و بیان ژنی خاص در گیاه در صدد تولید گیاهانی با ویژگی‌های منحصر به فرد هستند که اصطلاحاً به آن‌ها ترا ریخت می‌گویند. با این فناوری می‌توان گیاهانی با ویژگی‌های گوناگون تولید کرد که عبارتند از:

- ۱ تولید گیاهان مقاوم به سرما
- ۲ تولید گیاهان مقاوم به شرایط شوری و خشکی
- ۳ تولید گیاهان مقاوم به انواع آفت‌ها
- ۴ تولید گیاهانی کارا در جذب آب و عناصر غذایی
- ۵ تولید گیاهانی که میزان تولید محصول در واحد سطح افزایش یابد.

فناوری نانو با بهبود تکنیک انتقال ژن به داخل گیاه، می‌تواند در فرآیند تولید گیاهان تاریخ‌خواست نقش آفرینی کند. مزیت‌های ایجاد شده به کمک فناوری نانو شامل موارد زیر می‌گردد:

■ استفاده از سیستم‌های نانومتری برای انتقال ژن

■ انتقال ژن از طریق دیواره سلولی به داخل سلول‌ها با کمک ابزارهایی از قبیل AFM، بدون آسیب رساندن به دیواره سلولی.

■ کنترل فعالیت سلول‌های گیاهی



در سال‌های اخیر در عرصه مهندسی کشاورزی و زراعت، از نانوکپسول‌هایی استفاده می‌کنند که این کپسول‌ها می‌توانند بلافاصله توسط تارهای کشنده ریشه جذب شده و وارد گیاه شوند. این نانوکپسول‌ها دارای صدھانانو ذره هستند که در بدنه و شیره گیاهی آزاد شده و لحظه‌به لحظه از سیستم شیره‌های خام و پرورده و وضعیت داخلی گیاه گزارش می‌دهند. در این حالت گیاه کاملاً در معرض دید و مشاهده کشاورز و مهندسان کشاورزی قرار می‌گیرد و از این طریق اطلاعاتی از وضعیت درونی گیاه اعم از کمبودها و تغییرات دیگر در اختیار کشاورز قرار می‌گیرد. همچنین می‌توان روکش‌هایی از جنس مواد مغذی و مفید با نانوذره حسگر هموار کرد تا بدين طریق نیازهای غذایی گیاه نیز تامین گردد.

کشاورز و مهندسان کشاورزی قرار می‌گیرد و از این طریق اطلاعاتی از وضعیت درونی گیاه اعم از کمبودها و تغییرات دیگر در اختیار کشاورز قرار می‌گیرد. همچنین می‌توان روکش‌هایی از جنس مواد مغذی و مفید با نانوذره حسگر هموار کرد تا بدين طریق نیازهای غذایی گیاه نیز تامین گردد.

■ افزایش جوانهزنی بذر و رشد گیاه

یکی از عوامل مهم در زراعت، به کارگیری روش‌هایی است که از طریق آن در صدد جوانهزنی بذر و به طبع

آن رشد گیاه افزایش یابد. این امر موجب افزایش تولید محصولات کشاورزی خواهد شد. در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی، اثرات نانوذرات را بر جوانه‌زنی و رشد گیاه به منظور کاربرد آن در تولید محصولات کشاورزی مورد مطالعه قرار گرفته است که در این میان می‌توان به استفاده از نانوذرات مختلفی چون نانو دی‌اکسید تیتانیم، نانولوله کربنی، نانوذرات فلزی/اکسید فلزی (آلومینیوم، روی، سیلیکون، بالادیوم، مس و طلا) اشاره نمود. نکته کلیدی در افزایش جوانه‌زنی، نفوذ نانوذرات به درون پذر است که بر اساس گزارش‌های موجود، در این حالت میزان جذب آب توسط پذر افزایش می‌یابد. برخی از مزایای استفاده از این ذرات عبارتند از:

- افزایش میزان فعالیت فتوستتری گیاه
- افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی پذر
- افزایش ارتفاع ساقه و ریشه
- افزایش میزان بیومس تولید شده توسط گیاه
- افزایش توانایی تحمل شرایط کم آبی

با این حال آینده مصرف نانوذرات برای افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاه با چالش‌هایی مواجه است که از این میان می‌توان به غیرقابل پیش‌بینی بودن اثرات نانوذرات بر گیاهان مختلف، سمیت در غلظت‌های بالا و کاهش جذب نور و فتوستتر در حضور نانوذرات با اندازه‌های بزرگ‌تر اشاره کرد.

هیدروپونیک*

هیدروپونیک (آب کشت) فناوری رشد و کشت گیاهان بدون خاک می‌باشد که امروزه به طور گسترده برای رشد محصولات زراعی در جهان استفاده می‌شود. علیرغم آنکه بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات در سوپرمارکت‌ها، محصولات هیدروپونیک می‌باشند؛ اما این فناوری در تولید محصولات غذایی کمتر شناخته شده است. از عمده‌ترین محصولات هیدروپونیکی می‌توان به



گوجه‌فرنگی، خیار، فلفل، کدو، کاهو، توت‌فرنگی و بادمجان اشاره نمود. دیگر کاربردهای هیدروپونیک تولید گیاهان علوفه‌ای و محصولات سوخت‌های زیستی می‌باشد. فناوری نانو در رابطه با هیدروپونیک به استفاده از نانوذرات فلزی رشددهنده گیاهان معطوف شده است. این فناوری منجر به کاهش مصرف انرژی و افزایش میزان فتوستتر در گیاه هنگام کشت هیدروپونیک می‌شود.

مدیریت پس از برداشت

پس از برداشت محصول موادی از قبیل اکسیژن، دی اکسید کربن، رطوبت، اتیلن، اتانول و آنتی اکسیدان‌ها با محصولات کشاورزی واکنش می‌دهند. این ترکیبات شرایط مناسبی برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌هایی نظیر بوتریتیس^۷، مونیلا^۸، پنی‌سیلیوم^۹... ایجاد می‌کند. با آالوده شدن یک میوه، سایر میوه‌ها نیز در معرض این میکروب‌ها فرار گرفته و باعث تغییر رنگ، طعم، بو، نسج و ارزش غذایی آن می‌شوند. در نتیجه میزان ضایعات ابزارداری افزایش می‌یابد. لذا نحوه نگهداری محصول و شرایط ابزارداری، نقش مهمی در کاهش ضایعات محصولات کشاورزی داشته و طول مدت ابزارمانی را افزایش می‌دهد.



بر اساس آمار حدود ۳۰ درصد محصولات کشاورزی به ویژه پس از برداشت و در مرحله ابزارداری به ضایعات تبدیل می‌شود که حدود ۶۰ میلیارد مترمکعب هدر رفت آبی را به همراه دارد [۲۸]. همچین طبق آمار سازمان خوار و بار جهانی (FAO)، یک چهارم از غذای تولید شده در کشورهای در حال توسعه به دلیل فساد و گندیدگی در فرآیندهای پس از برداشت هدر می‌رود. این آمار در مورد برخی میوه‌ها و سبزی‌ها تا ۵۰٪ تبخیز زده شده است. متوسط تولید سالانه میوه و سبزی در ایران ۲۵ میلیون تن است و میزان ضایعات این حجم از تولید به صورت سالانه ۷/۶ میلیون تن، معادل بیش از ۳۰٪ تولید محاسبه می‌شود. این در حالی است که میزان این ضایعات در کشورهای توسعه یافته ۷ تا ۱۰ درصد تولید می‌باشد [۲۹]. فناوری نانو با تولید سامانه‌ها و موادی از قبیل:

۱ سامانه‌های حذف اتیلن از محیط

۲ پوشش‌های نانویی قابل اعمال روی میوه‌ها

۳ بسته‌بندی‌های نانو کامپوزیتی.

می‌تواند کمک بسیار مؤثری در مدیریت پس از برداشت داشته و با حذف ترکیبات و مواد شیمیایی مضر از محیط پیرامون محصولات کشاورزی، مدت زمان ابزارداری محصول را افزایش دهد.

گیاه‌پزشکی



بسیاری از گیاهان و محصولات کشاورزی در اثر حمله آفات و بیماری‌ها در طول دوره رشد خود، یا به طور کلی از بین می‌روند و یا میزان تولید محصول آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد. گیاه‌پزشکی علمی است که در آن به تشخیص، کنترل و از بین بردن آفات و بیماری‌ها در گیاهان پرداخته می‌شود. ظهور فناوری نانو در این علم موجب گسترش هرچه بیشتر آن شده است که در زیر به مواردی از آن اشاره خواهد شد.

کنترل آفات



حفظat از محصولات کشاورزی در مقابل هجوم آفات مورد توجه دولت، کشاورزان و افراد متخصص در این زمینه است. از دیرباز تا کنون، آفت‌کش‌های مصنوعی برای کنترل آفات مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال خطرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها، مانند مقاومت آفات به سموم مصنوعی و سمیت آن‌ها برای انسان، پستانداران و حشرات مفید،

تمایل به استفاده از سموم کم خطر را افزایش داده است. سموم مبتنی بر میکرو و نانوماد از فرمولاسیون‌های جدیدی بهره‌مند هستند که به تازگی به عنوان یک جایگزین مناسب برای سموم شیمیایی مصنوعی در نظر گرفته شده‌اند. فرموله کردن آفت‌کش‌ها در مقیاس میکرو و نانومتری برای دست‌یابی به اهداف زیر انجام می‌شود:

۱ کنترل رهایش ماده موثر آفت‌کش

۲ حفاظت از اثرات نامطلوب زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها

۳ افزایش پایداری در شرایط ابزارداری

۴ افزایش ثبات شیمیایی در محیط

۵ کاهش سمیت آفت‌کش‌ها برای پستانداران، گونه‌های غیرهدف، حشرات مفید و غیره. روش‌های فیزیکی و شیمیایی توسعه یافته مختلفی برای تهیه آفت‌کش‌ها با ابعاد نانو وجود دارد که به آن اشاره خواهد شد.

استفاده از نانوذرات برای مدیریت آفات

برخی از نانو ذرات فلزی، غیرفلزی و اکسید فلزی دارای اثر حشره‌کشی هستند. از این ذرات می‌توان به

آلومینای نانوساختار، نانو نقره، نانو کادمیوم سولفید، نانو تیتانیوم دی اکسید، نانوذرات سیلیس و نانوذرات گوگرد اشاره داشت. نانوذرات مزبور به طور موثری به سلول‌های میکروبی لارو حشره هجوم آورده و باعث تغییر شکل و سپس مرگ لاروها می‌شوند. علاوه بر این نانوذراتی چون نقره و گوگرد در کنترل فارچ‌های بیماری‌زای گیاهی نقش داشته و باعث مهار تولید هاگ و رشد این قبیل فارچ‌ها می‌شوند.

■ کنترل آفات و علف‌های هرز توسط نانوذرات بارگذاری شده با آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها

در سال‌های اخیر برخی از نانوذرات به منظور بارگذاری انواع آفت‌کش‌های مانند حشره کش‌ها، کنه کش‌ها، پاتوژن‌های بیماری‌زای حشرات، فارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها تولید شده است. در اغلب این موارد نانوذرات به عنوان حامل سم، تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت ماده موثر آفت‌کش‌ها به صورت تدریجی رهایش یافته و این رهایش دارای مزایایی است که از آن‌ها می‌توان به صرفه بودن، اینمی محیط‌زیست با جلوگیری از استفاده بیش از حد از آفت‌کش‌ها و شسته شدن خاک به آبراهه‌ها، کاهش خطر گیاه‌سوزی و سمیت برای انسان اشاره نمود.

■ کنترل آفات و علف‌های هرز توسط نانوکپسول‌ها

نانوساختارهایی که بیشترین استفاده را در فرمولاسیون‌های رهایش تدریجی آفت‌کش‌ها دارند شامل نانوکره‌ها^{۱۰}، نانوکپسول‌ها، نانوذرا و میسل‌ها هستند که متدائل‌ترین فرم این نانوساختارها، نانوکپسول‌ها می‌باشند. امروزه مونومرهای مختلفی به عنوان لایه پوششی نانوکپسول‌ها مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرند. این مونومرها پس از استقرار در اطراف ذرات ترکیب مورد نظر، با ایجاد اتصال به یکدیگر به صورت پلیمر در آمده و نانوکپسول را تشکیل می‌دهند و ماده درون این کپسول (شامل دارو، آفت‌کش، علف‌کش، کود...) پس از رسیدن به هدف مورد نظر و تحت شرایط پیش‌بینی شده قبلی (شامل شرایط محیطی معین یا محرك‌های اعمال شده از محیط)، از هم گسیخته شده و ماده حمل شده را در نزدیک‌ترین فاصله‌ی ممکن به هدف، آزاد می‌سازد. این فرآیند به منظور ارسال ماده ژنتیکی (DNA) به گیاه به منظور ایجاد مقاومت در برابر آفات و بیماری‌های نیز قابل انجام است. استفاده از این نانوکپسول‌ها مزایای متعددی دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- افزایش زمان فعالیت زیستی سم
- کاهش میزان چسبندگی ذرات سم به ذرات خاک و درنتیجه افزایش کارایی سم در کنترل آفات خاک‌زی
- کاهش خطرات ناشی از در معرض سرم قرار گرفتن کارگران سرم پاش
- افزایش اینمی حمل و مصرف آفت‌کش‌ها به دلیل حذف حالات آتش‌زا از فرمولاسیون سوم

■ کاهش خاصیت گیاه‌سوزی آفت‌کش‌ها

- کاهش تغییر سم به دلیل کپسوله شدن آن

- کاهش اثرات سوء جانبی روی موجودات غیرهدف و محیط‌زیست

- حذف تخریب ماده موثره سم در اثر نور آفتاب

- سهولت حمل و مصرف سموم به دلیل تغییل آن‌ها.

مکانیسم رهاسازی یک نانو‌کپسول شامل: انتشار، انحلال، تجزیه زیستی و فشار اسجعی در یک pH منحصر به فرد است.

■ ردیابی پاتوژن‌های بیماری‌زای گیاهی



وجود سیستم‌های ردیابی هوشمند، موقعیت‌یابی و گزارش پاتوژن در مزرعه و به دنبال آن بکارگیری سموم و کود پیش از بروز علایم بیماری در محیط‌های کشت محصول، لازم و ضروری است. به همین منظور نانو بارکدهایی تولید شده‌اند که می‌توانند به عنوان شاخصی جهت شناسایی عوامل بیماری‌زای گیاهی از قبیل ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها... عمل نمایند. این نانو بارکدها می‌توانند

تعداد زیادی از پاتوژن‌ها را برچسب بزنند و در نتیجه پاتوژن‌ها از طریق تابش فلورسانس به راحتی قابل شناسایی می‌باشند. به کمک این روش می‌توان چندین پاتوژن را در یک مزرعه، به سادگی شناسایی کرد. از جمله مثال‌های موجود می‌توان به کاربرد نانو ذرات سیلیکاکای فلورسنت دار در ردیابی بیماری‌زای Xanthomonas axonopodis pv. vesicatoriae گیاهی اشاره کرد.

ماشین‌های کشاورزی

از کاربردهای فناوری نانو در این حوزه می‌توان به طور مختصر به موارد زیر اشاره نمود:



- کاربرد در پوشش‌های بدنه ادوات و ماشین‌ها و ابزارهای کشاورزی و حتی شیشه‌ها برای افزایش مقاومت در برابر خوردگی و ساییدگی و انعکاس امواج مأواه بنفس

- تولید قطعات مکانیکی مستحکم‌تر با استفاده از نانوروکش‌ها و استفاده از حسگرهای زیستی در ماشین‌آلات هوشمند جهت مبارزه مکانیکی و شیمیایی با علف‌های هرز

- بهینه‌سازی میزان و شکل سموم مصرفی و وسایل سپاپشی

- تولید روکش‌های نانویی باتاقان‌ها برای کاهش اصطکاک
- تولید قطعات مختلف موتور ماشین‌های کشاورزی جهت افزایش مقاومت به سایش، خوردگی، حرارت و نیز کاهش اصطکاک
- استفاده از فناوری نانو در تولید سوخت‌های جایگزین و آلودگی کمتر محیط‌زیست.

علوم دام

برخی از این کاربردهای فناوری نانو در این حوزه به طور مختصر عبارتند از:



- نانوذرات نقره: ضدغفونی کردن جایگاه‌های نگهداری دام و طیور و جلوگیری از رشد باکتری‌ها
- نانوفیلترها: فیلتر نمودن محصولات لبنی از میکروب‌ها و ویروس‌ها
- تهییه نمودن هوا
- استفاده از حسگرهای تشخیص دهنده بیماری در بدن دام.

نتیجه‌گیری



همانگونه که در این گزارش به طور مختصر بیان شد، فناوری نانو برای ارتقاء بخش‌های مختلف در حوزه کشاورزی و دامداری، توانمندی‌های بی‌نظیری از خود نشان داده است. امکان افزایش تولید، کاهش ضایعات، کاهش مصرف کودهای شیمیایی، افزودن خواص بهتر به محصولات کشاورزی، سهولت در فرآوری و اینمی بالاتر محصولات غذایی، تامین آب و تضمین کیفیت و سلامت آن و افزایش عمر ماشین‌آلات از خدمات فناوری نانو به این حوزه وسیع از فعالیت‌های بشری است. با توجه به مزایای استفاده از فناوری نانو در این حوزه، به نظر می‌رسد در آینده نزدیک حجم بازار قابل توجهی در این حوزه نسبی محصولات و خدمات مبنی بر فناوری نانو شود. گرچه علیرغم تنوع محصولات وارد شده به بازار این فناوری و البته مانند هر فناوری جدید دیگری، علی‌شدن نقش فناوری نانو در توسعه کشاورزی و پذیرش آن در بین مصرف‌کنندگان و همچنین مشخص شدن اثرات جانبی استفاده از آن، نیاز به تکمیل بررسی‌های علمی و صنعتی بیشتر دارد. در ایران نیز شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی بسیاری بر استفاده از فناوری نانو برای تولید یا توسعه محصولات مختلف مرتبه با این حوزه تمرکز کرده‌اند و دستاوردهای مناسبی در این زمینه داشته‌اند.

پی‌نوشت‌ها

- ۱ Biochar
- ۲ Biomass
- ۳ Ampholytic
- ۴ Magnetite
- ۵ Reverse Osmosis
- ۶ Hydroponic

Botrytis

Monilinia

Penicillium

۱۰ استفاده از پوشش‌های پلمری چون
Glyceryl ester of fatty acids

مراجع

- ۱ Bhupinder Singh Sekhon. (2014). Nanotechnology in agri-food production: an overview. *Nanootechnology, Science and Applications*. India. www.dovepress.com. 23 p
- ۲ ستاد و پژوهه توسعه فناوری نانو. مرواری بر کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی و صنایع غذایی. ماهنامه فناوری نانو، سال دوازدهم، مهر ۹۲. شماره ۷. پیاپی ۲۰۹۲.
- ۳ Prasad, R., Kumar W. and K. S. Prasad (2014). Nanotechnology in sustainable agriculture: Present concerns and future aspects, *African Journal of Biotechnology*, Vol. 13(6): 705-713
- ۴ Sekhon, B. S. (2010). Food nanotechnology – an overview. *NanoTechnology, Science and Applications*. 3: 1–15
- ۵ ملکوتی مج. ۱۳۹۳. توصیه بهینه مصرف کود برای محصولات کشاورزی در ایران. انتشارات مبلغان به سفارش خانه کشاورز. ۳۴۴ صفحه. تهران، ایران
- ۶ نادری م. دانش شهر کیمی، ۱۳۹۰. کاربرد فناوری نانو در بهینه سازی فرمولاسیون کوکوای شیمیابی. معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ماهنامه فناوری نانو. سال دهم، شماره ۴. پیاپی ۱۶۵. تهران، ایران.
- ۷ Kulasekaran Ramesh, Dendi Damodar Reddy, Chapter Four - Zeolites and Their Potential Uses in Agriculture, In: Donald L. Sparks, Editor(s), *Advances in Agronomy*, Academic Press, 2011, Volume 113, Pages 219-241
- ۸ Park, B., et al. (2013). In *Advances in Applied Nanotechnology for Agriculture; Chapter 11: Biochar: Sustainable and Versatile*. Oxford University Press. ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC. 257 pages.
- ۹ Gu, X., Wang, Y., Lai, L., Qiu, J., Li, S., Hou, Y., Martens, W., Mahmood, N. and Sh. Zhang (2015). Microporous bamboo biochar for lithium-sulfur battery.
- ۱۰ Zhang, M., Gao, B., Ying, Y., Xue Y., and I. Mandu (2012). Synthesis of porous MgO-biochar nanocomposite for removal of phosphate and nitrate from aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal*.
- ۱۱ حسنی، م. مقصودلو، م. نمازی، ح. ۱۳۹۳. هیدروژل‌های آبی کاپورزتی، خصوصیات و موارد استفاده آن‌ها. سایت ستاد و پژوهه توسعه فناوری نانو. www.nano.ir.
- ۱۲ Rai, V., Acharya, S. and Dey, N.(2012). Implications of nanobiosensors in agriculture. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 3: 315-324
- ۱۳ Rana, J.S., Jindal, J., Beniwal, V., & Chhokar, V. (2010). Utility biosensors for applications in agriculture-A Review. *Journal of American Science*, 6(9), 353-375.
- ۱۴ http://www.aist.go.jp/aiste/latestresearch/2004/20040402_1/20040402_1.html
- ۱۵ ستاد و پژوهه توسعه فناوری نانو. گزارشی از فعالیت‌های ستاد و پژوهه توسعه فناوری نانو در زمینه به کار گیری فناوری نانو در صنعت تصفیه آب و پساب. بهمن ماه ۱۳۹۳.
- ۱۶ Qu, X., Alvarez, P.J.J., Li, Q., (2013). Applications of Nanotechnology in Water and Wastewater Treatment, *Water Research*. doi: 10.1016/j.watres.2012.09.058.
- ۱۷ Fahim H., Perales-Perez, O.J., Hwang, S. and F. Román, (2014). Antimicrobial nanomaterials as water disinfectant: Applications, limitations and future perspectives, *Science of The Total Environment*. 466–467: 1047-1059.
- ۱۸ Das, R., Ali, M.E., Bee Abd Hamid, S., Ramakrishna, S. and Z. Chowdhury (2013). Carbon nanotube membranes for water purification: A

- bright future in water desalination, Desalination 336: 97-109
- ۱۹** عباسی، ع. ۱۳۹۱. کاربرد فناوری نانو در تصفیه آب، مجموعه گزارش‌های رصد فناوری نانو. سایت ستاد ویژه توسعه فناوری نانو. www.nano.ir.
- ۲۰** Mahdi Fathizadeh, Abdolreza Aroujalian, Ahmadreza Raisi, Effect of added NaX nano-zeolite into polyamide as a top thin layer of membrane on water flux and salt rejection in a reverse osmosis process, Journal of Membrane Science, Volume 375, Issues 1–2, 15 June 2011, Pages 88-95.
- ۲۱** Hang Dong, Lin Zhao, Lin Zhang, Huanlin Chen, Congjie Gao, W.S. Winston Ho, High-flux reverse osmosis membranes incorporated with NaY zeolite nanoparticles for brackish water desalination, Journal of Membrane Science, Volume 476, 15 February 2015, Pages 373-383.
- ۲۲** Chieh-Jui Tsou, Yann Hung, Chung-Yuan Mou, Hollow mesoporous silica nanoparticles with tunable shell thickness and pore size distribution for application as broad-ranging pH nanosensor, Microporous and Mesoporous Materials, Volume 190, 15 May 2014, Pages 181-188.
- ۲۳** خیام نکویی، م. بی آزار، ا. صالحی جوزانی، غ. ۱۳۸۹. فناوری نانو در علوم کشاورزی. انتشارات پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی به سفارش کمیته فناوری نانو وزارت جهاد کشاورزی. صفحه. تهران، ایران. ۲۴۱
- ۲۴** Chinnamuthu C.R. and Murugesa Boopathi P. (2009). Nanotechnology and Agroecosystem, Madras Agric. J., 96 (1-6): 17-31.
- ۲۵** Ali MA, Rehman I, Iqbal A, Din S, Rao AQ, Latif A, Samiullah TR, Azam S, Husnain T. (2014).
- Nanotechnology, a new frontier in Agriculture. *Adv. life sci.*, 1(3), pp. 129-138.
- ۲۶** Khodakovskaya et al., (2009). Carbon Nanotubes Are Able To Penetrate Plant Seed Coat and Dramatically Affect Seed Germination and Plant Growth. *ACS Nano.* 3(10):3221-3227
- ۲۷** Khot L.R, Sankaran, S., Maja, M., Ehsani, R. and E.W. Schuster (2012). Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review. *Crop Protection*; 35: 64-70
- ۲۸** سایت ir-isna.ir - خبرگزاری دانشجویان ایران (اسنای).
- ۲۹** کردیور- ماهنامه خدمات فناوری تا بازار / سال اول / شماره ۳ / مهر و آبان ۱۳۹۰.
- ۳۰** حسینی میرزاچی مقدم، محمددادی خوش تقاضا، محسن برزگر بفرودی، علی سلیمی، «بررسی اثر نانو زنگولیت پتانسیم پرمنگنات و زمان نگهداری بر خواص فیزیکوشیمیای میوه کیوی (رقم هیوارد)»، نشریه ماشین‌های کشاورزی، جلد ۴، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۳، ص ۴۷-۴۹.
- ۳۱** معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی، «مدیریت کاهش ضایعات محصولات کشاورزی»، طرح مطالعات جامع کاهش ضایعات محصولات کشاورزی.
- ۳۲** ضاییانی، م. حسزوی، ف. ۱۳۹۳. کاربردهای نانو ذرات در جلوگیری و کنترل آفات. ماهنامه فناوری نانو. سال سیزدهم، دی ماه ۹۳. شماره ۱۶. پیاپی ۲۰۷. صفحات ۲۲-۱۸.
- ۳۳** پوررخیم، ر. فرزادفر، ش. گلزاری، ع. ر. فناوری نانو و کشاورزی. انتشارات سپهر. چاپ اول ۱۳۸۷. صفحه.
- ۳۴** Dura'n, N. and P. D. Marcato (2013). Nanobiotechnology perspectives. Role of nanotechnology in the food industry: a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 48: 1127-1134

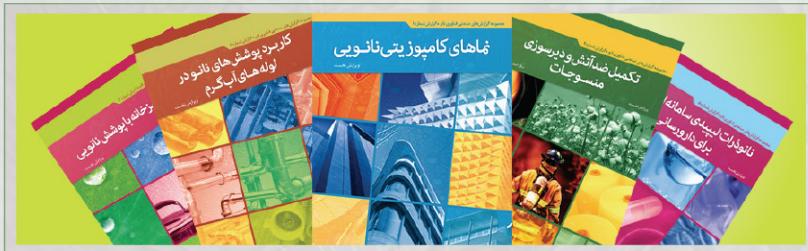
مجموعه نرم‌افزارهای «نانو و صنعت»

مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش‌ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم‌افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاحبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و عالم‌گردان به فناوری نانو قرار داده است.

تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «فت»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت و ساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی» ارائه شده است.

مرکز پخش: www.nanosun.ir - ۶۶۸۷۱۲۵۹

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- کاربرد فناوری نانو در صنعت چوب
- کاربرد فناوری نانو در تصفیه آب
- کاربرد فناوری نانو در تصفیه هوا
- کاربرد فناوری نانو در بتن‌های سبک
- کاربرد فناوری نانو در بتن
- نانولیپوزوم‌ها و نقش آنها در رهایش دارو
- کاربرد فناوری نانو در محیط‌های بیمارستانی
- کاربرد فناوری نانو در حسگرهای ساختمانی
- کاربردهای فناوری نانو در عایق‌های رطوبت
- کاربرد فناوری نانو در لوله‌های بی‌صدای فاضلاب
- حذف آلاینده‌های آب با استفاده از نانوذرات آهن
- صفرظرفیتی
- کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان
- استفاده از غشاء نانولوله کربنی جهت نمک‌زدایی و تصفیه آب
- کاربرد فناوری نانو در کاشی و سرامیک
- غنی‌سازی محصولات کشاورزی با نانوکودهای کلاته آهن و روی
- کاربرد فناوری نانو در فرآیندهای افزایش برداشت نفت خام
- خشک کردن انجمادی پاششی
- کیتوسان پلیمری زیست‌تخریب‌پذیر در سامانه‌های داروسانی
- فناوری نانو و بتن‌های ویژه
- کاربرد فناوری نانو در آنالیزگرهای جدید صنایع بالادستی نفت
- کاربردهای فناوری نانو در بخش انتقال شبکه برق رسانی
- نمایه‌ای کامپوزیتی نانوی
- کاربرد پوشش‌های نانو در لوله‌های آب گرم
- ظروف آشپزخانه با پوشش نانویی
- تکمیل ضدآتش و دیرسوزی منسوجات
- نانوذرات لیبیدی، سامانه‌ای جدید برای داروسانی
- نانومیسیل‌ها و نقش آنها در رهایش دارو
- نانوبیوهای دارویی فرمولاسیون جدید داروهای کم محلول
- نقش فناوری نانو در توسعه پچ‌های پوستی
- کاربردهای فناوری نانو در سیمان حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در گل حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در صنعت نساجی
- بهره‌گیری از جاذبهای نانو بر پایه آتروژل‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی و تصفیه پساب‌های صنعتی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌استاتیک
- داروهای متصل شده به پادتن
- تصفیه آب با استفاده از غشاء پلیمری نانوفیلتراسیون
- نانوحسگرها جهت آزمایش‌های بیوشیمیابی متداول خون (تعیین میزان قند، چربی و...)
- نانوکامپوزیت‌های زیست‌تخریب‌پذیر برای بسته‌بندی مواد غذایی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های خودتمیزشونده
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های خدختش
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌باکتریال
- کاربرد فناوری نانو در عایق‌های حرارتی
- کاربرد فناوری نانو در عایق‌های صوتی
- افزایش تولید و کیفیت محصولات کشاورزی با استفاده از نانوکودهای بیولوژیک