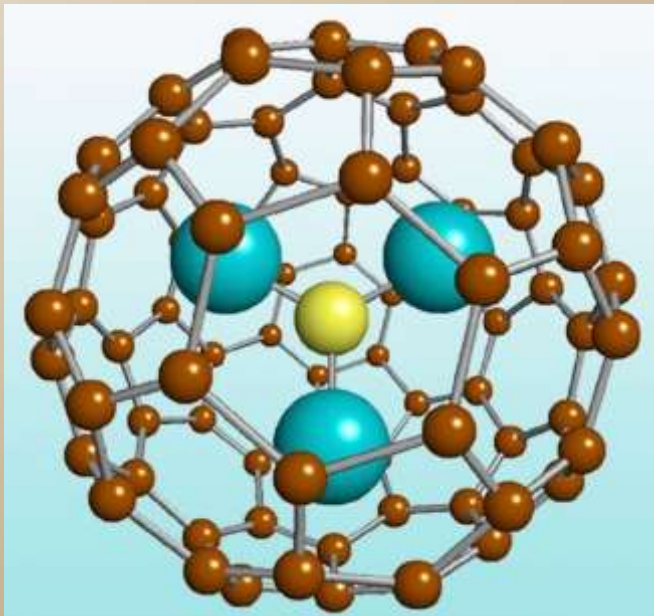


پتانسیل‌های فناوری نانو در تولید خرما و میوه‌های گرمسیری



نگارنده:

رحمان یوسفی

(عضو هیئت علمی پژوهشگاه خرما و میوه‌های گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران)

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری

پتانسیل‌های فناوری نانو در تولید خرما و میوه‌های گرمسیری

نگارنده:

رحمان یوسفی

(عضو هیئت علمی پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران)

۱۳۹۹



عنوان نشریه فنی: پتانسیل‌های فناوری نانو در تولید خرما و میوه‌های گرمسیری

نگارنده: رحمان یوسفی

ویراستاران: عزیز تراهی، ابراهیم سابی و سید سمیح مرعشی

ناشر: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری

شماره نشریه (خاص انتشارات پژوهشکده):

شمارگان: ۱۵ نسخه

حاصل از گزارش نهایی با عنوان: با شماره فروست:.....

تاریخ انتشار: ۱۳۹۹

مسئولیت درستی مطالب با نگارنده/نگارندگان است.

این نشریه با شماره ۵۸۰۷۲ مورخ ۱۳۹۹/۰۶/۰۲ از مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: اهواز- کیلومتر ۱۰ جاده ساحلی اهواز خرمشهر- روبروی روستای ام‌التمیر- پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری

شماره تلفن: ۹۱۰۰۱۱۲۹-۰۶۱ دورنگار: ۹۱۰۰۱۱۲۹-۰۶۱ داخلی ۵

نشانی سایت: <http://drc.hsri.ac.ir/>

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۱ | مقدمه |
| ۲ | تعریف و کاربردهای فناوری نانو |
| ۲ | پاسخ‌های رشدی و عملکردی گیاهان به کاربرد نانومواد و نانوذرات |
| ۳ | کاربرد نانوذرات در مدیریت تغذیه و مقابله با تنش‌های گیاهی |
| ۴ | اثر نانوذرات روی هورمون‌های گیاهی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان |
| ۴ | اثر نانوذرات روی ویژگی‌های کیفی محصولات گیاهی |
| ۵ | خرما و میوه‌های گرمسیری |
| ۶ | کاربرد فناوری نانو در رشد و میوه‌دهی خرما و برخی میوه‌های گرمسیری |
| ۷ | کاربرد فناوری نانو در بسته‌بندی و پس از برداشت خرما و میوه‌های گرمسیری |
| ۹ | پتانسیل‌های پژوهشی و کاربردی فناوری نانو (در زمینه خرما و میوه‌های گرمسیری) |
| ۱۱ | نتیجه‌گیری |
| ۱۳ | منابع |

مقدمه

تأمین مواد غذایی سالم برای ادامه حیات بشر همواره یکی از چالش‌های اصلی بوده است که با رشد روزافزون جمعیت از یک طرف و محدودیت منابع موجود تامین مواد غذایی مورد نیاز انسان از طرف دیگر اهمیت بالایی پیدا کرده است. استفاده از فناوری‌های نوین به منظور افزایش کمیت و کیفیت تولید محصولات کشاورزی، کاهش ضایعات و تبدیل فرآورده‌های کم ارزش به فرآورده‌های با ارزش افزوده بالا در کنار توجه به اصول کشاورزی پایدار می‌تواند راهبرد مناسبی برای مقابله با این چالش باشد. یکی از این فناوری‌های نوین، فناوری نانو می‌باشد. پتانسیل‌های کاربرد فناوری نانو در کشاورزی نیز مانند سایر صنایع و رشته‌های علمی ابعاد گسترده و عمیقی دارد و محصولات گوناگون تولید شده توسط فناوری نانو می‌توانند بستر مناسبی برای توسعه در بخش کشاورزی باشند. ضایعات کشاورزی، تغییرات اقلیمی، تنش‌های زیستی و غیرزیستی، کمبود منابع آب، خسارت آفات و بیماری‌های گیاهی، بهره‌وری پایین نهاده‌ها و ورودی‌ها، عملکرد پایین و آلاینده‌های محیطی از چالش‌های عمده کشاورزی امروز هستند. بسته‌بندی‌های هوشمند نانویی، نانو کودها و نانوذرات، نانوسنسورها، نانوکامپوزیت‌ها، ژل‌ها و سوپرجاذب‌های نانویی و نانوفیلتراسیون نمونه‌هایی از توانمندی‌های فناوری نانو در بخش کشاورزی هستند که البته این کاربردها هنوز در مراحل آغازین خود می‌باشند. فناوری نانو قابلیت کاربرد در تمامی زمینه‌های مرتبط با کشاورزی از قبیل کشت، داشت، برداشت و پس از برداشت را دارا می‌باشد. در حوزه کشاورزی ایران، محصولات باغبانی به ویژه خرما و میوه‌های گرمسیری از محصولات مهم هستند که با مشکلات متعددی در تولید از قبیل آبیاری، تغذیه و کوددهی، عمر پس از برداشت، بسته‌بندی، اصلاح ژنتیکی، تولید رقم و ... مواجه هستند. هدف این نشریه معرفی قابلیت‌ها و توانمندی‌های فناوری نانو در عرصه کشاورزی و مروری بر تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌های مختلف تولید خرما و میوه‌های گرمسیری و پتانسیل‌های آتی کاربرد فناوری نانو در این زمینه‌ها می‌باشد.

تعریف و کاربردهای فناوری نانو

یک تعریف دقیق از ساختارهای نانو شامل ساختارهایی می‌شود که حداقل دو بعد آنها کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر باشد. تعریف گسترده‌تر از این ساختارها، ساختارهایی با یک بعد کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر و یک بعد کوچک‌تر از یک میکرو-متر را نیز در بر می‌گیرد. مطابق این تعریف لایه‌های بسیار نازک با عرض کمتر از یک میکرومتر نیز جزو ساختارهای نانو قرار می‌گیرند (حسینی، ۱۳۸۹). کاربردهای نانو، کاربردهایی در تمام زمینه‌های علم و فناوری است. همین کاربردهای وسیع فناوری نانو که از آن به عنوان بین‌رشته‌ای بودن فناوری نانو یاد می‌شود، عاملی مهم در فراگیر شدن این پدیده جدید می‌باشد (سادات‌نوری، ۱۳۸۴). یکی از مهم‌ترین بخش‌های تأثیرگذار در توسعه پایدار کشورها بخش کشاورزی و منابع طبیعی است. فناوری نانو یکی از پیشرفت‌های بسیار بدیع و نوظهوری است که با استفاده از نانوذراتی که تغییرات فیزیکی و شیمیایی اساسی در آن‌ها ایجاد شده، جایگاه برجسته‌ای در علوم مختلف پیدا کرده است و علوم کشاورزی، گیاهی و صنایع غذایی نیز از این فناوری نوین بی‌بهره نمانده‌اند. کاربرد فناوری نانو به منظور بهبود رشد و تولید گیاهان به ویژه درختان، علم کاملاً نوپایی بوده و نیاز به تحقیقات گسترده‌ای دارد، به طوری که بسیاری از ساز و کارهای تأثیرپذیر گیاه در پاسخ به استعمال نانوذرات همچنان ناشناخته است (اشکاوند و همکاران، ۱۳۹۳). در ایران نانوفناوری از حدود سال

۱۳۸۰ به طور جدی شروع شده است و با برنامه‌ریزی‌های انجام‌شده در مراکز علمی و دانشگاهی، تا کنون رشد قابل توجهی داشته است (تقوی‌نیا، ۱۳۸۷). فناوری نانو در زمینه‌های مختلفی مانند تشخیص سریع بیماری‌های گیاهی، افزایش کیفیت فرآورده‌های کشاورزی، مهندسی ژنتیک گیاهان، افزایش میزان تولید و مدت زمان انبارداری محصولات کشاورزی و موارد بسیاری نظیر آن می‌تواند نقش بسیار مؤثری در بخش کشاورزی ایفا کند (ژوزف و موریسون، ۲۰۰۶). از کاربردهای عمده این فناوری در کشاورزی و صنایع وابسته می‌توان به ساخت بسته‌بندی‌های جدید متناسب با تغییرات غذا، تولید سموم و کودهای نانومقیاس و با اثرگذاری بیشتر و نانو کامپوزیت‌ها اشاره کرد (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۸). محصولات مختلف باغبانی به لحاظ ارزش غذایی و تجاری محصولات مهمی می‌باشند که به طور مستقیم با امنیت غذایی و سلامتی جامعه در ارتباط هستند و حفظ، توسعه و بهبود تولید این محصولات با استفاده از راهکارهای مختلف لازم است. یکی از این راهکارها، استفاده از فناوری‌های نوین مانند فناوری نانو می‌باشد. اخیراً کاربرد نانوذرات مختلف در زمینه‌ها و زیرشاخه‌های مختلف مدیریت تولید محصولات باغبانی همچون بهبود جوانه‌زنی بذر، بهبود رشد و عملکرد گیاه، تغذیه گیاه، ایجاد تحمل به تنش‌های مختلف محیطی مانند تنش شوری، خشکی، فلزات سنگین و ... توسعه بیشتری پیدا کرده و تحقیقات مختلفی در این رابطه صورت گرفته است. در این نشریه، مروری بر تحقیقات مختلف انجام شده در زمینه کاربردهای فناوری نانو در جنبه‌های مختلف رشد، میوه‌دهی، افزایش ماندگاری و عمر پس از برداشت محصولات باغبانی به ویژه خرما و برخی دیگر از میوه‌های گرمسیری مثل موز و انبه صورت گرفته است.

پاسخ‌های رشدی و عملکردی گیاهان به کاربرد نانومواد و نانوذرات

مطالعات اولیه نشان داده است که استفاده از نانوذرات می‌تواند در افزایش تولید بذر و رشد و مراقبت گیاه کاربرد داشته باشد (خوت و همکاران، ۲۰۱۲). پاسخ گیاهان به نانوذرات بر حسب گونه و مرحله رشدی گیاه و ماهیت نانوذرات متفاوت است (نایر و همکاران، ۲۰۱۰). هنوز اطلاعات بسیار اندکی در رابطه با اثرات مثبت و منفی نانوذرات بر رشد و عملکرد محصولات باغی وجود دارد و در پژوهش‌های انجام شده نتایج ضد و نقیضی گزارش شده است. برای مثال، می‌توان به نانوتیوب‌های کربنی تک‌جداره و چندجداره اشاره کرد. به طوری که بعد از اعمال نانوتیوب کربنی چندجداره بر روی بذرهای گوجه‌فرنگی، جذب بیشتر آب و در نهایت افزایش قدرت و درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (خوداکوفسکایا و همکاران، ۲۰۰۹). سرینیواسان و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارشی در مورد کاربرد نانوتیوب‌های کربنی در افزایش جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه گوجه‌فرنگی منتشر کردند و اشاره داشتند که نانوتیوب‌های کربن باعث تسریع جوانه‌زنی و افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاه شد. این در حالی است که با کاربرد نانوتیوب‌های کربنی تک‌جداره عامل‌دار نشده^۱ (عامل‌دار کردن نانوتیوب‌های کربنی با گروه‌های عاملی مختلف باعث کاهش تجمع آن‌ها در محلول و افزایش پایداری پراکندگی اذرات در محلول می‌شود) کاهش قابل ملاحظه رشد ریشه گوجه‌فرنگی مشاهده شد (کاناس و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه یوسفی (۱۳۹۱) اثرات کاربرد نانوتیوب‌های کربنی بر روی جوانه‌زنی درون‌شیشه‌ای بذر توت‌فرنگی مطالعه شده است. نتایج نشان داد که نانوتیوب‌های کربنی روی جوانه‌زنی بذر توت‌فرنگی نه تنها اثر مثبتی نداشته است بلکه در غلظت‌های بالاتر باعث عدم جوانه‌زنی بذر نیز گردید که احتمالاً به دلیل ایجاد سمیت در غلظت‌های بالا بوده

1- Non-Functional single walled carbon nanotubes
2-Dispersion

است. موارد فوق نشان‌دهنده این است که پاسخ گیاهان به نانوذرات بر اساس نوع گیاه و ماهیت نانوذرات متفاوت است. تریپاتی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که استفاده از محلول آبی نانوتیوب‌های کربنی باعث افزایش سرعت رشد گیاه نخود شد. پراساد و همکاران (۲۰۱۲) بذرها را به طور جداگانه با غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید روی و سوسپانسیون سولفات روی بالک کلات شده به عنوان منبع روی معمول تیمار کردند و اثرات این تیمارها بر جوانه‌زنی بذر، قدرت دانه‌ها، رشد گیاه، گلدهی، میزان کلروفیل، عملکرد غلاف و رشد ریشه را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار نانوذرات اکسید روی (با اندازه ذرات ۲۵ نانومتر) در غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، جوانه‌زنی بذر و قدرت دانه‌ها را افزایش داد و گلدهی زود هنگام و میزان کلروفیل برگ بالا مشاهده گردید. اثرات این ذرات به صورت افزایش رشد ساقه و ریشه نمایان شد. عملکرد غلاف در هر گیاه در مقایسه با سولفات روی بالک، ۳۴ درصد بالاتر بود. اثر اکسید تیتانیوم در مقیاس نانو به صورت افزایش فتوسنتز و رشد اسفناج گزارش شده است (هونگ و همکاران، ۲۰۰۵؛ یانگ و همکاران، ۲۰۰۶). در سال‌های اخیر، اثرات اکسید سیلیسیم در مقیاس نانو بر گیاهان مورد توجه قرار گرفته است که البته پژوهش‌های محدودی در این رابطه وجود دارد. یاواکومار و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه روی بذر و گیاهچه ذرت نشان دادند که اعمال نانو اکسید سیلیسیم به صورت پودر مخلوط با بستر گلدان‌ها باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذر (۲ تا ۱۱ درصد) و ضریب بهره‌وری آب (بیشتر از ۵۳ درصد) و میزان کلروفیل برگ گیاهچه ذرت (۱۳ تا ۱۷ درصد) شد. همچنین تمامی پارامترهای کمی گیاه، نسبت به شاهد و تیمار اکسید سیلیسیم درشت‌دانه، افزایش نشان داد. یوسفی (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای اثرات کاربرد نانوذرات سیلیسیم را بر ویژگی‌های کمی میوه و عملکرد توت‌فرنگی مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که کاربرد نانوذرات دی‌اکسید سیلیسیم باعث افزایش معنی‌دار تعداد میوه، وزن میوه، حجم میوه، طول میوه، درصد تشکیل میوه و عملکرد توت‌فرنگی در مقایسه با شاهد گردید. به هر حال، استفاده از نانوذرات در جهت افزایش جوانه‌زنی، رشد و عملکرد محصولات باغی بسیار جدید است و نیاز به اکتشاف بیشتری دارد و عملکرد نانوذرات در سطح ملکولی و فیزیولوژیکی تا حد زیادی ناشناخته مانده است (سیدیکیوی و همکاران، ۲۰۱۳).

کاربرد نانوذرات در مدیریت تغذیه و مقابله با تنش‌های گیاهی

در کشاورزی پایدار، کاربرد نانوفناوری به عنوان یکی از روش‌های نوید بخش برای افزایش قابل توجه غذای مورد نیاز جمعیت جهان که به سرعت در حال رشد می‌باشد، است و در زمینه تغذیه گیاهی، نانوکودها یکی از نوآوری‌های بزرگ در بخش کشاورزی هستند (لال، ۲۰۰۸). نانوکودها ترکیبات نانویی خاصی هستند که به سرعت و به صورت کامل جذب گیاه شده و به خوبی نیازها و کمبودهای غذایی آن را مرتفع می‌سازند. یوسفی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی تأثیر میکرو و نانوذرات سیلیسیم در تغذیه گیاه توت‌فرنگی به این نتیجه دست یافتند که کاربرد نانوذرات سیلیسیم باعث افزایش معنی‌دار عناصر غذایی همچون پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و سیلیسیم در اندام هوایی گیاه نسبت به گیاهان شاهد گردید. از دیگر جنبه‌های بررسی کاربرد نانوذرات در محصولات باغی پاسخ بذر، گیاهچه و نهال گیاهان و درختان باغی متأثر از تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی به انواع مختلف نانوذرات می‌باشد. حقیقی و همکاران (۲۰۱۲) با اعمال نانو اکسید سیلیسیم بر بذر و گیاهچه گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری به این نتیجه رسیدند که نانو اکسید سیلیسیم می‌تواند اثرات منفی و مخرب شوری بر درصد جوانه‌زنی و طول و وزن ریشه گیاه را بهبود بخشد.

اثر نانوذرات بر هورمون‌های گیاهی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان

هورمون‌های گیاهی مواد فعال آلی هستند که طی متابولیسم گیاهی تولید می‌شوند و می‌توانند پاسخ‌های فیزیولوژیکی را در روند رشد گیاه در مقابل چالش‌های پیش رو تنظیم نمایند (سانتر و همکاران، ۲۰۰۹). لی وان و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که نانوذرات اکسید سربوم (CeO₂ NPs) هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر ایندول بوتریک اسید (IAA)، آبسزیک اسید (ABA) و جبرلیک اسید (GA) در برگ‌های پنبه معمولی و تراریخته (Bt-transgenic) در مقایسه با گروه شاهد نداشته است. زمانی که پنبه‌های معمولی در معرض ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر CeO₂ قرار گرفتند میزان ترانس-زئاتین ریوزید (t-ZR) در برگ‌ها در مقایسه با گروه شاهد ۲۵ درصد کاهش یافت. گوی‌دنگ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که میزان ایندول بوتریک اسید و آبسزیک اسید در ریشه‌های برنج تراریخته و غیرتراریخته در پاسخ به کاربرد نانوذرات آهن (Fe₂O₃) افزایش یافت. نانوذرات اثر معنی‌داری بر تولید هورمون‌های گیاهی داشتند. هائو و همکاران (۲۰۱۶) کاهش غلظت هورمون‌های گیاهی (فیتوهورمون‌ها) در دانه‌های برنج در معرض نانوتیوب‌های کربنی را ثابت کردند. نانوذرات در کنار اثرات مفیدی که روی گیاهان دارند، می‌توانند اثرات منفی قابل توجهی نیز در گیاهان مانند کاهش در میزان جوانه زنی و ممانعت از رشد گیاه بر جای بگذارند و گاهی حتی می‌توانند موجب مرگ گیاه بشوند (یانگ و همکاران، ۲۰۱۷). چندین مطالعه در خصوص سمیت نانوذرات تا کنون، ممانعت رشد در برخی گونه‌های گیاهی مانند سویا، ذرت، گندم و جو را به دلیل ایجاد سمیت ناشی از نانوذرات متفاوت (نانوتیوب‌های کربنی چندجداره، نانوتیوب‌های کربنی تک‌جداره، نانوذرات اکسید روی، نقره و آهن) گزارش کردند. جنبه‌های گوناگونی از رشد گیاهان شامل جوانه‌زنی بذر، طول ریشه، بیوماس و بیان ژن تحت تاثیر نانوذرات عناصر معدنی قرار گرفتند (دیمکپا و همکاران، ۲۰۱۲؛ قوش و همکاران، ۲۰۱۵). ممانعت از رشد پنبه ترانسژنیک، زمانی که در معرض نانوذرات اکسید سیلیسیم قرار گرفتند، مشاهده گردید (لی وان و همکاران، ۲۰۱۴). نانوذرات اکسید مس در گیاهان گندم باعث ممانعت در رشد و تغییر ساختار ریشه گردید (دیمکپا و همکاران، ۲۰۱۲)؛ تانگ و همکاران، ۲۰۱۶). شاو و حسین (۲۰۱۳) نشان دادند که نانوذرات اکسید مس به طور معنی‌داری وزن تر گیاهی و طول ریشه دانه‌های آراییدوپسیس و سرعت جوانه‌زنی و بیوماس بذرهای برنج را کاهش داد. ما و همکاران (۲۰۱۰) و لویز-مورنو و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که نانوذرات اکسیدی عناصر کمیاب (CeO₂, La₂O₃, Gd₂O₃, Yb₂O₃) وقتی که در غلظت‌های بالا به محیط ریشه اضافه گردیدند، اثرات محدودکننده‌ای بر رشد گیاه در تربچه، گوجه‌فرنگی، کاهو، گندم، کلم، خیار و ذرت به دنبال داشتند. کاربرد نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم (TiO₂) باعث افزایش غلظت کلروفیل کل و فعالیت آنزیم کاتالاز و کاهش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پروکسداز در برگ‌های گیاه خیار شد (سروین و همکاران، ۲۰۱۳).

اثر نانوذرات روی ویژگی‌های کیفی محصولات گیاهی

مطالعات انجام شده روی گیاهان در سیستم هیدروپونیک نشان دادند که تجمع نانوذرات در محیط می‌تواند کیفیت و عملکرد محصولات غذایی کشاورزی را به طرز بالایی تغییر دهد (پریستر و همکاران، ۲۰۱۲). رانی و همکاران (۲۰۱۶) ثابت کردند که پروتئین‌ها در مقایسه با کربوهیدرات‌ها به تحریک توسط نانوذرات نقره حساس‌تر هستند و میزان پروتئین

در غلظت‌های بالای نانوذرات نقره (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) افزایش یافت. ریسو و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که نانوذرات اکسید روی (ZnO) میزان پروتئین و نشاسته را در خیار افزایش و غلظت ریزمغذی‌ها (مس و مولیبدن) را کاهش داد. برنج‌هایی که با نانوذرات CeO_2 تیمار شدند نسبت به شاهد میزان آهن، گوگرد، پرولامین، گلوتلین، لائوریک و والریک‌اسید و نشاسته کمتری داشتند و خصوصیات آنتی‌اکسیدانی برنج‌های تیمار شده ضعیف بود (ریسو و همکاران، ۲۰۱۳). ریسو و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که نانوذرات CeO_2 میزان آمینواسیدها، اسیدهای چرب، قندهای غیراچیا-کننده و ترکیبات فنولی را در گیاهان تغییر داد.

خرما و میوه‌های گرمسیری

نخل خرما (*Phoenix dactylifera*) به عنوان قدیمی‌ترین درخت میوه در شبه جزیره عربستان و شاید در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شود. اولین شواهد از کشت خرما، ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد در پایین بین‌النهرین (عراق کنونی) گزارش شده است، در حالی که در دره نیل، کشت نخل خرما به ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد بر می‌گردد (ارسکین و همکاران، ۲۰۰۴). بر اساس آمار سایت سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (فائو) در سال ۲۰۱۸ مجموع میزان تولید خرما در جهان ۸۵۲۷۴۴۲ تن می‌باشد که به ترتیب کشورهای مصر، عربستان سعودی، ایران، الجزایر، عراق و پاکستان شش کشور هستند که بیشترین میزان تولید را در بین تمامی کشورها به خود اختصاص دادند. بنابراین ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان خرما در جهان می‌باشد که از نظر تولید بعد از کشورهای مصر و عربستان سعودی در رتبه سوم جهان قرار دارد (فائو، ۲۰۱۸). بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، در سال ۱۳۹۷، کل سطح زیر کشت خرما در کشور معادل ۲۵۶۵۶۶ هکتار (سطح زیر کشت بارور ۲۱۹۷۵۰ هکتار)، میزان تولید برابر ۱۲۷۵۴۳۴ تن و متوسط عملکرد کشوری معادل ۶۱۴۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. بیشترین میزان خرمای تولیدی کشور به ترتیب در استان‌های سیستان و بلوچستان، جنوب استان کرمان، فارس، کرمان، خوزستان، بوشهر و هرمزگان به دست می‌آید. میوه‌های گرمسیری شامل موز، انبه، گواوا و ... بیشتر در نواحی بین ۲۳/۵ درجه عرض شمالی تا ۲۳/۵ درجه عرض جنوبی رشد و نمو می‌کنند که اختلاف دمایی در سراسر سال بسیار اندک است. متوسط دمای ماهیانه در طول خنک‌ترین ماه ۱۸ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر است. همه این گونه‌ها نیاز به مقدار قابل توجهی گرما برای رسانیدن میوه خود دارند (سیاری، ۱۳۸۲). بر اساس آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، در سال ۱۳۹۷، از مجموع حدود ۲۱ میلیون تن تولید محصولات باغبانی، ۱۶۱۴۵۲ تن معادل ۰/۸ درصد مربوط به میوه‌های گرمسیری بوده است که در این میان به ترتیب موز با میزان تولید ۹۲۹۲۱ تن، انبه با میزان تولید ۳۸۶۱۵ تن و کنار با میزان تولید ۲۳۲۸۲ تن بیشترین میزان تولید میوه‌های گرمسیری را به خود اختصاص دادند و مابقی میزان تولید مربوط به میوه‌های گرمسیری شامل گواوا، چیکو، پاپایا، تمر هندی و نیز سایر میوه‌های گرمسیری می‌باشد. بیشترین میزان تولید میوه‌های گرمسیری در کشور در استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان متمرکز شده است. بدین ترتیب، بررسی امکان استفاده از فناوری‌های نوین همچون فناوری نانو در حوزه‌های مختلف تولید خرما و میوه‌های گرمسیری به ویژه موز، انبه و کنار نیازمند توجهی ویژه می‌باشد.

کاربرد فناوری نانو در رشد و میوه‌دهی خرما و برخی میوه‌های گرمسیری

یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو، کاربرد نانومواد و نانوذرات مختلف برای افزایش و بهبود میوه‌دهی و سایر فاکتورهای رشدی در گیاهان و درختان میوه است. برهمکنش نانوذرات با گیاهان باعث بسیاری از تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی، بسته به خصوصیات نانوذرات می‌شود. محققان دریافته‌اند که اثر و کارایی نانوذرات مهندسی‌شده روی گیاهان به واسطه ترکیب شیمیایی، غلظت، اندازه، پوشش سطحی و واکنش‌پذیری آنان و همچنین نوع گونه گیاهی تعیین می‌شود و از گیاهی به گیاه دیگر متفاوت است (خوداکوفسکایا و همکاران، ۲۰۱۲؛ ما و همکاران، ۲۰۱۰). در مطالعات مختلف اثرات کاربرد نانوذرات و نانومواد بر میزان رشد و میوه‌دهی خرما و برخی از میوه‌های گرمسیری مورد بررسی قرار گرفته است. در همین راستا، رشدی و همکاران (۲۰۱۶) اثر کوددهی نانویی را بر رشد و میوه‌دهی خرما رقم زغلول در مصر مورد بررسی قرار دادند. هدف آن‌ها مقایسه اثرگذاری کودهای نانویی تأمین‌کننده عناصر N، P و K (به ترتیب کود کریستاله نانوفرم ازت ۵۰٪، کود نانوفرم فسفر ۴۰٪ P_2O_5 و کود نانوفرم پتاسیم ۵۵٪ K_2O) با کودهای معمولی تأمین‌کننده عناصر N، P و K (به ترتیب نترات آمونیوم ۳۳/۵٪ N، سوپرفسفات ۱۵/۵٪ P_2O_5 و سولفات پتاسیم ۴۸٪ K_2O) بر صفات رشد و میوه‌دهی خرما بود. بهترین نتایج در بهبود رشد، عملکرد و کیفیت میوه زمانی به دست آمد که کودهای تأمین‌کننده عناصر N، P و K به صورت نانویی به کار رفت. نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان داد که کاربرد کودهای نانوفرم ازت، فسفر و پتاسیم (به ترتیب با مقادیر ۱ کیلوگرم کود کریستاله نانوفرم ازت حاوی ۵۰۰ گرم N، ۰/۶۲۵ کیلوگرم کود نانوفرم فسفر حاوی ۲۵۰ گرم P و ۰/۴۵۵ کیلوگرم کود نانوفرم پتاسیم حاوی ۲۵۰ گرم K برای هر درخت در سال) نسبت به کاربرد کودهای معمول نترات آمونیوم، سوپرفسفات و سولفات پتاسیم (به ترتیب با مقادیر ۲/۹۸۵ کیلوگرم نترات آمونیوم حاوی ۱۰۰۰ گرم N، ۳/۲۲۵ کیلوگرم سوپرفسفات حاوی ۵۰۰ گرم P و ۱/۰۴۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم حاوی ۵۰۰ گرم K برای هر درخت در سال) رشد، عملکرد و کیفیت میوه خرما رقم زغلول را افزایش دادند. این بدان معنی است که کودهای نانویی تأمین‌کننده عناصر N، P و K در مقادیر استفاده شده کمتر نسبت به کودهای معمول غیرنانویی تاثیرگذاری بهتری داشتند. زاگزوگ و همکاران (۲۰۱۷) اثر نانوچیتوسان (چیتوسان نوعی بیوپلیمر زیست‌تخریب‌پذیر و سازگار با محیط زیست می‌باشد) را بر رشد رویشی، میوه‌دهی و مقاومت به بدشکلی میوه در انبه مورد بررسی قرار دادند. بدشکلی میوه انبه موجب حدود ۳۷ درصد ضایعات سالیانه در انبه در سرتاسر جهان می‌شود. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که با استفاده از نانوچیتوسان به صورت محلول‌پاشی برگ‌ری روی درختان انبه با غلظت ۵ میلی‌لیتر در لیتر رشد رویشی و کیفیت میوه بهبود یافت. با کاربرد نانوچیتوسان خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه و عملکرد درختان افزایش یافت و درختان مقاومت بیشتری به بدشکلی میوه نشان دادند. عبدالرازق و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی تاثیر محلول‌پاشی برگی نانومواد شبه‌زیستی‌شده^۱ به فرم نانوکامپوزیت کلسیم/مخمر را بر عملکرد و کیفیت میوه درختان انبه رقم ایوایس^۳ مورد بررسی قرار دادند. میوه‌بندی ضعیف انبه به عنوان یک مشکل اصلی مسبب کاهش تولید آن مطرح است. آن‌ها در این پژوهش، به منظور افزایش میوه‌بندی و کاهش درصد ریزش میوه، افزایش عملکرد درخت و بهبود کیفیت میوه، نانوذرات کلسیم/مخمر را روی درختان انبه محلول‌پاشی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که محلول‌پاشی نانوذرات کلسیم/مخمر ۱، ۲ و ۳٪

1- Nano-chitosan
2- Biosimulated Nanomaterials
3- Ewais

اثرات مثبتی بر رشد، محتوای مواد معدنی برگ، عملکرد و کیفیت میوه درختان انبه داشت. محلول‌پاشی نانوذرات کلسیم/مخمر ۳٪ در سه مرحله رشد، به عنوان تیماری امیدبخش برای افزایش میوه‌بندی، کاهش ریزش میوه، افزایش ماندگاری میوه، افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات فیزیکی میوه (وزن میوه، طول و قطر میوه، وزن گوشت و پوست و نسبت گوشت میوه به هسته) و همچنین خصوصیات شیمیایی میوه‌های انبه با افزایش مواد جامد محلول میوه (TSS) گزارش شده است. دانگ گیپ و همکاران (۲۰۱۸) اثر نانو نقره را بر رشد موز در شرایط کشت درون‌شیشه‌ای مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که بهترین محیط کشت برای توسعه ریشه، محیط حاوی ۳ پی‌پی‌ام نانو نقره بود. در آن محیط بالاترین تعداد شاخه، تعداد برگ، تعداد ریشه، طول ریشه، وزن تر و خشک گیاه و محتوای کلروفیل برگ به دست آمد. در مجموع نانونقره تأثیرات مثبتی در شاخه‌دهی، ریشه‌دهی و رشد و نمو گیاهچه موز در شرایط درون‌شیشه‌ای ایفا کرد. مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که کاربرد نانوذرات دارای اثرات مثبت و خوبی بر میزان رشد و نمو و عملکرد میوه در خرما و برخی میوه‌های گرمسیری بوده است. البته کاربرد فناوری نانو و نانوذرات برای افزایش رشد و تولید گیاهان به خصوص درختان میوه کاملاً جدید بوده و نیاز به تحقیقات بیشتر و گسترده‌تری دارد. هنوز بسیاری از سازوکارهای تأثیرپذیر گیاهان و درختان میوه در پاسخ به کاربرد نانوذرات ناشناخته می‌باشد و بایستی مسیرهای بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان که در پاسخ به کاربرد نانوذرات و نانومواد مختلف دستخوش تغییر می‌شوند مورد مطالعه دقیق قرار گیرند. در خصوص خرما و دیگر میوه‌های گرمسیری همچون موز، انبه، کنار، آووکادو، آناناس و ... نیز نیاز به مطالعات بیشتر و گسترده‌تری درباره کاربرد فناوری نانو در سایر زمینه‌ها و بخش‌های تحقیقاتی از جمله رشد و میوه‌دهی، تغذیه گیاهی، کوددهی و ... می‌باشد.

کاربرد فناوری نانو در بسته‌بندی و پس از برداشت خرما و میوه‌های گرمسیری

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های حوزه علوم باغبانی، آسیب‌های پس از برداشت محصولات باغبانی با مصرف تازه‌خوری می‌باشد. با توجه به این که بخش بسیار بالایی از محصولات کشاورزی در سال، به دلیل عدم بسته‌بندی مناسب از بین می‌روند، از جمله موضوعاتی که اخیراً در زمینه نانوفناوری مورد توجه قرار گرفته است استفاده از نانوذرات در بسته‌بندی مواد غذایی و میوه‌ها می‌باشد. فناوری نانو با دستکاری در سطح اتم‌ها و ملکول‌ها موادی با خواص ویژه از قبیل مقاومت در برابر حرارت، نفوذ گازها، رطوبت و امواج، سطح ویژه و استحکام بیشتر تولید کرده است. بسته‌بندی نانویی محصول را از آسیب‌های فیزیکی و آلودگی‌ها حفظ می‌کند و با کارآیی محافظتی وسیع و مؤثر در برابر انواع میکروارگانیسم‌های زنده، باعث افزایش عمر مفید و ماندگاری درازمدت محصولات می‌شوند. بسته‌بندی‌های نانویی مقاوم به دلیل استحکام در مقابل حرارت، از فساد و پلاسیدگی میوه‌ها و سبزیجات در دمای بالا جلوگیری می‌کنند (گرچی‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). نانو کامپوزیت‌ها، بیونانو کامپوزیت‌ها، بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند با قابلیت آزادسازی ترکیبات ضد میکروبی نانو، نانوسنورها با قابلیت تشخیص آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی، نانوبسته‌بندی ضد میکروبی از کاربردهای فناوری نانو در زمینه بسته‌بندی می‌باشند (نیک‌مرام و همکاران، ۱۳۹۱). اخیراً پژوهش‌هایی با استفاده از فناوری نانو به منظور افزایش ماندگاری و عمر پس از برداشت محصولات باغی به خصوص میوه‌ها انجام شده است. بسته‌بندی‌های فعال که با اضافه کردن نانوذرات فلزی به فیلم‌های پلیمری ایجاد می‌شوند، راهکار جدیدی برای حفظ ماندگاری میوه‌ها و محصولات

کشاورزی می‌باشند. کارآیی بالای نانوذرات به واسطه نسبت سطح به حجم بالا در آن‌هاست که خواص و فعالیت‌های ضد میکروبی نانوذرات فلزی را افزایش می‌دهد (چائودری و همکاران، ۲۰۰۸). نسبی (۱۳۸۹) در پژوهشی در دانشگاه تهران به بررسی تأثیر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در رنگ‌بری شیر خرمای تهیه شده به روش صنعتی پرداخت. شیر خرمای منبع قند طبیعی مناسبی در صنایع غذایی محسوب می‌شود، اما رنگ تیره و کدورت بالای آن موجب محدودیت کاربرد آن در برخی محصولات می‌شود. نتایج آن پژوهش نشان داد که نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم، بیشترین قدرت رنگ‌بری را داشت و رنگ شیر خرمای را تا ۸۰ درصد کاهش داد. عسگری و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر فیلم‌های کامپوزیتی نانولوله کربنی و نانوذرات اکسید روی را بر خواص حسی و آلودگی میکروبی خرمای مضافتی مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آنان نشان داد که بار میکروبی در صورت استفاده از فیلم‌های کامپوزیتی نانولوله کربنی و نانوذرات اکسید روی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و تعداد باکتری‌های لاکتیکی در نمونه حاوی نانولوله کربنی و نانوذرات اکسید روی در سطح ۲ درصد، به میزان $0/83$ سیکل لگاریتمی کاهش نشان داد. در مجموع، نتایج آن‌ها نشان داد که در صورت استفاده از فیلم‌های فوق می‌توان مدت ماندگاری خرمای مضافتی را بدون اثر نامطلوب روی ویژگی‌های حسی افزایش داد. در پژوهش آن‌ها بهترین نتیجه مربوط به فیلم‌های ترکیبی نانولوله کربنی و نانوذرات اکسید روی با ۲ درصد اکسید روی بوده است. پیرو موسوی و همکاران (۱۳۹۱) اثر فیلم‌های حاوی نانوذرات نقره را بر زمان ماندگاری رطب مضافتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها بیانگر این بود که بیشترین زمان ماندگاری مربوط به نمونه‌های بسته بندی شده در پوشش‌های حاوی ۵ درصد نانوپودر نقره به مدت ۵۳ روز بوده است. پوشش حاوی ۵ درصد نانوپودر میزان ماندگاری نمونه‌ها را بیشتر از پوشش حاوی ۳ درصد نانوپودر نقره افزایش داد. رستمیان و همکاران (۱۳۹۳) اثر بسته‌های نانو کامپوزیتی حاوی اکسید روی را بر عمر نگهداری موز مورد مطالعه قرار دادند. بر طبق نتایجی که آن‌ها به دست آوردند پوشش نانو پلاستیک بهترین پوشش بوده و بعد از آن پوشش فویل آلومینیومی روند رسیدگی میوه‌ها را با سرعت کمتری افزایش داد. در صورتی که پوشش پلاستیکی معمولی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عمر نگهداری موز نداشت. عبدالله و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای تأثیر نانوذرات اکسید روی را بر عمر قفسه‌ای و ماندگاری میوه انبه و جلوگیری از بیماری آنتراکنوز بررسی کردند. میوه انبه میوه‌ای با زوال‌پذیری بالا و عمر پس از برداشت (عمر قفسه‌ای) کوتاه می‌باشد که هم فروشندگان و هم مصرف‌کنندگان آن تمایل دارند عمر قفسه‌ای آن طولانی‌تر باشد. در پژوهش عبدالله و همکاران (۲۰۱۸) میوه انبه با نانوذرات اکسید روی (ZnO) پوشش داده شدند و برای مدت ۷ روز در دمای اتاق به منظور مشاهده روزانه رشد لکه سیاه (Black spot) روی میوه قرار داده شدند. کاهش وزن میوه نیز ارزیابی شد. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد نانوذرات اکسید روی به طور مؤثری کاهش کیفیت میوه را به تأخیر انداخت و عمر قفسه‌ای میوه انبه را در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد نانوذرات) طولانی‌تر کرد و همچنین از رشد میکروارگانیسم‌های عامل بیماری آنتراکنوز (لکه سیاه روی میوه) جلوگیری نمود. کاهش وزن میوه انبه پس از ۷ روز در تیمار نانوذرات اکسید روی (۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) نسبت به شاهد (عدم کاربرد نانوذرات) کمتر شد. لوستریان و همکاران (۲۰۱۸) اثر غلظت‌های مختلف چیتوسان و نانوذرات چیتوسان را بر کیفیت پس از برداشت و عمر قفسه‌ای میوه‌های موز مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که نانوذرات چیتوسان باعث افزایش عمر قفسه‌ای و حفظ کیفیت میوه‌های موز تا چندین روز شد.

پتانسیل‌های پژوهشی و کاربردی فناوری نانو (در زمینه خرما و میوه‌های گرمسیری)

یکی از موضوعات مهم در کشور تقویت و توسعه به کارگیری فناوری‌های نوین در خصوص کاهش خسارات ناشی از تنش‌های غیرزیستی ناشی از شرایط نامساعد محیطی و زیستی ناشی از آفات و بیماری‌ها می‌باشد. با توجه به این که خرما و دیگر محصولات گرمسیری در مناطقی رشد می‌کنند که در معرض تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی می‌باشند، از جمله پتانسیل‌های ورود فناوری نانو در بحث مقابله و کاهش اثرات مخرب ناشی از آن تنش‌ها می‌باشد. خاک اغلب مناطق خرماکاری کشور دارای درجه بالای شوری، آهکی بودن، کمبود مواد آلی و نیز کمبود آب با کیفیت مطلوب می‌باشند. همچنین تنش‌های ناشی از حمله آفات و بیماری‌های مختلف در مناطق خرماخیز وجود دارد. در این زمینه با بهره‌گیری از دستاوردهای فناوری نانو نظیر نانوحسگرها می‌توان سبب افزایش کارایی روش‌های مدیریت تلفیقی آفات گردید. شیوه پیشرفته‌تر مورد توجه جهت فرموله کردن آفت‌کش‌های نانومقیاس شامل کپسوله کردن و پوشاندن ماده مؤثره نانومقیاس آفت‌کش در داخل گونه‌ای از پوشش یا پوسته بسیار نازک است. همچنین با کاربرد نانوذرات عنصری همچون سیلیسیم و پتاسیم تا حدودی با اثرات منفی تنش‌های محیطی مثل شوری و خشکی مقابله کرد. شیوه‌های تشخیصی نانوبنیاد بیماری‌های ویروسی که شامل استفاده از نانوکیت‌های تشخیصی گوناگون به منظور تعیین دقیق سویه ویروس و مرحله کاربرد سموم هستند با شتاب زیادی در حال گسترش می‌باشند. با استفاده از این کیت‌ها نه تنها می‌توان سرعت تشخیص بیماری گیاهی را افزایش داد بلکه می‌توان دقت تشخیص را نیز بالا برد (نادری و همکاران، ۱۳۹۱). توسعه و بهبود روش‌های افزایش حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه و نیز به کارگیری فناوری‌های نوین و ترکیبات شیمیایی جهت افزایش راندمان و عملکرد در واحد سطح در مورد خرما و میوه‌های گرمسیری یکی از برنامه‌های مهم در حوزه خرما و میوه‌های گرمسیری می‌باشد که استفاده از نانومواد، نانو کودها، نانوذرات و مواد آلی با پایه نانویی می‌تواند در این زمینه راهگشا و کمک‌کننده باشد. نانو کودها به دلیل رهاسازی تدریجی و آرام عناصر غذایی خود بهترین جایگزین برای کودهای معمول می‌باشند. با بهره‌گیری از نانو کودها، عناصر غذایی به آرامی و با سرعت مناسب در تمام طول فصل رشد گیاه آزاد می‌شوند و به دلیل کاهش شدید آبتشویی عناصر گیاهان قادر به جذب بیشترین مقدار مواد غذایی خواهند بود. همچنین با به کارگیری 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. یکی از 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 (نادری و همکاران، ۱۳۹۱).

افزایش بهره‌وری آب با به کارگیری روش‌های مناسب و فناوری‌های نوین آبیاری در نخلستان‌ها و باغات و گلخانه‌های تولید میوه‌های گرمسیری نیز یکی از نیازهای کشور با توجه به شرایط کمبود آب می‌باشد. استفاده از فناوری نانو در تولید قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار و مقاوم به نفوذ ریشه و نیز برای تولید لوله‌های پلاستیکی تراوا و لوله‌های رسی از مهم‌ترین دستاوردهای فناوری نانو در زمینه علم آبیاری می‌باشد که با استفاده از آن‌ها راندمان آبیاری از ۴۰-۳۰ درصد به ۹۳-۹۲ درصد افزایش می‌یابد و با توجه به کمبود آب و خشکسالی‌های پی‌در پی، این میزان افزایش راندمان مصرف آب، کمک شایانی به خروج از بحران کمبود آب می‌نماید (گرچی‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). از آنجایی که ۹۵ درصد آب‌های جهان را آب‌های نامتعارف تشکیل می‌دهد، می‌توان با استفاده از نانوذرات و نانوفیلترها امکان تصفیه و بهسازی آب را با سرعت

و دقت بیشتر فراهم کرد. نمک‌زدایی آب‌ها جهت شرب و کشاورزی با استفاده از فناوری نانو نیز مدنظر قرار گرفته است. با توجه به کمبود منابع آب، تخلیص و نمک‌زدایی آب به کمک فناوری نانو اهمیت زیادی دارد. سامانه‌های نانویی طراحی شده می‌توانند آب دریا را با صرف انرژی ۱۰ برابر کمتر از دستگاه اسمز معکوس و ۱۰۰ برابر کمتر از دستگاه تقطیر نمک‌زدایی کنند. علاوه بر این، می‌توان با استفاده از پلیمرها و مواد کامپوزیت سوپر جاذب‌های آب را ساخت و از آن‌ها به منظور ذخیره و حفظ رطوبت بیشتر در خاک به ویژه در مناطق خشک و کم‌آب استفاده کرد (گرچی پور و همکاران، ۱۳۹۰). در خصوص مسائل آبیاری خرما و میوه‌های گرمسیری و با هدف ارتقای بهره‌وری و راندمان مصرف آب می‌توان از تجهیزات و مواد نانویی کمک گرفت.

یکی دیگر از کاربردهای فناوری نانو، در زمینه اصلاح گیاهی و انتقال ژن می‌باشد. انتقال ژن‌های موردنظر به سلول‌های گیاهی با استفاده از نانومواد امکان‌پذیر می‌باشد. در بیوتکنولوژی برای جداسازی، شناسایی و اندازه‌گیری کمی ژن‌ها و ملکول‌های منفرد نیاز به طراحی و استفاده از تجهیزات ویژه‌ای می‌باشد. فناوری نانو دارای قابلیت ویژه‌ای جهت رساندن ژن‌ها به جایگاه‌های ویژه در سطوح سلولی و نوآرایی اتم‌ها در ملکول DNA یک جاندار همگن به منظور بیان صفت مطلوب می‌باشد و سبب کاهش زمان انتقال ژن از موجود بیگانه به موجود هدف می‌گردد (نادری و همکاران، ۱۳۹۱). در این روش از سامانه رسانش نانوذرات طلای پوشیده با DNA یا RNA به داخل سلول استفاده می‌شود. فناوری نانو به بیوتکنولوژی گیاهی کمک می‌کند تا اجزا و ترکیبات سلولی را دست‌ورزی ژنتیکی نموده و مواد تغییر ژنتیکی یافته جدیدی را به وجود آورد. با این روش می‌توان گیاهی جدید با ویژگی‌های برتر تولید نمود که مزیت‌های مختلفی برای کشاورزی دارند. در این زمینه به منظور اصلاح خرما و میوه‌های گرمسیری و تولید ارقامی با ویژگی‌های برتر می‌توان از فناوری نانو بهره جست.

به کارگیری فناوری نوین نانو در زمینه مدیریت عوامل پس از برداشت خرما و میوه‌های گرمسیری جهت افزایش کیفیت و انبارمانی یکی از مسائل مهم است که استفاده از مواد و بسته‌بندی‌های نانویی در این خصوص بایستی مورد بررسی و پژوهش قرار گیرد. مصرف‌کنندگان خواستار آن هستند که مواد غذایی و میوه‌ها برای مدت زمان طولانی به صورت تازه و سالم باقی بمانند و لازم است موادی که جهت بسته‌بندی استفاده می‌شوند هم دارای حمل و نقل آسان بوده و هم به لحاظ بهداشتی سالم و ایمن باشند. شرکت بایر با استفاده از فناوری نانوذرات موفق به تولید بسته‌بندی پلاستیکی غنی از نانوذرات سیلیکات شد که نسبت به هوا و رطوبت بسیار نفوذناپذیر بوده و می‌تواند در مقایسه با بسته‌بندی‌های پلاستیکی معمولی مواد غذایی را برای مدت زمان طولانی تری به صورت تازه و سالم نگهداری نماید. محققان دانشگاه لیدز انگلستان ثابت کردند که می‌توان از نانوذرات دارای خاصیت ضد میکروبی مانند نانوذرات اکسید روی و منیزیم جهت تولید بسته‌بندی‌های غذایی ایمن‌تر استفاده نمود (نادری و همکاران، ۱۳۹۱). در زمینه کاربرد نانوذرات دارای خاصیت ضد میکروبی، بسته‌بندی‌های نانویی و نانوکامپوزیت‌ها در خصوص مسائل پس از برداشت خرما و میوه‌های گرمسیری پتانسیل‌های فراوان تحقیقاتی وجود دارد.

نتیجه‌گیری

با مروری بر مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته در داخل و خارج کشور مشخص شد که فناوری نانو و کاربرد نانوذرات و نانومواد تأثیرات مثبت و بهبودبخشی در رشد و میوه‌دهی و نیز افزایش ماندگاری و عمر پس از برداشت در خرما و برخی از میوه‌های گرمسیری مثل موز و انبه داشته است. البته هنوز اطلاعات بسیار اندکی در رابطه با اثرات مثبت و منفی نانوذرات بر رشد و عملکرد محصولات باغی وجود دارد و در پژوهش‌های انجام شده در مورد نانوذرات مختلف در گیاهان گوناگون نتایج ضد و نقیضی گزارش شده است و تحقیقات انجام شده در زمینه کاربرد فناوری نانو در حوزه رشد و نمو و میوه‌دهی خرما و میوه‌های گرمسیری در جهان و به ویژه ایران نیز بسیار اندک است، نیاز به تحقیقات جامعی در این بخش احساس می‌شود. لذا لازم است که به پتانسیل‌های ورود این فناوری نوین در سایر حوزه‌های تحقیقاتی خرما و میوه‌های گرمسیری مانند برنامه‌های اصلاحی، تغذیه، آبیاری، مبارزه با آفات، بسته‌بندی و مسائل پس از برداشت توجهی ویژه مبذول گردد.

مهم‌ترین پیام نشریه

پتانسیل‌های گوناگون فناوری نانو در بخش‌های مختلف تولید خرما و میوه‌های گرمسیری بایستی مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات منسجم، هدفمند و کاربردی در این زمینه صورت گیرد تا بتوان از مزایای اثر بخش این فناوری در این باره بهره جست.

منابع

- ۱) اشکانوند، پ.، طبری کوچکسرای، م. و زرافشار، م. ۱۳۹۳. برخی از کاربردهای نانوذرات در علوم گیاهی. سایت ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (www.nano.ir). ۸-۱.
- ۲) احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، حسین پور، ر. و عبدشاه، ه. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۷. جلد سوم: محصولات باغبانی. تهران: وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۶۶ ص.
- ۳) پیرو موسوی، س. ف.، حیدری‌نسب، ا.، هاشمی‌پور رفسنجانی، ح. و رجبعلی‌پور چشمه‌گزر، ع. ا. ۱۳۹۱. بررسی اثر فیلم‌های حاوی نانوذرات نقره بر زمان ماندگاری رطب مضافتی. علوم غذایی و تغذیه، ۱۰(۴): ۶۵-۷۲.
- ۴) تقوی‌نیا، ن. ۱۳۸۷. مقدمه‌ای بر نانوفناوری. انتشارات دانشگاه صنعتی شریف. ۴۶۴ ص.
- ۵) حسینی، م. و خضرای، م. ع. ۱۳۸۹. نانو فناوری، نگرشی بر روشهای نانو ساختار. (ترجمه). تالیف میثائی کولر و ولفگانگ فریچه. چاپ دوم، انتشارات نورپردازان تهران، ۳۵۶ ص.
- ۶) رستمیان، ت.، بهبهانی، م.، شانه‌ساززاده، م. ۱۳۹۳. بررسی اثر بسته‌های نانو کامپوزیتی حاوی اکسید روی بر عمر نگهداری موز، اولین همایش الکترونیکی یافته‌های نوین در محیط زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی، بصورت الکترونیکی، پژوهشکده انرژی‌های نو و محیط زیست دانشگاه تهران.
- ۷) رنجبر، م. و شمس، غ. ۱۳۸۸. بررسی کاربردهای فناوری نانو. مجله سبزیست، سال دوم، ۳: ۲۸-۳۰.
- ۸) سادات‌نوری، س. ا. و خدایاری، م. ۱۳۸۴. مقدمه‌ای بر نانو تکنولوژی (۱-۱۰۰nm). انتشارات نورپردازان تهران، چاپ اول. ۱۷۶ ص.
- ۹) سیاری، م. ۱۳۸۲. تولید میوه‌های معتدله و نیمه گرمسیری. (ترجمه) نویسنده دیوید جکسون و نورمن لونی. انتشارات دانشگاه ایلام، ۵۳۴ ص.
- ۱۰) عسگری، پ.، مرادی، ا.، تاج‌الدین، ب. ۱۳۹۲. تأثیر فیلم‌های کامپوزیتی نانولوله کربنی و نانوذرات اکسید روی بر خواص حسی و آلودگی میکروبی خرما مضافتی. علوم غذایی و تغذیه، ۱۲(۱): ۴۸-۴۱.
- ۱۱) گرجی‌پور، ج.، امیری، م. ۱۳۹۰. کاربردهای فن آوری نانو در کشاورزی. مدیریت هماهنگی و ترویج استان کهگلویه و بویراحمد، سازمان جهاد کشاورزی استان کهگلویه و بویراحمد، چاپ اول، شماره ثبت داخلی: ۱۳۹۰/۳۰۷، ۲۰ ص.
- ۱۲) نادری، م. و عابدی، ا. ۱۳۹۱. کاربرد فناوری نانو در کشاورزی و پالایش آلاینده‌های زیست‌محیطی. ماهنامه فناوری نانو، ۱۱(۱): ۱۸-۲۶.
- ۱۳) نسبی، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر نانوذره دی‌اکسید تیتانیوم در رنگ‌بری شیر خرما تهیه‌شده به روش صنعتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.
- ۱۴) نیک‌مرام، پ. و کریمی‌دره‌آبی، ه. ۱۳۹۱. کاربرد نانوفناوری در بسته‌بندی. اولین کنفرانس ملی نانوفناوری و کاربرد آن در کشاورزی و منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۵-۱.
- ۱۵) یوسفی، ر. ۱۳۹۱. بررسی اثرات نانوتیوب‌های کربن (CNTs)، اسید سولفوریک و جیبرلین بر روی جوانه‌زنی درون‌شیشه‌ای بذور دو رقم توت‌فرنگی پاروس و کاماروزا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۶ ص.
- ۱۶) یوسفی، ر. ۱۳۹۵. اثر میکرو و نانوذرات دی‌اکسید سیلیسیم روی برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch.). رساله دکتری تخصصی (Ph.D)، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان، ۲۲۵ ص.
- ۱۷) یوسفی، ر. و اثنی‌عشری، م. ۱۳۹۶. تأثیر میکرو و نانوذرات سیلیسیم بر غلظت عناصر پرمصرف، کم‌مصرف و میزان سیلیسیم گیاه توت‌فرنگی در شرایط کشت بدون خاک. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۱(۱): ۷۰-۵۷.

18. Abd El-Razek, E., Amin, O. A., El-Nahrawy, A. M., and N. Abdel-Hamid. (2017). Effect of Foliar Application of Biosimulated Nanomaterials (Calcium/Yeast Nanocomposite) on Yield and Fruit Quality of 'Ewais' Mango Trees. *Annual Research & Review in Biology*, 18(3), 1-11.
19. Abdullah, S., Rosman, N. F., Asli, N. A., and M. Rusop. (2018). The Effects of Rice Flour Solution and ZnO Nanoparticles Coated on Mango to Inhibit Anthracnose Disease. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.14), 565-568.
20. Canas, J. E., Long, M., Nations, S., Vadan, R., Dai, L., Luo, M., and D. Olszyk. (2008). Effects of functionalized and nonfunctionalized single-walled carbon nanotubes on root elongation of select crop species. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(9), 1922-1931.
21. Chaudhry, Q., Scotte, M., Blackburn, J., Ross, B., Boxall, A., and L. Castle. (2008). Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food Additives and Contaminants*, 25(3), 241–258.
22. Dang Giap, D. O., Thi Kim Thuy, D., Thi Huyen Trang, N., Thi Duoc, N., Trong Tuan, T., and D. Duc Hieu. (2018). Effects of nano silver on the growth of banana (*Musa spp.*) cultured *in vitro*. *Journal of Vietnamese Environment*. 10 (2), 92-98.
23. Dimkpa, C. O., McLean, J. E., Latta, D.E., Manangón, E., Britt, D. W., Johnson, W.P., Boyanov, M. I., and A. J. Anderson. (2012). CuO and ZnO nanoparticles: phytotoxicity, metal speciation, and induction of oxidative stress in sand-grown wheat. *Journal of Nanoparticle Research*, 14, 1–15.
24. Erskine, W., Moustafa, A. T., Osman, A. E., Lashine, Z., Nejatian, A., Badawi, T., and S. M. Ragy. (2004). Regional Workshop on Date Palm Development in the Arabian Peninsula, Abu Dhabi, UAE, 29-31.
25. Ghosh, M., Bhadra, S., Adegoke, A., Bandyopadhyay, M., and A. Mukherjee. (2015). MWCNT uptake in *Allium cepa* root cells induces cytotoxic and genotoxic responses and results in DNA hyper-methylation. *Mutation Research*. 74, 49–58.
26. Gui, X., Deng, Y., Rui, Y., Gao, B., Luo, W., Chen, S., Van Nhan, L., Li, X., Liu, S., and Y. Han. (2015). Response difference of transgenic and conventional rice (*Oryza sativa*) to nanoparticles ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$). *Environmental Science and Pollution Research*. 22, 17716–17723.
27. Haghghi, M., Afifipour, Z., and M. Mozafarian. (2012). The effect of N-Si on tomato seed germination under salinity levels. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 6(16), 87–90.
28. Hao, Y., Yu, F., Lv, R., Ma, C., Zhang, Z., Rui, Y., Liu, L., Cao, W., Xing, B., and J. Choi. (2016). Carbon nanotubes filled with different ferromagnetic alloys affect the growth and development of rice seedlings by changing the C:N ratio and plant hormones concentrations. *Plos One*. 11, e0157264.
29. Hong, F. S., Yang, F., Ma, Z. N., Zhou, J., Liu, C., Wu, C., and P. Yang. (2005). Influences of nano-TiO₂ on the chloroplast ageing of spinach under light. *Biological Trace Element Research*, 104, 249–260.
30. Hussain, N., Al-Rasbi, S., Al-Wahaibi, N. S., Al-Ghanum, G. A., and O. E. Abdalla. (2012). Salinity Problems and Their Management in Date Palm Production. Chapter 7. In: *Dates Production, Processing Food, and Medicinal Values*. 2012. CRC Press. 430p
31. Joseph, T., and M. Morrison. (2006). Nanotechnology in Agriculture and Food. www.nanoforum.org.
32. Khodakovskaya, M. V., de Silva, K., Biris, A. S., Dervishi, E., and H. Villagarcia. (2012). Carbon nanotubes induce growth enhancement of tobacco cells. *ACS Nano* 6(3), 2128–2135.
33. Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mahmood, M., Xu, Y., Li, Z., Watanabe, F., and A. S. Biris. (2009). Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. *ACS Nano*, 3(10), 3221–3227.
34. Khot, L. R., Sankaran, S., Maja, J. M., Ehsani, R., and E. W. Schuster. (2012). Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: a review. *Crop Protection*, 35, 64–70.
35. Lal, R. (2008). Soils and India's food security. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 56, 129–138.
36. Le Van, N., Ma, C., Rui, Y., Liu, S., Li, X., Xing, B., and Liu, L. (2015). Phytotoxic mechanism of nanoparticles: destruction of chloroplasts and vascular bundles and alteration of nutrient absorption. *Scientific Reports*, 5, 116–118.
37. Le Van, N., Rui, Y., Gui, X., Li, X., Liu, S., and Y. Han. (2014). Uptake, transport, distribution and bio-effects of SiO₂ nanoparticles in Bt-transgenic cotton. *Journal of Nanobiotechnology*, 12:50.

38. Lopez-Moreno, M. L., de la Rosa, G., Hernandez-Viezcas, J. A., Peralta-Videa, J. R., and J. L. Gardea Torresde. (2010). X-ray absorption spectroscopy (XAS) corroboration of the uptake and storage of CeO₂ nanoparticles and assessment of their differential toxicity in four edible plant species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 3689–3693.
39. Lustriane, C., Dwivany, F. M., Suendo, W., and M. Reza. (2018). Effect of chitosan and chitosan-nanoparticles on post harvest quality of banana fruits. *Journal of Plant Biotechnology*, 45, 36–44.
40. Ma, X., Geiser-Lee, J., Deng, Y., and A. Kolmakov. (2010). Interactions between engineered nanoparticles (ENPs) and plants: phytotoxicity, uptake and accumulation. *Science of the Total Environment*, 408(16), 3053–3061.
41. Ma, Y., Kuang, L., He, X., Bai, W., Ding, Y., Zhang, Z., Zhao, Y., and Z. Chai. (2010). Effects of rare earth oxide nanoparticles on root elongation of plants. *Chemosphere*, 78, 273–279.
42. Nair, S., Varghese, H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y., and D. S. Kumar. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Science*, 179 (3), 154–163.
43. Prasad, T.N.V.K.V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Raja Reddy, K., Sreepasad, T. S., Sajanlal, P. R., and T. Pradeep. (2012). Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition*, 35(6), 905–927.
44. Priester, J. H., Ge, Y., Mielke, R.E., Horst, A.M., Moritz, S.C., Espinosa, K., Gelb, J., Walker, S.L., Nisbet, R.M., and Y. J. An. (2012). Soybean susceptibility to manufactured nanomaterials with evidence for food quality and soil fertility interruption. *Proceeding of the National Academy of Sciences*. 109, E2451–E2456.
45. Rani, P. U., Yasur, J., Loke, K. S., and Dutta, D. (2016). Effect of synthetic and biosynthesized silver nanoparticles on growth, physiology and oxidative stress of water hyacinth: *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38, 1–9.
46. Rico, C. M., Hong, J., Morales, M. I., Zhao, L., Barrios, A. C., Zhang, J. Y., PeraltaVidea, J. R., and J. L. Gardea-Torresdey. (2013). Effect of cerium oxide nanoparticles on rice: a study involving the antioxidant defense system and in vivo fluorescence imaging. *Environmental Science & Technology*, 47, 5635–5642.
47. Rico, C. M., Lee, S. C., Rubenecia, R., Mukherjee, A., Hong, J., Peralta-Videa, J. R., and J. L. Gardea Torresdey. (2014). Cerium oxide nanoparticles impact yield and modify nutritional parameters in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 9669–9675.
48. Roshdy, Kh. A., and M. M. Refaai. (2016). Effect of nanotechnology fertilization on growth and fruiting of zaghoul date palms. *Journal of Plant Production, Mansoura University*, 7(1), 93–98.
49. Santner, A., Calderon-Villalobos L. I. A., and M. Estelle. (2009). Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nature Chemical Biology*. 5, 301–307.
50. Servin, A.D., Morales, M. I., Castillo-Michel, H., Hernandez-Viezcas, J. A., Munoz, B., Zhao, L., Nunez, J.E., Peralta-Videa, J. R., and J. L. Gardea-Torresdey. (2013). Synchrotron verification of TiO₂ accumulation in cucumber fruit: a possible pathway of TiO₂ nanoparticle transfer from soil into the food chain. *Environmental Science & Technology*, 47, 11592–11598.
51. Shaw, A. K., and Z. Hossain. (2013). Impact of nano-CuO stress on rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Chemosphere*, 93, 906–915.
52. Siddiqui, M. H., and M. H. Al-Wahaibi. (2014). Role of Nano-SiO₂ in germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 21, 13–17.
53. Srinivasan, C., and R. Saraswathi. (2010). Nano-agriculture-carbon nanotubes enhance tomato seed germination and plant growth. *Current Science*, 99(3), 274–275.
54. Tang, Y., He, R., Zhao, J., Nie, G., Xu, L., and B. Xing. (2016). Oxidative stress-induced toxicity of CuO nanoparticles and related toxicogenomic responses in *Arabidopsis thaliana*. *Environmental Pollution*, 212, 605–614.
55. Tripathi, S., Sonkar, S. K., and S. Sarker. (2011). Growth stimulation of gram (*Cicer arietinum*) plant by water soluble carbon nanotubes. *Nanoscale*, 3(3), 1176–1181.
56. www.fao.org/faostat/data (2018).
57. Yang, F., Hong, F. S., You, W. J., Liu, C., Gao, F. Q., Wu, C., and P. Yang. (2006). Influences of nano-anatase TiO₂ on the nitrogen metabolism of growing spinach. *Biological Trace Element Research*, 110, 179–190.

58. Yang, J., Cao, W., and Y. Rui. (2017). Interactions between nanoparticles and plants: phytotoxicity and defense mechanisms, *Journal of Plant Interactions*, 12:1, 158-169. DOI: 10.1080/17429145.2017.1310944.
59. Yuvakkumar, R., Elango, V., Rajendran, V., Kannan, N.S., and P. Prabu. (2011). Influence of nanosilica powder on the growth of maize crop (*Zea mays* L.). *International Journal of Green Nanotechnology*, 3, 180–190.
60. Zagzog, O. A., Gad, M. M., and N. K. Hafez. (2017). Effect of nano-chitosan on vegetative growth, fruiting and resistance of malformation of mango. *Trends in Horticultural Research*, 7 (1), 11-18.

پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری

اهواز: کیلومتر ۱۰ جاده ساحلی

اهواز - خرمشهر

تلفن: داخلی ۹ - ۰۶۱ - ۹۱۰۰۱۱۲۹

دورنگار: داخلی ۵ - ۰۶۱ - ۹۱۰۰۱۱۲۹

صندوق پستی ۱۶ - ۶۱۳۵۵

www.khorma.areco.ac.ir

