

پودمان ۳

## فناوری‌های نوین در کشاورزی



## واحد یادگیری ۴

### فناوری‌های نوین در کشاورزی

#### فن‌آوری‌های نوین و حسگرها

#### آیا می‌دانید که:

- دنیای فناوری کشاورزی یا همان تکنو کشاورزی با استقبال سریعی در حال تغییر و تحول است؟
- در بخش‌های مختلف مانند حسگرها، فناوری‌های مرتبط با تولید غذا، اتوماسیون سازی، مهندسی کشاورزی، آب مغناطیسی، نانو در کشاورزی، سوپر جاذب‌ها، انرژی هسته‌ای در کشاورزی و... چقدر پیشرفت حاصل شده است؟
- حسگرها می‌توانند در کلیه مراحل تولید، آماده‌سازی محصولات کشاورزی، تست و تشخیص محصولات و کنترل بر ماشین‌آلات کشاورزی تأثیر بگذارند.

## فناوری‌های حال و آینده کشاورزی

گفت‌وگو



با دوستان هم گروه خود درباره دلایل استفاده از فناوری‌های نوین در محل زندگی خود بحث نمایید.

است و کشاورزی هم یکی از مهم‌ترین و اصیل‌ترین حرفه‌های موجود از ابتدای تمدن بشری برای تحقق این نیاز اولیه بشر بوده است. مطابق گفته‌های سازمان کشاورزی و غذای (FAO) ملل متحد، با توجه به رشد جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ در مقایسه با سال ۲۰۰۶ به اندازه ۶۰ درصد به مواد غذایی بیشتر نیاز داریم.

در کنار مزایایی که فناوری می‌تواند برای تولیدکنندگان و کشاورزان داشته باشد، برای دولت‌ها نیز منافع را به دنبال خواهد داشت. دگردیسی دیجیتال و توسعه فناوری‌ها در تمامی بخش‌ها از جمله کشاورزی دارای تأثیرات شگرفی است که در ترغیب دولت‌ها در به کارگیری این فناوری و ابزارها بسیار مؤثر است. در ادامه مروری بر مزایایی خواهیم داشت که در نگرش دولت‌ها به استفاده از فناوری در صنعت کشاورزی نقش به سزایی دارد.

□ کاهش قیمت تمام‌شده

□ افزایش صادرات به جهت افزایش تولید

□ کاهش نگرانی‌های ناشی از هدر رفت منابع آبی در

سیستم کشاورزی

□ رونق کشاورزی و کاهش سیر صعودی مهاجرت به شهرها

□ حفظ منابع زیست‌محیطی

البته باید توجه داشت که صنعت کشاورزی مسیری بسیار طولانی را تا رسیدن به این مرحله یعنی کشاورزی هوشمند طی کرده است. اگرچه هنوز کشاورزی به معنای واقعی و فراگیر، به شکل هوشمند در نیامده است اما با توجه به پیشرفت‌های فناوری،

دنیای فناوری کشاورزی یا همان تکنوکشاورزی با سرعت زیادی در حال تغییر و تحول است. آمیختن فناوری باعث شده است که امور سخت کشاورزی به شیوه خودکار انجام شوند و کشاورزان دانش و بینش وسیع‌تری در خصوص محصولات خود به دست آورند. از این رو تکنولوژی همگام با نیازهای کشاورزی و محیط زیست در حال رشد و توسعه است. فناوری‌های جدید می‌توانند صنعت کشاورزی را نیز مانند هر صنعت دیگری متحول کنند. از طرفی پیش‌بینی‌هایی در زمینه فناوری‌های جدید بر اساس گفت‌وگو با متخصصان امر و نظر خواهی از آنها انجام شده است که هر یک از این فناوری‌ها از نظر علمی چه زمانی توسعه خواهند یافت (منظور فناوری‌هایی است که توسط شرکت‌های بزرگ، دولت‌ها و دانشگاه‌ها توسعه یافته است)، چه زمانی توجه زیادی به آنها خواهد شد (منظور زمانی است که سرمایه‌گذاران خطرپذیر و شرکت‌های نوپا سرمایه‌های عظیمی را به این فناوری‌ها اختصاص می‌دهند) و چه زمانی از نظر مالی می‌توانند منفعت بخش باشند.

این فناوری‌ها در بخش‌های مختلف مانند حسگرها، فناوری‌های مرتبط با تولید غذا، اتوماسیون‌سازی، مهندسی کشاورزی، آب‌مغناطیسی، نانو در کشاورزی، سوپر جاذب‌ها، انرژی هسته‌ای در کشاورزی و... معرفی خواهند شد.

**مزارع آینده:** صنعت کشاورزی یکی از تأثیرپذیرترین صنایع از دگردیسی دیجیتال و پیشرفت فناوری است. غذا یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین تولیدات اقتصادی

می‌توان پیش‌بینی کرد که در مدل هوشمند چه تغییراتی حاصل خواهد شد. اگر صنعت کشاورزی را از آغاز پیدایش ماشین‌های بسیار ابتدایی که در برداشت محصول مورد استفاده قرار می‌گرفتند، در نظر بگیریم، می‌توان مراحل دیگری را در جهت تکامل این ماشین‌ها و توسعه فناوری‌های کشاورزی را بر شمرد.

**حسگرها:** فن‌آوری‌های جدید، صنعت کشاورزی را مانند هر صنعت دیگری تغییر داده یا در حال تغییر آن هستند. از میان فن‌آوری‌ها، حسگرها یا سنسورهای هوشمند نقش به‌سزایی در زمان حال و سهم بیشتری در آینده کشاورزی بازی خواهند کرد. حسگرها در جمع‌آوری اطلاعات از زمین کشاورزی اهمیت زیادی را برعهده دارند؛ اطلاعاتی که توسط بسیاری از فناوری‌های دیگر برای تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند. مانند حسگرهایی که مقدار دقیق محصولات برداشت شده و موجود در انبار را دارند. همچنین حسگرهایی که در درون خاک قرار می‌گیرند و میزان آب و مواد مغذی موجود در خاک را دائماً بررسی کرده و به کشاورز گزارش می‌دهند.



حسگرها می‌توانند در کلیه مراحل تولید، آماده‌سازی محصولات کشاورزی، تست و تشخیص محصولات و کنترل بر ماشین‌های کشاورزی، کنترل و نظارت بر حیوانات مزرعه و وضعیت ماشین‌های کشاورزی کمک کنند. در زیر به برخی از حسگرهایی که در حال حاضر یا آینده در حوزه کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ خواهیم پرداخت.



**حسگرهای قابل استفاده در آب و هوا:** وجود این حسگرها در مزارعی که اتوماسیون‌سازی شده‌اند، یک امر لازم و ضروری است و در حال حاضر امکان بررسی شرایط مزارع، برخی از جنگل‌ها و پهنه‌های آبی را فراهم می‌کند. این حسگرها در سال ۲۰۱۳ از نظر علمی توسعه یافتند و در سال ۲۰۱۵ نیز مورد توجه قرار گرفتند و ارزش مالی پیدا کردند.

استفاده از حسگرها در کشاورزی





**تجهیزات تله‌ماتیک:** این تجهیزات به برخی از تجهیزات مکانیکی مانند تراکتور این امکان را می‌دهد که با راننده خود ارتباط برقرار کنند و او را از آسیب‌های احتمالی که ممکن است به‌زودی به‌وسیله وارد شود، آگاه کنند. می‌توان ارتباط بین راننده و تراکتور را یک پلتفرم که در واقع ترکیبی از تعداد زیادی ربات‌های کوچک و بزرگ با میکرو حسگرها است در نظر گرفت.



**تجهیزات زیست‌سنجی حیوانات مزرعه:** امروزه قلاده‌های مجهز به GPS (سامانه بازشناسی با امواج رادیویی) یا RFID (سامانه‌ای بی‌سیم برای برقراری ارتباط که با تبادل اطلاعات بین یک برچسب و یک بازخوان عمل می‌کند) و همچنین سیستم‌های زیست‌سنجی می‌توانند اطلاعات مهم و حیاتی مربوط به حیوانات دامی را تشخیص دهند و این اطلاعات را به مزرعه‌داران انتقال دهند.



**حسگرهای مورد استفاده برای محصولات:** در کشاورزی مدرن به جای اینکه میزان بذر مورد نیاز برای تولید محصول زیاد، بدون بررسی و آزمایش مشخص شود، می‌توان از حسگرهایی استفاده کرد که میزان مورد نیاز بذر را برای تجهیزات مورد استفاده برای کشت محصول، تعیین کنند. در ضمن می‌توان از حسگرهای نوری و یا پهیادها برای اطمینان از سلامت محصول، استفاده کرد. (برای مثال با استفاده از اشعه مادون قرمز می‌توانند این کار را انجام دهند).

## تکنولوژی سنسور در زمین و مزرعه

**اینترنت اشیا:** امروزه در کشورهای پیشرفته، آیفون و آپید در دست کشاورزان حکم یک وسیله عادی است. با استفاده از فناوری اینترنت اشیا اطلاعات دقیقی نظیر آب و هوا، شرایط رشد محصول، کیفیت و رطوبت خاک که قبلاً در دسترس نبود، مشخص می شود.

حسگرهای خاک و هوا که در مزارع نصب می شوند و به دستگاه های موبایل متصل هستند، می توانند تصمیمات لازم را در زمینه هایی همچون آبیاری جهت رسیدن به سطح مشخصی از رطوبت، استفاده مؤثر از کودها و سموم شیمیایی را به صورت هوشمند و براساس اطلاعات موجود بگیرند. این کار به کاهش خسارات ناشی از خطاهای انسانی کمک می کند.



این ابزار می تواند مشاهداتی چون جریان های بارانی، تگرگ، سطح برگ، آب مورد نیاز محصول، تنش های محیطی، شرایط آب و هوای نقطه ای و حتی آلودگی هوا را اندازه گیری کند. این دستگاه همواره توسط بلوتوث، وای فای و اینترنت شبکه به تلفن همراه متصل می باشد.

این دستگاه دید مناسبی را از سراسر زمین های زراعی در اختیار قرار می دهد. با استفاده از این وسیله برای نخستین بار کشاورزان ما قادر هستند وضعیت محصول را نسبت به شرایط آب و هوایی مدیریت کنند. از طرفی این پردازنده ها قادر هستند میزان بازدهی محصول آینده را تعیین کنند و به این ترتیب کشاورزان می توانند دید بهتری نسبت به بازار خود به دست آورند. ضمن اینکه مواردی چون خشکسالی، بحران غذایی، میزان استفاده از آب روستایی هم پیش بینی خواهد شد.

## فناوری های تولید غذا

در تولید مواد غذایی هم می توان از فناوری های مرتبط با اصلاح ژنتیک بهره مند شد و حتی به صورت بالقوه می توان از فناوری های مرتبط با تولید گوشت در محیط آزمایشگاهی نیز استفاده کرد.

**اصلاح ژنتیکی فرآورده های غذایی:** به زودی خصوصیات حیوانات و گیاهانی که برای تولید غذا پرورش داده می شوند، با استفاده از فناوری ها اصلاح ژنتیکی می شوند تا نیازهای زیستی و فیزیولوژیکی بشر به بهترین شکل ممکن تأمین شوند. افراد متخصص در زمینه مهندسی ژنتیک در کشاورزی تلاش می کنند با استفاده از این فناوری، خصوصیات گیاهان و دام ها را از پایه و اساس تغییر دهند و آنها را اصلاح کنند.



**گوشت درون کشتگاهی:** که به آن گوشت مصنوعی نیز گفته می‌شود، نوعی از گوشت است که با کشتن حیوانات دامی به دست نمی‌آید بلکه با کشت و تکثیر یک سلول ماهیچه به دست می‌آید. محققان در حال تحقیق و بررسی برای تولید گوشت از طریق این روش هستند؛ اما هنوز چنین گوشتی تولید نشده است.



### اتوماسیون سازی

در مورد اتوماسیون سازی هم می‌توان گفت این فرآیند می‌تواند با استفاده از ربات‌های بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک به منظور بررسی محصولات کشاورزی یا نگهداری از آنها، عملی شود.

سیستم کنترل نواری (swath control) با نسبت متغیر: این سیستم با بهره‌گیری از GPS فعالیت می‌کند و به تجهیزات مورد استفاده برای کشت محصولات کمک می‌کند تا با جلوگیری از روی هم قرار گرفتن بذرها، در مصرف مواد معدنی، مواد مورد استفاده برای تقویت خاک و نیز مواد لازم برای از بین بردن علف‌های هرز صرفه‌جویی کنند. این سیستم با محاسبه شکل زمینی که مواد ذکر شده در آن مورد استفاده قرار می‌گیرند و همچنین محاسبه میزان حاصلخیزی بخش‌های مختلف زمین و میزان کارایی تراکتورها و ربات‌های مورد استفاده برای کشاورزی، می‌توان میزان مصرفی را در قسمت‌های مختلف زمین تعیین کرد.

**تکرار سریع روند پرورش انتخابی یا تکثیر گزینشی:** در این فرایند انسان به پرورش گیاهان یا حیواناتی می‌پردازد که از نظر ژنتیکی اصلاح شده هستند. نسل بعدی گیاهان یا حیواناتی که با استفاده از این روش تکثیر و پرورش داده می‌شوند، از نظر کمیتی مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند و از روش‌هایی که برای تکثیر یا پرورش آنها به کار گرفته می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.



## ربات‌های مختص کشاورزی:

ماشین‌هایی هستند که برای اهداف مشخصی طراحی شده‌اند و تماماً خودکار می‌باشند و برای کاشت و برداشت محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ربات‌ها (agriculture robots) برای اتوماسیون‌سازی فرایندهای مختلف کشاورزی و تسریع آنها، مانند برداشت محصول، چیدن میوه، شخم‌زنی، نگهداری از خاک، از بین بردن علف‌های هرز، کاشت محصول، آبیاری و سایر موارد مورد استفاده قرار می‌گیرند.



**کشاورزی دقیق:** یکی از مفاهیمی است که در کشاورزی مدرن به آن توجه زیادی می‌شود و به معنای تلاش برای عدم وجود ناهمگونی در مزرعه است. در این روش، مدیریت کشاورزی براساس مشاهده تغییرات متنوعی که در مزارع کشاورزی ایجاد شده است و واکنش به آنها صورت می‌گیرد. کشاورزان در این روش نوین می‌توانند با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و حسگرهای پیشرفته، بازده مواد مورد استفاده در کشاورزی (بذر، کود، آفت کش و غیره) را افزایش دهند و در عین حال منابع مختلف، حتی در مقیاس‌های بزرگ را حفظ کنند. هم‌چنین با استفاده از این رویکرد جدید می‌توان اطلاعات بیشتری در مورد محصولات متنوع و آب و هوای مناطق جغرافیایی مختلف به دست آوردند. در ضمن استفاده از حسگرهای دقیق می‌تواند روند تصمیم‌گیری خودکار و ایجاد فناوری‌های مکمل برای کشت محصولات را تقویت کند.



**فناوری استفاده از مجموعه ربات‌ها (Robotic farm swarms):** ایده مطرح شده در مورد این فناوری، ترکیب چندین ربات مورد استفاده برای کشاورزی با هزاران میکرو حسگر است. این ربات‌های مجهز به حسگر می‌توانند برای نظارت بر شرایط زمین یا پیش‌بینی این شرایط و یا حتی برای کشت محصولات و برداشت آنها بدون دخالت انسان‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

اجرای این فناوری واقعاً کاربردی در مقیاس کوچک در آینده میسر خواهد شد.



## مهندسی کشاورزی:

مهندسی کشاورزی نیز با فناوری‌هایی در ارتباط است که باعث می‌شود امکان استفاده از ابزار جدید در کشاورزی فراهم شود و کشاورزی به جایگاه‌های جدیدی دست پیدا کند و حتی در زمینه‌های مختلف اقتصادی نیز به رشد و شکوفایی خوبی برسد. یکی از زمینه‌هایی که در مهندسی کشاورزی به آن توجه زیادی می‌شود، زیست‌شناسی مصنوعی است که امکان برنامه‌ریزی مجدد به صورت کارآمد برای تولید سوخت از موجودات تک سلولی، محصول جانبی (فرآورده‌هایی که در کنار محصول اصلی به صورت ناخواسته تولید می‌شوند) از شیمی آلی و هم‌چنین تولید وسایل هوشمند را فراهم می‌کند.



**سیستم اکولوژیکی بسته:** اکوسیستمی است که از تبادل ماده با فضای بیرونی بی‌نیاز است. در این سیستم‌ها از نظر تئوری، مواد زائد به اکسیژن، مواد مغذی و آب تبدیل می‌شوند تا نیاز موجوداتی که در این اکوسیستم قرار دارند، تأمین شوند. نظیر چنین اکوسیستمی قبلاً در مقیاس‌های کوچک اجرا شده است؛ اما فناوری‌های جدید موجب شده است که امکان ایجاد این اکوسیستم‌ها در مقیاس بزرگ نیز ممکن شود.

**زیست‌شناسی مصنوعی:** زیست‌شناسی مصنوعی که ترکیبی از علوم و مهندسی است. این نوع از زیست‌شناسی شامل تعریف مجدد گسترده از علم زیست‌شناسی و توسعه آن است و هدف آن نیز طراحی، تولید و اصلاح سیستم‌های زیستی مهندسی است که برای پردازش اطلاعات، دستکاری در مواد شیمیایی، ساختن مواد و ایجاد ساختارها، تولید انرژی، تأمین مواد غذایی و حفظ سلامت انسان و بهبود آن و هم‌چنین محافظت از محیط پیرامونی انسان، طراحی شده‌اند.



مزارع عمودی

**مزارع عمودی:** این روش توسعه کشاورزی در محیط شهری به صورت عمودی است. در این روش نوین، گونه‌های گیاهی یا جانوری در آسمان خراش‌هایی که به همین منظور ساخته شده‌اند و یا آسمان خراش‌های چند منظوره، پرورش داده می‌شوند. در مزارع عمودی از فناوری‌هایی مشابه فناوری‌های مورد استفاده در خانه‌های شیشه‌ای استفاده می‌شود. که گیاهان علاوه بر نور طبیعی با سیستم‌های روشنایی با مصرف کم، نیز تقویت می‌شوند. از مزایای آن برداشت محصول



در همه فصول سال، محافظت محصولات از شرایط بد آب و هوایی، خودکفایی شهرها در تولید محصولات کشاورزی مورد نیاز خود و کاهش هزینه‌های حمل و نقل محصولات می‌شود.

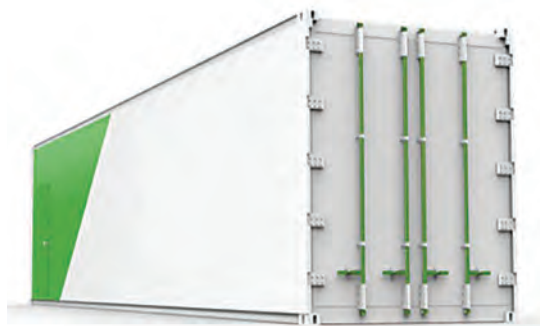
### کشاورزی شهری و داخلی:



در حال حاضر حدود ۲۰ درصد از مواد غذایی جهان در محیط‌های شهری تولید می‌شود و صنعت چند میلیارد دلاری را به خود اختصاص داده است.

یکی از کمپانی‌ها اقدام به ایجاد روشی برای توسعه کشاورزی خانگی کرده و سیستمی راه‌اندازی کرده است که در آن گیاهان و سبزی‌های دارویی به صورت خودکار رشد می‌کنند و از طریق گوشی هوشمند روند رشد آنها کنترل می‌شود. این سیستم شامل پمپ، چراغ‌های روشنایی و فیلترهای هوای کربنی است و مواد مغذی برای رشد گیاهان را فراهم می‌کند.

ضمن اینکه سیستم موجود نقش یک میزبان برای سنسورهای محیطی را ایفا و با استفاده از یک دوربین HD، اطلاعات مورد نیاز را به گوشی هوشمند ارسال می‌کند. با این حال، از لحاظ مصرف انرژی الکتریسیته، این سیستم چندان مقرون به صرفه نیست و می‌توان برای اجرای مفید آن به برنامه‌های کاربردی انرژی خورشیدی امیدوار بود.



باغبانی در کانتینر

روش نوآورانه دیگری در کشاورزی شهری ابداع شده است که برای رشد محصولات از کانتینرهای مخصوص حمل و نقل روی یک کامیون استفاده می‌شود و تمام امکانات مورد نیاز برای رشد محصول را در آن فراهم می‌کند.

به علاوه، این امید وجود دارد که با به کارگیری اینترنت اشیا بتوان نظارت دقیق‌تری بر شرایط رشد محصولات کشاورزی داشت. این تکنولوژی به کشاورزان این توانایی را می‌دهد که محصولات خود را از راه دور کنترل و ویژگی‌های رشد گیاه از قبیل دما، رطوبت سطح دی اکسید کربن را ارزیابی کنند.

ضمن اینکه زنگ‌های هشدار و وجود دارند که در صورت خارج شدن شرایط از حالت ایده‌آل به صدا درمی‌آیند. علاوه بر این، اطلاعات جمع‌آوری شده کمک می‌کند تا سرویس‌هایی که به کشاورزان داده می‌شود؛ بهبود یابد و چشم‌انداز بهتری در اختیار مشتریان برای استفاده از محصولات فراهم شود. البته باغبانی در کانتینر در فضای شهری، جدید نیست؛ اما با توجه به این که در این کانتینرها از آب به صورت بهینه استفاده می‌شود، در مناطقی که خشک سالی وجود دارد روش مفیدی خواهد بود.

### حشرات خوراکی و مواد مغذی گیاهی:



حشرات بخش بزرگی از مواد غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. معمولاً در بسیاری از کشورهای غیر غربی با استفاده از مقدار کم کربن به پرورش و اصلاح نژاد آنها پرداخته می‌شود. با تکیه بر فناوری اینترنت اشیا و اتوماسیون، سیستم‌های کشاورزی هوشمند را طراحی کرده‌اند که به سادگی برای رشد حشرات به کار برده می‌شوند. این سیستم از ادغام سنسور با یک پلتفرم ثبت داده‌ها ساخته شده است و اطلاعات را تحلیل و بهینه‌سازی می‌کند و در مانیتور نمایش می‌دهد. در این میان، یک اپلیکیشن مرتبط وجود دارد که وضعیت سلامت حشرات را ردیابی می‌کند.

از طرفی این تکنولوژی توانسته است راه خود را در مکمل‌های غذایی نیز باز کند. هر چند ارتباط این بخش با کشاورزی یا تولید مورد بحث است، اما قطعاً در فرآیند آن تکنولوژی حضور دارد.

■ **پهپادها:** این دستگاه‌ها نقشه زمین کشاورزی را تهیه می‌کنند و تصاویر هوایی از وضعیت محصولات کاشته شده را ارائه می‌دهند.



### سامانه ضد تگرگ:

این سامانه با استفاده از گاز مایع، بر اثر شلیک‌های پی‌درپی و با ایجاد ارتعاشات صوتی و حرارتی، سلول‌های هسته مرکزی مولکول تگرگ را در داخل ابر تگرگ‌زا شکسته و به باران تبدیل می‌کند؛ در واقع سامانه ضد بارش تگرگ این امکان را به وجود می‌آورد که قبل از بارش تگرگ و با پیش‌بینی وضع هوا و مشاهده عینی ابرها، با تبدیل تگرگ به باران، از خسارات احتمالی پیشگیری کند.

نکته اقتصادی قابل تأمل آن است که حتی اگر دستگاه طی ۱۰ سال فقط یک بار عمل کند و موجب پیشگیری خسارت در محدوده پوششی خود شود، با کل هزینه‌های انجام گرفته برابری می‌کند. همچنین این دستگاه نه تنها هیچ گونه عوارض زیست‌محیطی ندارد، بلکه گاهی نیز حتی موجب افزایش مقدار و شدت باران می‌شود. این دستگاه شامل مخزن انفجار، لوله پرتاب و هدایت، مخازن ذخیره گاز، لوازم کنترل فشار، سامانه ایجاد اشتعال، فرمان و تأمین انرژی اعم از باتری و تابلو خورشیدی است و کاربرد می‌تواند به صورت دستی و یا با ارسال پیامک از طریق تلفن همراه و قابلیت دریافت و پردازش داده‌های هواشناسی به روش GIS با این دستگاه کار کند.

سامانه ضد تگرگ دارای یک ژنراتور تولید موج انفجاری می‌باشد که یک موج فشاری مخصوص به نام «سالیتون» است ایجاد کرده و انرژی پر قدرت حاصله از انفجار بعد از عبور از گلولی بالای محفظه به سمت دهانه مخروطی شکل هدایت می‌شود و در این موقع در تمامی جهات به ارتعاش در می‌آید. سالیتون (موج فشاری) به عنوان یک پرتابه به سمت فضا و داخل ابرهای تندری با سرعت صوت شلیک و هدایت می‌شوند. این حرکت موجب ایجاد یک صدای سوت مانند شده که در بعضی شرایط آب و هوایی صدایی شبیه سوت بخار را ایجاد می‌کند. این صدا در نزدیکی سامانه به مدت ۳۰ ثانیه قابل شنیدن می‌باشد.

امواج صوتی مذکور بعد از رسیدن به ابرها دارای پتانسیل تولید تگرگ باعث ایجاد پدیده لرزش «توربلانس» در آنها می‌شود. این فرایند ایجاد لرزش توسط امواج، موجب اختلال در بهم پیوستن طبیعی ذرات و کریستال‌های یخی در همان مراحل اولیه رشد و نمو و تشکیل ذرات تگرگ می‌شود و متعاقب آن بارش به صورت قطرات لطیف باران و یا برف خفیف ادامه می‌یابد.

عملکرد این سیستم‌ها بنا به ماهیت عملیاتی که دارند، نسبی بوده و بستگی به پتانسیل ابرها دارد و جهت حصول نتیجه مطلوب می‌بایستی سامانه حداقل چند دقیقه قبل از وارد شدن ابرهای تندری به ناحیه تحت پوشش فعال شود. این سامانه به فرایند تشکیل بارش‌ها نه چیزی را اضافه، نه چیزی را کم می‌کند و تنها کاری که انجام می‌دهد، ساختار بارش را در حین شکل‌گیری آنها به نحو سودمندی اصلاح می‌کند و هیچ نقشی در قطع بارش‌ها و یا شروع مجدد آنها ندارد.



## واحد یادگیری ۵

### به کارگیری فناوری جدید در کشاورزی

#### ابر جاذب‌ها: «Super Absorbent»

ارائه راه‌کارهایی در جهت بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. امروزه پیشرفت سریع علم در زمینه‌های گوناگون که جهان را به سمت زندگی آسان سوق داده و با رفع نیازهای ضروری، سعی در حفظ منابع طبیعی نموده است و باعث شده تا مواد مصنوعی و سنتزی اهمیت و جایگاه ویژه‌ای پیدا کنند. یکی از این مواد که مخزن ذخیره‌ای کوچکی برای حفظ و نگهداری مایع حیات بشر بوده و در عصر حاضر که کم‌آبی و خشک‌سالی متوالی باعث شده تا اکثر نقاط جهان با خطر خشکی رو به رو شوند، ابرجاذب‌ها هستند. ابر جاذب‌ها مواد بسیاری هستند ابر جاذب‌های پلیمری به موادی گفته می‌شود که قادر به جذب آب بوده ولی در آب حل نمی‌شوند. پلیمرهای ابر جاذب، مواد صددردصد آلی هستند که قادرند به طریق فیزیکی و شیمیایی از ده‌ها تا هزاران برابر وزن خود آب یا محلول‌های آبی را جذب کنند. برخلاف موادی چون اسفنج که جذب آب در آنها فیزیکی است، جذب شیمیایی آب سبب می‌شود که آب مدت طولانی حتی تحت فشار در داخل این پلیمرها حفظ شود. این ابر جاذب‌ها ابتدا به صورت پودر خشک هستند که به راحتی می‌توان آن را با خاک مخلوط کرد. این ذرات پودری در زمان بارندگی و آبیاری که آب وارد زمین می‌شود، با جذب آب به صورت ژل درمی‌آیند و مقدار زیادی آب را در خود ذخیره می‌کنند و به این ترتیب از هدر رفتن آب و املاح مفید خاک به لایه‌های زیرین و دور از دسترس ریشه گیاه جلوگیری می‌شود. این ژل‌ها (شکر مانند) به صورت منابع آبی در خاک

ایران به عنوان کشوری با آب و هوای خشک و نیمه‌خشک، همواره با مشکل کمبود آب روبروست. یکی از مسائل مهم بخش مصرف آب مسئله آبیاری در کشاورزی است که در تولید محصولات مختلف با کیفیت مطلوب، اهمیت بسیاری دارد. با توجه به این موضوع که کل آب مصرفی در ایران حدود ۹۰ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد، حدود ۸۰ میلیارد مترمکعب آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. از این مقدار ۶۵ درصد آن به علت شیوه‌های غلط و روش‌های ناکارآمد سنتی آبیاری هدر می‌رود. خشک‌سالی و فجایع زیست محیطی، پیامد هدر روی بی‌رحمانه آب است. محدودیت منابع آب کشور، ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آب را روشن می‌سازد. اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری تکنیک‌های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب کشور می‌باشد. دستیابی به اهداف فوق‌الذکر (حفظ ذخیره رطوبتی، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و...) با انجام اقداماتی نظیر استفاده از کود سبز و آلی، مالچ گیاهی و مصنوعی، ایجاد پوشش گیاهی و یا استفاده از مواد اصلاح‌کننده نظیر تورب، پرلیت و پلیمرها میسر می‌باشد. برای مقابله با این مسائل و مشکلات، به کارگیری شیوه‌های نوین آبیاری لازم می‌باشد. هم‌چنین نفوذ آب ناشی از بارندگی و آبیاری به لایه‌های زیرین خاک و دور از دسترس ریشه گیاه است که به مشکل کمبود آب دامن می‌زند. بنابراین



عمل می کنند و زمانی که رطوبت خاک کم شود، به طور تدریجی آب را به خاک می دهند. آنها با فرایند تورم و رهایش متوالی که انجام می دهند، باعث ایجاد تخلخل در ساختار خاک شده و وجود این تخلخل امکان جریان آب و هوا را در خاک فراهم می سازد. استفاده از این مواد باعث می شود که اولاً، فواصل آبیاری طولانی تر شده ثانیاً، میزان مصرف آب بسیار کمتر شود. ضمن اینکه بسیاری از املاح مفید خاک هم هدر نمی رود. برای این اساس، با توجه به اینکه ایران از نظر آب و هوایی جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می شود، استفاده از روش های کاهش مصرف آب از جایگاه ویژه ای برخوردار است.

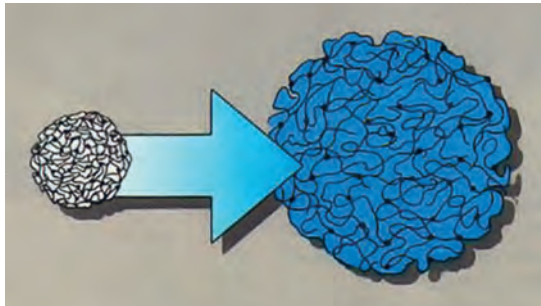
تحقیقات انجام شده در مورد تأثیر آنها در خاک در شرایط کم آبی روی برخی گیاهان موفقیت آمیز بوده و این خود به دلیل مناسب بودن قیمت، سهولت ساخت و مصرف، زیست سازگار بودن و همچنین طیف وسیع کاربرد آنها می باشد.

### مزایای استفاده از سوپر جاذب های کشاورزی:

- صرفه جویی در مصرف آب به میزان قابل توجه و کاهش هدر روی آب ( ۵۰ تا ۷۰ درصد صرفه جویی در مصرف آب کشاورزی )
- افزایش بازده و تولید محصول
- افزایش سطح زیر کشت زمین های کشاورزی
- جلوگیری از هدر روی آب آبیاری
- صرفه جویی در زمان آب دهی و در نتیجه کاهش دفعات آبیاری و طبعاً کاهش هزینه های اجرایی
- جلوگیری از شست و شوی کود و مواد غذایی خاک به ویژه در سطوح شیب دار
- امکان کشت در سطوح شیب دار
- ایجاد خلل و فرج در خاک به دلیل عمل تناوبی جذب و دفع که به بهبود تهویه خاک می انجامد و هوا دهی خاک را بهتر می کند.
- تکرار عمل جذب و دفع آب به مدت حدود پنج سال
- عدم ایجاد آلودگی های زیست محیطی
- استفاده بهینه از کود های شیمیایی و سموم کشاورزی
- امکان کشت در مناطق کم آب و بیابانی و استفاده از بارندگی های پراکنده
- جلوگیری از تنش های ناشی از نوسانات رطوبتی
- کاهش فشردگی خاک و امکان تهویه بهتر خاک
- جلوگیری از هدر رفت آب در زمین های کشت شده
- کشت بدون خاک و کشت قارچ
- کاهش تلفات در پرورش و جابه جایی قلمه و نهال

□ تقویت ریشه‌زایی و بالابردن درصد جوانه‌زنی

□ نگهداری عناصری مانند نیترات‌ها، فسفات‌ها، پتاسیم، روی، آهن و انواع ویتامین‌ها در خود و جلوگیری از هدر رفتن آنها  
و نهایتاً کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد



**معرفی سوپر جاذب:** ژل به ماده‌ای گفته می‌شود که وقتی در حلال خود قرار گیرد، حلال خود را جذب و متورم می‌گردد ولی حل نمی‌شود و حلال جذب کرده خود را حتی تحت فشار نیز از دست نمی‌دهد. در صورتی که ژل آب دوست باشد آن را هیدروژل می‌نامند. هیدروژل سوپر جاذب پلیمری (درشت مولکولی) آب دوست است که قابلیت جذب و نگهداری مقادیر زیادی آب و محلول‌های آبی را دارد (۱۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر)



کاربرد استفاده از هیدروژل‌های ابرجاذب، جدیدترین شیوه‌های آبیاری برای مناطق خشک است که به کمک آن می‌توان تا ۵۰ درصد اتلاف آب آبیاری و در نتیجه مصرف آب را کاهش داد. در حقیقت برای گیاه به منزله آب انبارهای زیبایی هستند که در موقع نیاز ریشه به راحتی آب را در اختیار آن قرار می‌دهند. این مواد پس از ۷-۳ سال بسته به نوع آن در خاک توسط میکروارگانیسم‌ها تخریب می‌شوند. هیدروژل به علت تغییر حجم مداوم که به دلیل جذب آب و از دست دادن آب پیدا می‌کنند؛ میزان هوا را در خاک افزایش داده و باعث تهویه بیشتر خاک می‌شوند. براساس منشأ یا ساختار ابرجاذب‌ها را به دو گروه اصلی پایه طبیعی و سنتزی تقسیم می‌کنند.



ابر جاذب‌های رنگی

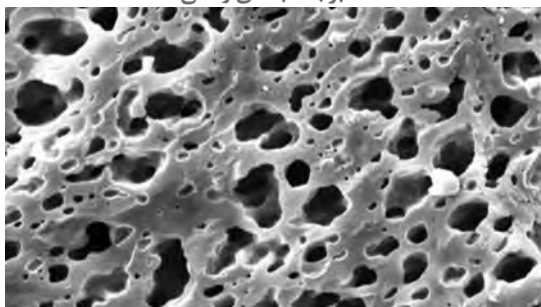
بسیارهای پایه طبیعی به چند دلیل مورد توجه بوده و در سال‌های اخیر مورد مطالعه طیف وسیعی از صنایع قرار گرفته‌اند. از جمله این دلایل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

□ زیست سازگاری و زیست تخریب پذیری

□ استفاده از منابع تجدیدپذیر مانند نفت، گاز و زغال سنگ به جای منابع غیر قابل تجدید

□ ارزان بودن بسپارهای تولید شده

□ فراوانی، تنوع و گستردگی آنها



تصویر بزرگ نمایی شده به وسیله میکروسکوپ پویشگر الکترونی از ساختار یک ابر جاذب

### کاربرد هیدروژل های ابرجاذب:

با توجه به این که بسپارهای ابرجاذب زیر گروه خانواده هیدروژل ها هستند، محصولات ایجاد شده از این مواد بسیار متنوع اند. بسته به ماده به کار رفته در ابرجاذب ها که باعث تفاوت در ساختار آنها می شود، کاربرد، وظیفه و خواص متفاوتی را می توان از ابرجاذب ها انتظار داشت. با توجه به تولید سالیانه این مواد در دنیا که بیش از یک میلیون تن در سال می رسد، مصارف گسترده این دسته از ترکیبات تایید می گردد.

### خواص سوپر جاذب کشاورزی:

مهم ترین خواص و مشخصات سوپر جاذب خوب را می توان به شرح زیر عنوان کرد:

- ۱ آب و محلول های آبی را بیشتر جذب کند.
- ۲ قوام و شکل هندسی اولیه را بیشتر حفظ کند.
- ۳ سرعت جذب آب بیشتری داشته باشد.
- ۴ محلول جذب کرده خود را به آرامی به محیط برگرداند.
- ۵ درمقابل نور پایدار باشد.
- ۶ ارزان باشد.
- ۷ اجزای انحلال پذیر آن هر چه کم تر باشد.
- ۸ حفظ خواص و دوام آن در مرحله انبارداری و در شرایط مصرف هر چه بیشتر باشد.
- ۹ بی رنگ و بی بو باشد.
- ۱۰ کاملاً غیر سمی بوده و قابل تخریب در محیط زیست باشد.
- ۱۱ در مقابل عوامل زیستی و شیمیایی پایدار باشد.
- ۱۲ خنثی باشد ( pH آن در اثر جذب آب و تورم تغییر نکند).

### سوپر جاذب و محیط زیست:

با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه تولید و مصرف این مواد نتایج زیر حاصل شده است:

- ۱ سوپر جاذب ها هرگز به مواد اولیه سمی خود تبدیل نمی شوند و بطور کامل غیر سمی هستند.
- ۲ سوپر جاذب ها مواد خنثی و بی اثرند که مصرف آنها در کشاورزی، آلودگی خاک و محیط زیست را به دنبال نخواهد داشت و ایمنی استفاده آنها در خاک به وسیله مؤسسات تحقیقاتی معتبر جهانی تایید شده است.

### نقش هیدروژل های ابرجاذب در کشاورزی:

جذب سریع آب و حفظ آن، بازده جذب آب ناشی از بارندگی های پراکنده را بالا برده و در صورت آبیاری خاک، فواصل آبیاری را نیز افزایش می دهد. مقدار این افزایش بسته به شرایط فیزیکی خاک، آب و هوا و میزان مصرف ابرجاذب در خاک متفاوت است. علاوه بر نگهداری آب، ابرجاذب ها به علت تغییر حجم مداوم (انبساط به هنگام تورم و انقباض به هنگام از دست دادن آب) میزان هوا را نیز در خاک افزایش می دهند. ابرجاذب ها تنش های رطوبتی را از بین برده و به سازگاری نباتات کاشته شده با محیط کمک می کنند. هیدروژل های ابرجاذب به کار رفته در کشاورزی از نوع پلی آکریل آمید می باشند. این ابرجاذب ها بی رنگ، بی بو و



بدون خاصیت آلاینده‌گی در خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین بافت‌های گیاهی می‌باشند. از نظر بار الکتریکی نیز نوع آنیونی آن در کشاورزی دارای اهمیت ویژه‌ای است، زیرا علاوه بر جذب کاتیون‌های مفید برای رشد گیاه، از تثبیت و شست‌وشوی آن در خاک جلوگیری می‌نماید. بدین ترتیب ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش می‌دهد. و مشکلاتی نظیر از بین رفتن پوشش گیاهی که بر اثر تغییر آب و هوا و کمبود آب می‌باشد را رفع می‌کند.

از کاربردهای عمده ابرجاذب‌ها در کشاورزی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش میزان پساب (باقیمانده آبیاری) در انواع کشت‌ها
- آبیاری فضای سبز و جنگل کاری‌ها با استفاده بهینه از آب (کاهش هزینه‌های آبیاری)
- حفاظت خاک‌های حساس به فرسایش
- افزایش رطوبت خاک به منظور جلوگیری از تنش‌های ناشی از نوسانات رطوبتی
- کشت بدون خاک (مثل قارچ‌ها) و هیدروپونیک
- کاهش تلفات در پرورش و انتقال قلمه و نهال
- امکان کشت و حفظ پوشش گیاهی در سطوح شیب‌دار
- امکان کشت در مناطق بیابانی از طریق جذب سریع آب ناشی از بارندگی و کاهش تبخیر سطحی (کاهش هدر رفتن و تبخیر آب از سطح خاک به دلیل خاصیت موئینگی که در نهایت از شور شدن سطح خاک جلوگیری به عمل می‌آورد).



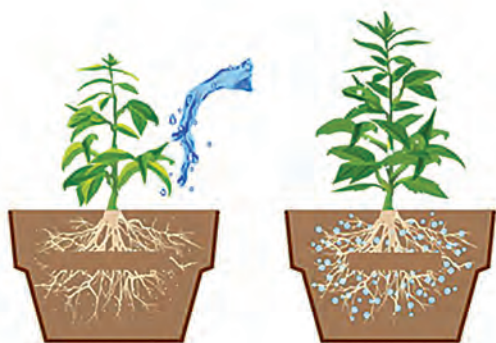
مقایسه رشد گیاه در شرایط کم‌آبی با دو نوع خاک دارای ابرجاذب (شکل سمت چپ) و فاقد ابرجاذب (شکل سمت راست)



#### نقش ابرجاذب‌ها در صرفه‌جویی آب در کشاورزی:

آب مایه حیات است، غذا به کشاورزی و کشاورزی به آب نیاز دارد. آب عامل اصلی در تولید محصولات کشاورزی است. با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع زمینی و آلوده‌سازی زمین‌های کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی بشر ناخواسته باعث بروز تغییرات آب و هوایی و گرم شدن هوا و کمبود آب گردیده و تولید کشاورزی با مشکلات شدید روبرو شده است. بدیهی است در چنین وضعیتی

هر اقدامی در صرفه‌جویی آب و جلوگیری از هدر رفت آن اهمیت اساسی دارد. کشور ما سرزمینی خشک و کم‌آب است و متوسط بارندگی سالانه آن حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد.



بدیهی است با استفاده از سوپر جاذب‌ها و هم‌چنین استفاده از سایر روش‌های نوین آبیاری می‌توان سرزمین‌های خشکی مثل ایران را از نگرانی در خشک‌سالی از بین برد و از وابستگی به ورود مواد غذایی از خارج و بحران اشتغال از طرف دیگر نجات داد. گیاهان حداقل نیازی به آب برای رشد و تولید و عملکرد مطلوب دارند و در صورتی که حداقل نیاز آبی بنا به دلائلی نتواند فراهم شود، گیاهان مواجه با تنش خشکی شده و در صورت مصادف شدن این تنش با

مراحل رشدی حساس به کمبود آب نظیر جوانه‌زنی بذر و گل‌دهی، می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری به محصول وارد آید. موادی نظیر بقایای گیاهی، کود کمپوست، کودهای دامی و سوپر جاذب‌های کشاورزی می‌توانند مقادیر متفاوتی آب در خود ذخیره کرده و قابلیت ذخیره‌سازی آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره شده در این مواد در مواقع کم‌آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه قرار می‌گیرد.

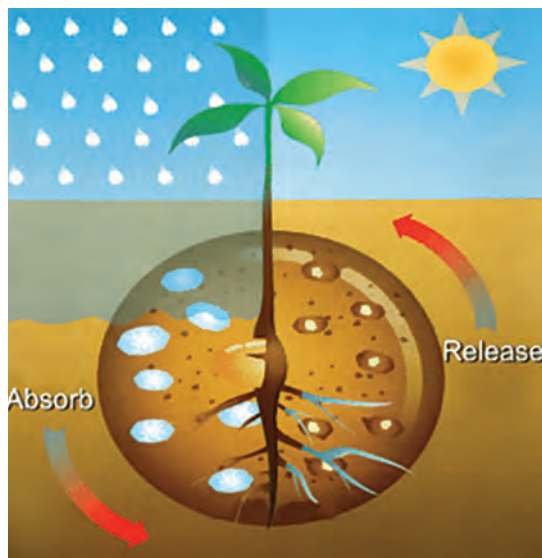


#### میزان مصرف و نحوه استفاده:

سوپر جاذب باید به صورت ماده خشک با خاک مخلوط شده و در لایه حداقل ۵ تا ۱۰ سانتی متری خاک قرار گیرد تا اشعه ماوراء بنفش موجب شکسته شدن سریع این مواد نشود.

#### نحوه استفاده از سوپر جاذب به شرح زیر است:

۱- در زمین‌های زراعی: با توجه به شرائط اقلیمی و خصوصیات مزرعه به‌ویژه بافت خاک و... حدود ۲۵ تا ۴۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هر هکتار خاک استفاده می‌شود و به صورت نواری، کودپاش یا دست‌پاش در سطح مزرعه پخش می‌شود و با ابزار مناسب زیر خاک دفن می‌گردد.



۲- درختان میوه: ۸۰ تا ۱۰۰ گرم برای هر درخت توصیه می‌گردد. روش مصرف به این ترتیب است که ۳ تا ۵ حفره ۳۰ تا ۵۰ سانتی متری ایجاد می‌کنیم و مقدار لازم سوپر جاذب را در کف چاله به صورت خشک ریخته و روی آن را خاک می‌ریزیم و یا سوپر جاذب‌های خشک را با خاک مخلوط کرده و در ته چاله‌ها می‌ریزیم و روی آن را با خاک پر می‌کنیم. چاله‌ها ترجیحاً در قسمت سایه‌انداز

درخت که ریشه‌ها بیش‌تر توسعه می‌یابند؛ کنده شود و حداقل ۱۰ سانتی‌متری پایین‌تر از سطح زمین باشند.

**۳- انتقال نهال:** برای استفاده سوپر جاذب در انتقال نهال ابتدا ریشه نهال را در ظرف حاوی ژل سوپر جاذب فرو برده و به طریقی که ژل‌ها از ریشه جدا نشوند، نهال را جابه‌جا می‌کنیم. برای تهیه ژل سوپر جاذب یک کیلوگرم سوپر جاذب خشک را در یک بشکه ۲۲۰ لیتری آب ریخته و منتظر جذب آب توسط سوپر جاذب‌ها می‌شویم. برای کاشت نهال چاله‌ای مناسب اندازه ریشه حفر کرده و سپس مقداری سوپر جاذب را با خاک مخلوط کرده و در اطراف ریشه که در وسط چاله قرار داده شده، می‌ریزیم و چاله را با خاک پر کرده و آبیاری می‌کنیم.

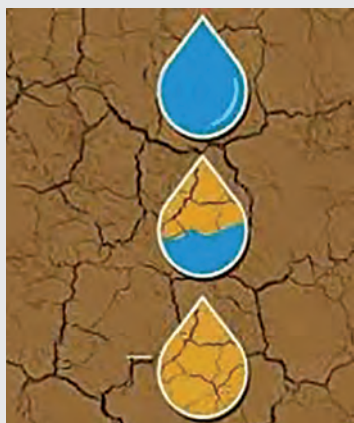
**۴- چمن:** ۲۰ تا ۲۵ گرم سوپر جاذب را برای هر مترمربع و در عمق ۱/۵ تا ۲/۵ سانتی‌متری خاک قرار می‌دهیم (به‌صورت دست‌پاش یا بذرپاش) و سپس خاک را برگردانده و به اندازه ۱۰ سانتی‌متر خاک روی آن ریخته و غلتک می‌زنیم و بعد عملیات بذرپاشی را انجام می‌دهیم.



**۵- گلدان:** سوپر جاذب را با خاک مخلوط کرده (۲ تا ۳ گرم سوپر جاذب برای هر کیلو خاک) و در قسمت تحتانی گلدان می‌ریزیم تا از هدر رفتن آب جلوگیری کند و گلدان را با خاک پر می‌کنیم. در صورتی‌که قصد تعویض و یا تغییر خاک گلدان را نداشته باشیم سوراخ‌هایی در گلدان ایجاد کرده (تا عمق دوسوم گلدان) و سوپر جاذب‌ها را در آن ریخته و فشار داده و سوراخ‌ها را با خاک پر کرده و آبیاری می‌نماییم.

**۶- قارچ:** برای استفاده از سوپر جاذب در پرورش قارچ برای هر مترمکعب ۲ کیلو سوپر جاذب اختصاص داده و به حد اشباع آبیاری می‌کنیم.

**۷- خزانه نشاء:** ۵۰ تا ۱۲۰ گرم سوپر جاذب در هر مترمربع و در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری استفاده می‌کنیم.



۱ سوپر جاذب‌ها جایگزین کودهای شیمیایی و آبیاری نمی‌باشند. این مواد تنها قابلیت نگهداری آب و برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را در خاک افزایش می‌دهند. سوپر جاذب‌ها بر اساس نوع ترکیب شیمیایی می‌توانند عناصری نظیر: نیترات، فسفات‌ها،  $B$ ,  $Zn$ ,  $K$ ,  $Fe$ ، را در خود نگهداری نموده و از آب‌شویی و هدر رفتن آنها جلوگیری به عمل آورند.

۲ سوپر جاذب‌ها می‌توانند میزان آب مصرفی را تا حدود ۵۰ درصد و میزان کود مصرفی را تا حد ۳۰ درصد بسته به شرایط مختلف کاهش دهند.

۳ ذرات پلی‌مرهای سوپر جاذب دارای چهار اندازه ذیل می‌باشند: پودری، اندازه کوچک ( $1 - 3/0$  mm)، اندازه متوسط ( $2 - 1$  mm) و اندازه بزرگ ( $4 - 2$  mm).

۴ توصیه می‌شود تا تحت شرایط گلدان و یا مزرعه‌ای از اندازه‌های متوسط و بزرگ آن استفاده شود تا بدین ترتیب مدت زمان ابقای آب در خاک افزایش یافته و دیرتر مورد تجزیه میکروبی قرار گیرند.

#### میزان مصرف سوپر جاذب‌ها

گیاه / استفاده	مقدار مصرف
درختان میوه	۸۰-۱۰۰ گرم
انتقال نهال	۱ کیلوگرم در ۲۲۰ لیتر آب
گلدان	۲-۳ گرم برای هر کیلوگرم خاک
زراعت	۲۵-۴۰ کیلوگرم در هکتار
چمن	۲۰-۲۵ گرم در متر مربع
قارچ	۲ کیلوگرم در متر مکعب





- ۵ به استثنای نوع پودری پلیمرهای سوپر جاذب که دارای خاصیت بقاء و عمر کوتاه در خاک می‌باشند، این مواد بسته به شرایط مختلف حدود ۳-۷ سال در خاک باقی مانده و قادر به هزاران بار جذب و دفع آب بوده و در اثر تجزیه میکروبی و یا تأثیر نور خورشید به تدریج از بین می‌روند.
- ۶ بهتر است محل قرار گرفتن سوپر جاذب در خاک، زیر ناحیه ریشه گیاه بوده و کاربرد عمقی آن در مناطقی که بارندگی‌های سبک دارند، مناسب نمی‌باشد.
- ۷ پاسخ به پرسش‌هایی مانند این که چه مقدار سوپر جاذب، با چه میزان آبیاری و با چه روش مصرف و به چه فاصله‌های زمانی نیاز است تا بهترین نتیجه حاصل شود، ممکن نیست مگر با صرف وقت و آزمایش‌های میدانی.

### مقدمه:

رشد روزافزون جمعیت و کمبود مواد غذایی از یک سو و نابودی بخش مهمی از منابع زیست محیطی کره زمین به دلیل استفاده بی‌رویه از سوی دیگر، لزوم تغییر نگرش جدی نسبت به مدیریت بخش کشاورزی در سطح جهانی را نمایان می‌سازد.

طبق آخرین گزارش سازمان ملل متحد، حدود ۸۰۰ میلیون نفر از جمعیت جهان دچار فقر غذایی هستند، شمار افراد قرار گرفته در زیر خط فقر (از نظر تأمین انرژی مورد نیاز روزانه‌ی بدن) روز به روز در حال افزایش است و این بدان معناست که حفظ نوع بشر در بلندمدت و نجات خیل عظیم انسان‌ها از خطر گرسنگی، نیازمند توجه ویژه متخصصان و سیاست‌مداران امروز جهان به توسعه پایدار و همه‌جانبه صنعت کشاورزی است. در این بخش، به بررسی کاربردهای فناوری نانو در علوم کشاورزی و صنایع غذایی پرداخته می‌شود تا به گوشه‌ای از کاربری فناوری نانو در شاخه‌های زراعت، اصلاح نباتات، گیاه‌پزشکی و آبیاری اشاره گردد و در ادامه، ضمن بررسی کاربرد فناوری نانو در حوزه‌های علوم دامی، صنایع غذایی و ماشین‌آلات کشاورزی، نگاهی اجمالی به وضعیت این علوم در کشورمان خواهیم داشت.

نانو ریشه یونانی «نانس» به معنی کوتوله می‌باشد. فناوری نانو موج چهارم انقلاب صنعتی، پدیده‌ای عظیم می‌باشد که در تمامی گرایش‌های علمی راه یافته است. ماهیت فناوری نانو توانایی کارکردن در تراز اتمی، مولکولی و فراتر از آن در ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، با هدف ساخت و دخل و تصرف در چگونگی آرایش اتم‌ها یا مولکول‌ها با استفاده از مواد، وسایل و سیستم‌هایی با توانایی‌های جدید و با تغییر این ساختارها و رسیدن به بازدهی بیش‌تر مواد می‌باشد. فناوری نانو فرآیند دستکاری مواد در مقیاس اتمی و تولید مواد و ابزار، به‌وسیله کنترل آنها در سطح اتم‌ها و مولکول‌هاست.

در واقع اگر همه مواد و سیستم‌ها ساختار زیربنایی خود را در مقیاس نانو ترتیب دهند؛ آن‌گاه تمام واکنش‌ها سریع‌تر و بهینه‌تر صورت می‌گیرد و توسعه پایدار پیش گرفته می‌شود. فناوری نانو منجر به تغییرات شگرف در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب خواهد شد و پساب و آلودگی را کاهش خواهد داد. نانو تکنولوژی قادر است که ابزارهای جدیدی را برای استفاده در بیولوژی مولکولی و سلولی و هم‌چنین تولید مواد جدید، برای شناسایی اجرام بیماری‌زا معرفی نماید و بنابراین چندین دیدگاه مختلف در نانو تکنولوژی وجود دارد که می‌تواند در علوم کشاورزی و صنایع غذایی، کاربرد داشته باشد. به‌عنوان مثال امنیت زیستی تولیدات کشاورزی و مواد غذایی، سیستم‌های آزادکننده دارو بر علیه بیماری‌های شایع، حفظ سلامتی و حمایت از محیط زیست از جمله کاربردهای این علم می‌باشد.

### علم نانو تکنولوژی چیست؟

انجمن ملی نوین‌پاد نانو تکنولوژی که یک نهاد دولتی در کشور آمریکا می‌باشد، واژه نانو تکنولوژی را چنین توصیف می‌کند: تحقیق و توسعه هدفمند، برای درک و دستکاری و اندازه‌گیری‌های مورد نیاز در سطح موادی با ابعاد در حد اتم، مولکول و سوپر مولکول‌ها را نانو تکنولوژی می‌گویند. این مفهوم با واحدهایی از یک تا صد نانومتر، همبستگی دارد. در این مقیاس خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی مواد تفاوت اساسی با یکدیگر دارند و

غالباً اعمال غیر قابل انتظار از آنها مشاهده می‌شود. در سیستم کشاورزی امروزی، اگر دامی مبتلا به یک بیماری خاص شود، می‌توان چند روز و حتی چند هفته یا چند ماه قبل علائم نامحسوس بیماری را شناسایی کرد و قبل از انتشار و مرگ و میر کل گله، دام‌دار را برای اخذ تصمیمات مدیریتی و پیش‌گیری کننده آگاه کند و بنابراین می‌توان نسبت به مقابله با آن بیماری اقدام نمود. نانوتکنولوژی به موضوعاتی در مقیاس هم‌اندازه با ویروس‌ها و سایر عوامل بیماری‌زا می‌پردازد و بنابراین پتانسیل بالایی را برای شناسایی و ریشه‌کنی عوامل بیماری‌زا دارد. نانوتکنولوژی امکان استفاده از سیستم‌های آزاد کننده دارویی را که بتواند به‌طور طولانی مدت فعال باقی بماند، فراهم می‌کند. به‌عنوان مثال استفاده از سیستم‌های آزاد کننده دارو، می‌تواند به ایمپلنت‌های ابداع شده مینیاتوری در حیوان اشاره کرد که نمونه‌های بزاقی را به‌طور مستمر کنترل می‌کنند و قبل از بروز علائم بالینی و تب، از طریق سیستم‌های هشدار دهنده و سنسورهای ویژه، می‌تواند احتمال وقوع بیماری را مشخص و سیستم خاص آزاد کننده داروی معینی را برای درمان موثر توصیه کنند. طراحی سیستم‌های آزاد کننده مواد دارویی، یک آرزو و رویای همیشگی محققان برای سیستم‌های رها کننده داروها، مواد مغذی و پروبیوتیک‌ها بوده و می‌باشد. نانوتکنولوژی به‌عنوان یک فناوری قدرتمند به ما اجازه می‌دهد که نگرشی در سطح مولکولی و اتمی داشته و قادر باشیم که ساختارهایی در ابعاد نانومتر را بیافرینیم. برای تعیین و شناسایی بسیار جزئی آلودگی‌های شیمیایی، ویروسی یا باکتریایی در کشاورزی و صنایع غذایی معمولاً از روش‌های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی استفاده می‌شود. در روش‌های اخیر نانوتکنولوژی برای استفاده توأم این روش‌ها، یک سنسور در مقیاس نانو طراحی کرده‌اند. در این سیستم جدید، مواد حاصل از متابولیسم و رشد باکتری‌ها با این سنسورها تعیین می‌گردند.

### نانو در ایران:

در ایران چند سالی است که تکنولوژی نانو به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تحقیقات زیر بنایی کشور مورد توجه قرار گرفته است. نظریه نانو حدود ۴۰ سال پیش در دنیا مطرح شد و با تلاش‌های اریک درکسلر در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ بسیار رشد یافت و به‌عنوان یک تکنولوژی نوین به بشر معرفی شد. در کشور ما نیز برای برخورداری از فناوری‌های نوین تلاش‌هایی صورت پذیرفته است. در چند سال اخیر برنامه‌ریزان کشور بنا بر اهمیت بسیار زیاد نانوتکنولوژی، سیاست‌های تشویقی خوبی را برای حمایت از تحقیقات در این بخش به کار برده‌اند. به نظر می‌رسد که محققان کشورمان پاسخ مناسبی به سرمایه‌گذاری دولت در بخش نانو تکنولوژی داده‌اند و رسیدن به اهداف برنامه دولت جمهوری اسلامی ایران که همانا قرار گرفتن کشور ایران در میان ۱۵ کشور برتر دنیا در زمینه نانو تکنولوژی است، روز به روز به واقعیت نزدیک می‌شود. جالب است بدانیم با پیشرفت‌های بسیار خوب ایران در نانو تکنولوژی به‌عنوان مرکز نانو تکنولوژی در جهان اسلام انتخاب شده است، چرا که ایران پیشرفته‌ترین کشور اسلامی در این علم است.

## کاربردهای فناوری نانو در شاخه‌های مختلف کشاورزی:

فناوری نانو هیچ زمینه علمی را به حال خود رها نکرده است. علوم کشاورزی نیز از این قاعده جدا نیستند. تا به حال کاربردهای متعددی از فناوری نانو در کشاورزی، صنایع غذایی و علوم دامی مطرح شده است. رابطه میان فناوری نانو و علوم کشاورزی در زمینه‌های زیر قابل بررسی است:

- نیاز به امنیت در کشاورزی و سیستم‌های تغذیه‌ای
- ایجاد سیستم‌های هوشمند برای پیش‌گیری و درمان بیماری‌های گیاهی
- خلق وسایل جدید برای پیشرفت در تحقیقات بیولوژی و سلولی

□ بازیافت ضایعات حاصل از محصولات کشاورزی از بین تدابیر موجود در مدیریت آفات کشاورزی استفاده از آفت‌کش‌ها و سموم سریع‌ترین و ارزان‌ترین روش برای واکنش به یک وضعیت اضطراری است. روش‌های کنترل زیستی در حال حاضر بسیار هزینه‌بر هستند. در این روش‌ها کنترل آفت از طریق یکی از دشمنان طبیعی آن آفت صورت می‌گیرد. امروزه مصرف بی‌رویه آفت‌کش‌ها مشکلات زیادی را ایجاد کرده‌اند. این مشکلات شامل اثرات سوء بر سلامت انسان (ایجاد مسمومیت‌های حاد یا بیماری‌های مزمن)، تأثیر این مواد بر حشرات گرده‌افشان و حیوانات اهلی مزارع و هم‌چنین ورود این مواد به آب و خاک و تأثیر مستقیم و غیرمستقیم آن در این نظام‌های زیستی است. مصرف بی‌رویه آفت‌کش‌ها محصولات کشاورزی را نیز به منبع ذخیره سم تبدیل می‌کند.

مهم‌ترین سؤال در زمینه استفاده از آفت‌کش‌ها این است که چقدر از این سموم استفاده کنیم؟

استفاده از داروهای (سموم) هوشمند در ابعاد نانو می‌تواند راه‌حل مناسبی باشد. این داروها که قابلیت حرکت در گیاه را دارند، در بسته‌هایی که حاوی نشانی خاصی هستند قرار می‌گیرند. برچسب نشانی، یک کد مولکولی است که روی بسته نصب شده و به بسته

اجازه می‌دهد که به بخشی از گیاه که مورد حمله عامل بیماری یا آفت قرار گرفته تحویل داده شود. این ناقلین در ابعاد نانو هم‌چنین دارای خودتنظیمی نیز هستند، به این معنی که دارو فقط به میزان لازم به بافت گیاهی تحویل داده می‌شود.

دقت در ردیابی بافت هدف و میزان اندک اما مؤثر دارو باعث می‌شود که استفاده از سموم در کشاورزی به حداقل برسد.

نانوحسگرهای زیستی در بسته‌های غذایی نیز وجود دارد که در صورت شروع فساد مواد غذایی می‌توانند هشداردهنده باشند.

از دیگر کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی ایجاد پلاستیک‌های جدید در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی است. در تولید این پلاستیک‌ها از فناوری نانوذرات استفاده شده است. اکسیژن مسئله‌سازترین عامل در بسته‌بندی مواد غذایی است، زیرا این عنصر باعث فساد چربی مواد غذایی و هم‌چنین تغییر رنگ آنها می‌شود. در این پلاستیک جدید نانوذرات به صورت زیگزاگ قرار گرفته‌اند و مانند سدی مانع از نفوذ اکسیژن می‌شوند. به بیان دیگر مسیری که گاز باید برای ورود به بسته طی کند طولانی می‌شود. به همین خاطر مواد غذایی در این بسته‌ها تازگی خود را بیش‌تر حفظ می‌کنند. با طولانی‌تر کردن مسیر حرکت مولکول‌های اکسیژن، مواد غذایی دیرتر فاسد می‌شوند.

فناوری نانو با استفاده از فرآیندهای طبیعی زیستی، شیمیایی و فیزیکی در بازیافت مواد باقی‌مانده از محصولات کشاورزی و تبدیل آنها به انرژی و یا مواد شیمیایی صنعتی نیز نقش دارد. به‌طور مثال از زمان برداشت پنبه تا تولید پارچه بیش از ۲۵٪ الیاف به ضایعات تبدیل می‌شوند. در دانشگاه کرنل در آمریکا روشی تحت عنوان «ریسندگی الکتریکی» ابداع شده که با استفاده از این روش از ضایعات پنبه محصولاتی مانند کلاف‌های پنبه و نخ البته با کیفیت پایین‌تر تولید می‌کنند. دانشمندان علوم پلیمر از این روش برای تولید نانوفیبرها از سلولز که ۹۰٪ الیاف پنبه



و دقیقی از یک آفت کش یا کود، با نانوذرات یا نانوکپسول‌ها برهم‌کنش داشته باشند. این کار می‌تواند منجر به کاهش هزینه و میزان پراکندگی این مواد شیمیایی در محیط‌های کشاورزی شود. چنین تراشه‌هایی می‌توانند در رساندن میزان مشخصی از داروهای واکسیناسیون و مواد درمانی دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرند.

از دیگر زمینه‌های جذاب که در فناوری نانو مطرح است می‌توان به استفاده از گیاهان در تولید مستقیم مواد اولیه در صنعت فناوری نانو اشاره نمود. از کاربردهای آنها می‌توان به افزایش ماندگاری غذا، تغییر خواص، افزایش ارزش غذایی و تغییر مزه اشاره نمود. در ادامه نگاهی دقیق‌تر به کاربردهای گسترده فناوری نانو در هریک از زیرشاخه‌های صنعت کشاورزی داریم.

## کاربردهای نانو در زراعت

### ۱- کشاورزی دقیق

به‌طور کلی کشاورزی دقیق یک نوع نگرش جدید در مدیریت مزرعه است. امروزه با استفاده از نانوحسگرها مشخص می‌شود که هر قسمت کوچک از مزرعه به چه میزان عناصر غذایی و سم نیاز دارد و بدین وسیله از آلودگی محیط زیست جلوگیری کرده، سلامت محصولات و افزایش بازده اقتصادی را ممکن می‌سازد. نانوحسگرها می‌توانند با کنترل دقیق و گزارش‌دهی به‌موقع نیازهای گیاهان به مرکز پردازش اطلاعات سیستم را در نگهداری محصولات یاری نماید.

### ۲- ایجاد گلخانه‌های کم‌هزینه‌تر با هدف صرفه جویی

در مصرف انرژی و دوام بیشتر در برابر رطوبت ساختارهای نانویی می‌توانند گلخانه‌هایی در حجم کم اما انبوه پدید آورند که تقریباً برابر با ۱۰ درصد کل مزارع زیر کشت موجود، می‌توانند جمعیت کنونی جهان را تغذیه نمایند. در این صورت میلیون‌ها هکتار از زمین‌های کشاورزی به محیط‌های طبیعی برای سکونت حیوانات در سراسر جهان باز گردانده می‌شوند.

را تشکیل می‌دهد، استفاده کرده‌اند و الیافی کمتر از ۱۰۰ نانومتر تولید کرده‌اند که ۱۰۰۰ بار کوچک‌تر از الیاف فعلی است.

یکی از کاربردهایی که برای این الیاف ریزسولوزی بیان شده جذب آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی از محیط برای جلوگیری از ورود آنها به اکوسیستم و رها کردن مجدد این مواد در محیط در مواقع مورد نیاز است. از دیگر محصولات فناوری نانو، نانوکاتالیزورها هستند که قابلیت تبدیل روغن‌های گیاهی به سوخت را جهت ایجاد منابع جدید انرژی دارند.

پیشرفت در زمینه علوم گیاهی، کشاورزی و صنایع غذایی رابطه مستقیمی با پیشرفت در تحقیقات زیست‌شناسی سلولی و مولکولی دارد. تولید ابزارهای جدید تحول شگرفی در تحقیقات سلولی و مولکولی ایجاد کرده است. امروزه میکروسکوپ‌هایی که قابلیت ایجاد مشاهده در مقیاس نانو را دارند، در توسعه علوم زیستی نقش مهمی را ایفا می‌کنند.

فناوری نانو به‌عنوان یک فناوری بین‌رشته‌ای و پیش‌تاز رفع مشکلات و کمبودها در بسیاری از عرصه‌های علمی و صنعتی، به‌خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات رسانیده است. فناوری نانو کاربردهای وسیعی در همه مراحل تولید، فراوری، نگهداری، بسته‌بندی و انتقال تولیدات کشاورزی دارد.

ورود فناوری نانو به صنعت کشاورزی و صنایع غذایی متضمن افزایش میزان تولیدات و کیفیت آنها، در کنار حفظ محیط زیست و منابع کره زمین است.

استفاده از فناوری نانو در صنعت کشاورزی، آینده روشنی در شکل‌گیری فرآیندهای کشاورزی و افزایش دقت در این کار، ترسیم نموده است؛ به‌عنوان مثال نانوحسگرهای پراکنده شده در یک مزرعه می‌توانند همه موارد مربوط به آن را، از مواد مقوی و میزان آب گرفته تا وجود بیماری‌ها، قارچ‌ها و آفت‌های دیگر، اندازه‌گیری کنند.

این حسگرها می‌توانند برای رساندن مقدار مشخص

### کاربردهای نانو در گیاه پزشکی

علم گیاه پزشکی نیز از پیشرفت‌هایی که فناوری نانو به ارمغان آورده است بی‌بهره نشده است. فناوری نانو می‌تواند علم گیاه پزشکی را دگرگون کند. دستاوردهای جدید ناشی از فناوری نانو مانند تیمار مولکولی بیماری‌ها، ردیابی سریع بیماری‌ها، افزایش توانمندی گیاهان برای جذب مواد غذایی همگی از عوامل تحول‌زا در بهبود کارایی علم گیاه پزشکی می‌باشند.

در حال حاضر بیماری‌های گیاهی از روی علائم مانند تغییر رنگ یا تغییر شکل اندام‌ها شناسایی می‌شوند ولی مسئله اینجاست که این علائم مدت‌ها پس از ورود عامل بیماری به بافت گیاه بروز پیدا می‌کنند به همین خاطر با سریع‌ترین اقدام‌ها برای جلوگیری از شیوع بیماری، باز هم مقداری از محصول از بین می‌رود، در نتیجه نیاز به ابزاری که به کمک آن بتوان در همان مراحل ابتدایی ورود عامل بیماری، آن را کنترل و مهار کرد بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

حسگرهای هوشمند و سیستم‌های حمل هوشمند به منظور ردیابی و مبارزه سریع و مفید با ویروس‌ها و سایر عوامل بیماری‌زا گیاهی به کار می‌روند. نانو حسگرهای زیستی، ابزارهایی هستند که از تلفیق ابزارهای شیمیایی، فیزیکی و زیستی به دست آمده‌اند. این حسگرها شامل ترکیبات زیستی مانند یک سلول، آنزیم و یا آنتی‌بادی متصل به یک مبدل انرژی هستند و قادرند که تغییرات ایجاد شده در مولکول‌های اطراف خود را گزارش دهند. این گزارش‌ها توسط سیگنال‌هایی که مبدل انرژی به تناسب با مقدار آلودگی تولید می‌کند دریافت می‌شوند. بنابراین اگر تجمع زیادی از عامل بیماری در اطراف این حسگرها وجود داشته باشد سیگنال‌های قوی فرستاده می‌شوند. ارزیابی حضور آلاینده‌ها در محیط توسط حسگرها در چند دقیقه میسر است اما با استفاده از روش‌های رایج حداقل ۴۸ ساعت زمان برای تشخیص نیاز است.

هم‌چنین تیمار مولکولی بیماری‌ها، ردیابی سریع بیماری‌ها، افزایش توانمندی گیاهان برای جذب مواد مورد نیاز با استفاده از این فناوری قابل دسترسی است.

### کاربردهای نانو در آبیاری مزارع کشاورزی:

استفاده از فناوری نانو برای تولید قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار و مقاوم به نفوذ ریشه، لوله‌های پلاستیکی تراوا و لوله‌های رسی، از مهم‌ترین دستاوردهای فناوری نانو در علم آبیاری می‌باشند.

## تولید محصولات نانویی

تاکنون محصولات مختلف نانویی در دنیا تولید شده و برخی از آنها به شکل تجاری در دسترس قرار گرفته است. از جمله کارهای صورت گرفته در نانو تکنولوژی سبز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: استفاده تایلند از این فناوری به منظور تولید نوع جدیدی از برنج (بی تفاوت نسبت به طول شب، پاکوتاه و معطر) و ابریشم (ضد آب و با قدرت جذب کمتر گرد و غبار) تولید نوعی نانوبرنج توسط شرکت نانورایس ایتالیا که ۲ برابر وزن خود آب جذب می‌کند. تولید نانو کودها و نانو سم‌ها در مقیاس آزمایشگاهی در ایران نیز موسسات مختلفی در این زمینه در حال کار می‌باشند که از این بین می‌توان به پژوهشکده مهندسی جهاد کشاورزی اشاره نمود که با محوریت

## جمع‌بندی و چشم‌انداز آینده فناوری نانو در کشاورزی:

علم نانو تکنولوژی افق جدیدی را برای استفاده هر چه بیش‌تر و بهتر بشر از موهبت‌های الهی فراهم کرده است. از این فناوری نه تنها از مواد موجود می‌توان بهره مناسب‌تری برد و در مقدار مصرف مواد و انرژی صرفه‌جویی کرد، بلکه استفاده‌های نوینی از طبیعت را برای بشر فراهم خواهد کرد.

از جمله کاربردهای نانو که در آینده ممکن است تحولات شگرفی در کشاورزی ایجاد کند، تأمین آب کشاورزی است. به‌عنوان مثال استفاده از نانو لوله‌ها برای تصفیه آب از آلاینده‌ها، شیرین‌سازی آب‌های شور و تأمین آب از رطوبت موجود در هوا از جمله مواردی است که جنبه تحقیقاتی آن شروع شده و امید است در آینده‌ای نزدیک به مرحله کاربرد برسد.

قرار دادن تولید نانو پودرها گام بلندی را در این زمینه برداشته است. مانند تولید پودر دی‌اکسیدتیتانیوم در ابعاد نانو جهت گندزدایی و نگهداری مواد غذایی و استفاده به‌عنوان فوتوکاتالیست و تصفیه آب و یا تولید نانو پودر طلا در مقیاس نانو جهت استفاده‌های بیولوژیک. از دیگر موسسات پیشگام در این زمینه می‌توان به مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی، مؤسسه گیاه‌پزشکی کشور، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع و پژوهشکده بیوتکنولوژی اشاره نمود. کاربردهای فناوری نانو در علوم کشاورزی و صنایع وابسته به آن گسترشی روزافزون دارد، که ادامه این روند در آینده‌ای نه چندان دور تولید و توزیع مواد غذایی سالم، ارزان و با کیفیت را برای استفاده همه ملل دنیا محقق خواهد کرد.

## محصولات کشاورزی تراریخته

سمی در برابر حشرات تولید می‌کند که برای حشرات از حشره‌کش‌های ارگانوفسفره ۸۰ هزار بار سمی‌تر است. تلاش‌هایی برای تولید آفت‌کش با کمک این باکتری‌ها انجام شد که موفقیت اقتصادی چندانی نداشت. راهکار دیگر وارد کردن ژن تولیدکننده این سم به درون سلول‌های گیاه است. نخستین بار در سال ۱۹۹۳ تلاش‌هایی در این راستا انجام شد. گیاهان تراریخته ذرت که توانایی تولید سم ضد حشره را در سلول‌های خود داشتند و گیاهان نرمال (بدون دستکاری ژنتیکی) را به‌صورت مصنوعی با لارو حشره آفت آلوده کردند، پس از گذشت شش هفته، تونل‌های حفاری شده توسط لارو حشره در گیاهان نرمال در حدود ۴۰ سانتی‌متر و در ذرت‌های تراریخته شش سانتی‌متر بود.

فرآیند انتقال ژن سبب ایجاد صفتی در گیاهان مورد آزمایش شده بود که به آنها در برابر حشرات آفت‌ایمنی می‌داد. مثال دیگر در این زمینه، گوجه‌فرنگی‌های تراریخته‌ای است که به‌واسطه تغییرات ژنتیکی و تغییر

گیاهان همواره در معرض خطر حمله آفات و بیماری‌ها قرار دارند و یکی از بزرگ‌ترین مشکلات را برای کشاورزی، حشرات ایجاد می‌کنند. برای کاهش خسارت ناشی از حشرات، باغ‌ها و مزرعه‌ها باید به‌صورت دائم سم‌پاشی شوند. بسیاری از این آفت‌کش‌ها غیراختصاصی عمل می‌کنند، یعنی علاوه بر حشره آفت، طیف وسیعی از حشرات دیگر را هم از بین می‌برند. علاوه بر این سموم مشکلات زیادی برای سلامتی انسان ایجاد می‌کنند.

بنابراین حشره‌کش ایده‌آل باید بتواند فقط بر حشره هدف اثر داشته باشد و نه سایر گونه‌های حشرات و حیوانات و هم‌چنین باید قابل تجزیه شدن در محیط باشد، تا بعد از برداشت محصول اثری از آن باقی نماند و در تمام قسمت‌های گیاه (ریشه، ساقه و برگ) موجود باشد، تا تمام این قسمت‌ها را مصون سازد.

نوعی باکتری خاکی وجود دارد که برای محافظت از خود در برابر حشراتی که از آن تغذیه می‌کند مکانیسم دفاعی اختصاصی دارد. این گونه باکتری نوعی پروتئین

ناشی از این دستکاری در آنزیمی که در فرآیند رسیدن میوه مؤثر است، دیرتر می‌رسند. این نوع گوجه‌فرنگی‌ها یکی از نخستین محصولات غذایی مهندسی شده‌ای بودند که اجازه فروش عمومی یافتند.

پس از لحاظ تکنیکی، دستکاری ژنتیکی می‌تواند گیاهانی تولید کند که به آفات و علف‌های هرز مقاوم‌تر باشند، عملکرد بیشتری داشته باشند، نسبت به انواع تنش‌های محیطی مانند خشکی و شوری مقاومت نشان دهند و کیفیت (مثلاً ویتامین‌ها و عناصر معدنی) بالاتری داشته باشند.

در سال ۲۰۱۴ مطالعه جامعی در مورد اثرات اقتصادی و کشاورزی محصولات تراریخته با توجه به تمام یافته‌های پژوهشی بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ انجام گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که محصولات زراعی مقاوم به آفت‌کش، هزینه تولید پایین‌تری دارند و گیاهان مقاوم به حشرات به علت گران‌تر بودن قیمت بذر، هزینه تولیدی تقریباً برابر با محصولات نرمال دارند. عملکرد دسته نخست در حدود ۹ درصد و در مورد دسته مقاوم به حشرات ۲۵ درصد افزایش نشان می‌دهد. محصولات کشاورزی تراریخته امکان کشاورزی ارگانیک را هم فراهم می‌کنند، چون پایه کشت ارگانیک عدم استفاده از کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی است و اگر محصولی خودمقاوم به حشره آفت باشد یا قدرت رشد بیشتر و در نتیجه رقابت قوی‌تری با علف هرز غالب مزرعه داشته باشد، نیاز به استفاده انواع سموم به خودی خود برطرف می‌شود. به هر حال علاوه بر تمام این جنبه‌های مثبت دستکاری ژنتیکی، نگرانی‌هایی هم در این مورد وجود دارد. از جمله آنها خطرات احتمالی فرار ژن‌ها از آزمایشگاه یا از پیکر گیاه و انتقال اتفاقی آنها به حشرات یا علف‌های هرز و ایجاد مقاومت در آنها یا مقاوم شدن باکتری‌ها در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها، اثرات احتمالی بر سلامت آدمی و هم‌چنین بحث‌های اخلاقی و غیره است.

گیاه تراریخته به گیاهی گفته می‌شود که ساختار ژنتیکی آن از طریق مهندسی ژنتیک تغییر یافته باشد.

این تغییر معمولاً جهت بهبود مقاومت گیاه به برخی آفات یا بیماری‌های گیاهی و برای بهبود عملکرد گیاه و بهره‌وری کشاورزی صورت می‌گیرد.

غالباً هدف از مهندسی ژنتیک در گیاهان انتقال یک یا چند ژن به گیاه می‌باشد که در صورت موفقیت یک ویژگی جدید به گیاه می‌بخشد. این ویژگی جدید معمولاً در گیاهان هم‌خانواده یافت نمی‌شود. به همین دلیل انتقال ژن یا ژن‌های عامل این ویژگی، که گاهی در گیاهان غیر هم‌خانواده یا حتی موجود زنده دیگر مانند یک گونه باکتری موجود می‌باشد، از طریق روش‌های متداول اصلاح نباتات محقق نخواهد شد. نمونه‌های استفاده از گیاهان تراریخته با صفتی چون مقاومت به یک آفت، بیماری یا خشکی را می‌توان در کشاورزی مدرن یافت. گیاهان تراریخته در صنعت داروسازی جهت تولید صنعتی برخی ترکیبات با کاربرد پزشکی نیز استفاده می‌شوند.

علی‌رغم فواید بسیار و به تبع آن علاقه‌مندان زیاد در بین محققین و کشاورزان، استفاده از گیاهان تراریخته منتقدینی دارد. این انتقادات براساس ملاحظات اکولوژیکی و اقتصادی می‌باشد، چرا که موجودات تراریخته غالباً به درخواست ابداع‌کنندگان آنها تحت قوانین مالکیت معنوی محافظت می‌شوند. این منتقدین هم‌چنین به بحث سلامت مواد غذایی تولید شده با گیاهان تراریخته می‌پردازند.

در ایران اولین محصول کشاورزی تراریخته رقمی از برنج است که در برابر کرم ساقه‌خوار برنج *Chilo suppressalis* مقاوم است. اگرچه تراریزش برنج چند سالی است که در ایران آغاز شده است، ولی به دلیل سرسخت بودن برنج به تراریزش که خود از دشوار بودن کشت بافت آن ناشی می‌شود، این رویکرد متوقف شده است و به بسیاری از ارقام برنج بومی ایرانی تعمیم نیافته است. در قیاس با کشورهای چون هند، چین و ژاپن، تاکنون تلاش‌های اندکی به منظور کشت بافت برخی از ارقام برنج بومی ایرانی صورت پذیرفته است، که این مهم مستلزم تلاش بیشتر محققین در



این زمینه می‌باشد.

منتقدان محصولات تراریخته معتقدند فعلاً در مورد تولید انبوه محصولات کشاورزی تراریخته صبر و تأمل شود، چرا که در آینده ممکن است دانش آن پیشرفت کند و زوایای پنهان این علم و تکنولوژی آشکار شود. محصولات تراریخته یا جانداران دستکاری شده ژنتیکی حاصل دستکاری ژنتیکی موجودات زنده اعم از گیاه و دام است. هدف از این دستکاری پاسخ به سیل مصرف حاصل از سبک زندگی سرمایه‌داری با طمع سودآوری بیش‌تر به دنبال تولید حداکثری با بهترین سر و شکل ظاهری فراورده است. از آنجا که علم بشر در حوزه مهندسی ژنتیک محدود است و از توانایی تأثیرگذاری و مدیریت همه خصوصیات فراورده نهایی برخوردار نیست و دقیقاً نمی‌داند حاصل پیوند ژنتیکی مثلاً ماهی و گوجه‌فرنگی یا ویروس و ذرت چه خواهد شد و لذا عاقبت مصرف‌کننده چنین فراورده‌ای اعم از دام یا انسان به بیماری‌های نامعلوم ختم می‌شود.

### مضرات محصولات تراریخته:

□ واکنش آلرژیک: دستکاری ژنتیکی باعث ایجاد پروتئین‌هایی در گیاه یا جانور جدید می‌شود که ممکن است برای بدن انسان به عنوان عامل بیگانه شناسایی شده و منجر به ایجاد واکنش آلرژیک شود.

□ نامناسب برای محیط زیست: بقایای این جانداران برای محیط زیست نامناسب است و تا مدت‌ها به صورت مخفی در طبیعت باقی می‌ماند.

□ کاهش تنوع زیستی: تغییرات ژنتیکی باعث آسیب به برخی ارگانیسم‌ها (مانند آفات و حشرات) در اکوسیستم می‌شود و از تنوع زیستی آنها می‌کاهد.

□ کاهش کارایی آنتی‌بیوتیک‌ها: به دلیل تغییرات ژنتیکی، این محصولات به ویروس‌ها و باکتری‌ها مقاوم می‌شوند؛ خاصیت آنتی‌بیوتیکی خود را در بدن اعمال می‌کنند و از کارایی آنتی‌بیوتیک‌های دارویی می‌کاهند.

□ طعم غیر متداول: به دلیل تغییر در ساختار این محصولات، طعم متفاوتی خواهند داشت.

□ نامناسب از جهت تغذیه‌ای برای انسان‌ها: این محصولات باعث ایجاد بیماری‌های جدید در انسان می‌شوند و در بسیاری از گونه‌های حیوانات مانند موش‌ها و پروانه‌ها باعث مرگ شده‌اند.

□ سلاح بیولوژیک: بسیاری از کشورها از این محصولات به عنوان سلاح بیولوژیک علیه دشمنان خود استفاده می‌کنند.

### فواید محصولات تراریخته:

□ تولید محصولات قوی‌تر: محصولات تراریخته در برابر بیماری‌ها مقاوم هستند.

□ محافظت محیط در برابر سموم: به دلیل این که محصولات تراریخته نیاز کم‌تری به سم دارند، بنابراین باعث محافظت محیط در برابر سم‌پاشی و آفت‌کش‌ها می‌شوند.

□ ماندگاری بیش‌تر محصولات: با تغییر در ساختار ژنی این محصولات، بدون نیاز به ماده اضافه‌ای، محصولات مدت زمان بیش‌تری با کیفیت باقی می‌مانند.

□ جنگل‌زدایی کمتر: با افزایش جمعیت دنیا، نیاز به تخریب جنگل‌ها بیشتر می‌شود، اما اگر غذای کافی برای این جمعیت فراهم شود نیازی به جنگل‌زدایی نیست.

□ کاهش گرم شدن زمین: در صورت دستکاری ژنتیکی، گیاهان می‌توانند دی‌اکسیدکربن بیش‌تری مصرف کرده و اکسیژن بیش‌تری را به اتمسفر برسانند که پدیده گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد و باعث کاهش گرم شدن زمین می‌شود.

□ کاهش قیمت غذا: اگر تولید محصولات زیاد شود، قیمت آنها کاهش می‌یابد.

□ تولید محصولات جدید: با دستکاری ژنتیکی محصولاتی به دست می‌آید که می‌توانند در هر محیطی رشد کنند. مثلاً تولید گوجه‌فرنگی در زمین نمکی.

□ مقاومت در برابر حشرات: این محصولات به دلیل مقاومت در برابر حشرات نیاز کم‌تری به حشره‌کش‌ها دارند.

## کاربرد انرژی هسته‌ای در کشاورزی:



فناوری هسته‌ای این امکان را فراهم می‌کند که کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی را افزایش داده و از بروز برخی مخاطرات، از جمله آفت‌زدگی و ایرادات ژنتیکی تا حدی جلوگیری کرده و مانع از آسیب به محیط زیست شد. کاربرد دانش هسته‌ای در بخش کشاورزی و منابع طبیعی به سال ۱۹۴۶ باز می‌گردد. در این سال سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO) ملل متحد با آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) پیمانی

را با هدف افزایش تولید محصولات کشاورزی منعقد کرد. سابقه کاربرد دانش هسته‌ای در تحقیقات کشاورزی در کشورهای پیشرفته به بیش از نیم قرن و در کشورهایی هم چون هند و پاکستان به ۳۰ سال پیش برمی‌گردد. در واقع با بهره‌گیری از فناوری هسته‌ای این امکان فراهم می‌شود که بتوانیم هم کیفیت محصولات تولیدی و هم میزان محصول را افزایش بدهیم، افزون بر این، بروز برخی مخاطرات در این عرصه از جمله آفت‌زدگی و ایرادات ژنتیکی نیز با استفاده از این فناوری به حداقل می‌رسد و هم‌چنین می‌توان مانع از آسیب به محیط زیست شد. به عنوان نمونه در بخش کوددهی به گیاهان و محصولات کشاورزی می‌توان با نشان‌دار کردن یک کود به چگونگی جذب آن پی برد، هم‌چنین ایجاد موتاسیون در ژن‌های گیاهان و ایجاد جهش‌های مفیدی که می‌تواند منجر به تولید محصولات مقاوم در برابر سرمازدگی، آفت‌زدگی، کم‌آبی و ... شود، از جمله دیگر کاربردهای انرژی هسته‌ای در عرصه کشاورزی است. افزون بر این، کنترل حشرات و آفات با پرتوهای هسته‌ای، جلوگیری از جوانه زدن برخی محصولات مانند پیاز و سیب‌زمینی با استفاده از اشعه گاما، افزایش طول عمر محصولات کشاورزی و امکان انبار کردن طولانی مدت محصولاتی مانند انواع میوه و ... نیز از دیگر مزایای قابل ذکر در این عرصه است.

### کاربردهای انرژی هسته‌ای در کشاورزی

در کشور ما نیز دانشمندان و کارشناسان جوان با درک ضرورت پیشرفت در علوم، تحقیقات در بخش کشاورزی هسته‌ای را با جدیت دنبال می‌کنند، به خصوص در مورد محصولات گندم، جو، خرما، پنبه و سویا تحقیقات مفیدی انجام شده است

اما به طور کلی تشعشعات هسته‌ای کاربردهای زیادی در کشاورزی دارند که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

□ جهش هسته‌ای ژن‌ها در کشاورزی (طرح بازدهی و جهش گیاهانی چون گندم، برنج و پنبه)

□ کنترل و از بین بردن حشرات با استفاده از تکنیک‌های خاص هسته‌ای

□ به تأخیر انداختن زمان رسیدن محصولات و انبار کردن میوه‌ها

□ جلوگیری از جوانه زدن سیب‌زمینی با استفاده از اشعه گاما

□ و ...

به طور کلی با استفاده از فناوری هسته‌ای در بخش کشاورزی پروسه‌های مختلفی در کشورمان و دنیا صورت

گرفته است که در اینجا به چند نمونه از کاربردهای فناوری هسته‌ای در کشاورزی اشاره می‌کنیم:

### ۱- تولید بذرهای مقاوم به شوری و سرما:

یکی دیگر از مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از انرژی هسته‌ای در کشاورزی تولید بذرهای مقاوم در برابر شوری، تولید بذرهای مقاوم در برابر سرما و تولید بذرهایی مناسب برای مناطق خشک است. با استفاده از تکنیک‌های جهش ژنتیکی است، تنوع زیادی در جمعیت گیاهی ایجاد شده و از بین آنها صفت مورد نظر مثلاً مقاومت به شوری یا مقاومت به سرما را بر اثر پرتو، تاب‌ی پیدا می‌کنیم، آنها را پرورش می‌دهیم و بهبود می‌بخشیم تا آن صفت در آن گیاه تثبیت شود.

با پرتودهی بذرهای آنها را در برابر آب و خاک شور و مناطق سرد مقاوم کرد و از این طریق در مناطق کویری هم می‌توان گیاهان مقاوم را کاشت و بارور کرد. در این روش با استفاده از پرتودهی گاما ویژگی مقاومت به شوری یا سرما در گیاهان ایجاد می‌شود.

### ۲- تولید میوه‌های بدون هسته:

در این روش به عنوان نمونه با استفاده از روش پرتوتابی گاما به بذر مرکبات یا میوه‌های هسته‌دار، می‌توان با اصلاح ژنتیکی میوه‌های با هسته کوچک یا بی‌هسته تولید کرد که علاوه بر خوش خوراک بودن می‌تواند در جذب بازارهای بین‌المللی و ارتقای کیفیت محصول مرکبات و میوه‌های هسته‌دار موثر باشد. بدین جهت مراکز تحقیقاتی جهاد کشاورزی بیش‌ترین تعامل را با مرکز هسته‌ای دارد و پروژه‌های مشترکی را به اجرا می‌گذارد؛ از جمله با همکاری مرکز تحقیقات مرکبات کشور در تنکابن پرتقال و نارنگی کم هسته تولید شد که محصولی بازارپسند است.



### ۳- افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی:

با استفاده از پرتودهی گاما و افزایش عمر ماندگاری محصولات باغی به‌ویژه مرکبات می‌توان ضایعات میوه را کاهش داد و زمان بیش‌تری برای بازاریابی و صادرات این محصولات به بازارهای بین‌المللی برای تولیدکنندگان و صادرکنندگان فراهم کرد. حفظ طعم و تازگی میوه‌ها به‌ویژه مرکبات نیز از دیگر مزایای کاربرد انرژی هسته‌ای در کشاورزی است. جوانه‌زدن محصولات کشاورزی در هر سال خسارات زیادی به کشاورزان وارد می‌کند. به تاخیر انداختن جوانه‌زدن

سیب‌زمینی و پیاز در انبارها و حفظ کیفیت این محصولات نیز از جمله طرح‌های تحقیقاتی است که کارشناسان بخش کشاورزی سازمان انرژی اتمی در دست مطالعه و اجرا دارند.

در این راستا پوسیدگی و از بین رفتن محصولات از جمله پیاز، سیر و سیب‌زمینی نیز در انبارها را در هر سال شاهدیم، اما با پرتوتابی فعالیت جوانه‌ها متوقف و مدت نگهداری در انبار بالا می‌رود که هم جلو خسارت‌ها را می‌گیرد و هم برای صادرات مناسب است.

#### ۴- کاربرد انرژی هسته‌ای در مبارزه با آفات محصولات کشاورزی:

امروزه در جهان به بهداشت محصولات غذایی اهمیت زیادی داده می‌شود. برای افزایش سلامت محصولات کشاورزی و کاهش مصرف سم و کود شیمیایی می‌توان از فناوری پرتودهی هسته‌ای برای آفت‌زدایی از محصولات بهره برد. استفاده از پرتودهی گاما در آفت‌زدایی از محصولات هیچ آسیبی به محصول نمی‌رساند، حال آن‌که استفاده از مواد شیمیایی و سموم در مبارزه با آفات و علاوه بر کاهش سلامت محصول سبب آلودگی محیط زیست و منابع آب و خاک می‌شود. به‌عنوان مثال در یکی از این روش‌ها با استفاده از انرژی هسته‌ای و پرتوتابی گاما، آفات را عقیم می‌کنند و با رهاسازی آفات و حشره‌های عقیم به مرور جمعیت آفات کاهش می‌یابد. این روش هم‌اکنون برای کنترل آفت کرم گلوگاه انار و بیماری میکروبی خرما که سبب ترشیدگی و شکرک این محصول می‌شود در سازمان انرژی اتمی در حال اجراست.

#### ۵- تولید گونه‌های پرمحصول و حفظ ذخایر ژنتیکی:

تولید گونه‌هایی از محصولات غذایی با حاصل‌خیزی بیش‌تر به‌منظور افزایش عملکرد محصول در واحد سطح و استفاده بهینه از منابع آب و خاک یکی از مهم‌ترین کاربردهای انرژی هسته‌ای است. در اینجا به جای این‌که سطح زیر کشت را افزایش دهیم می‌توانیم با استفاده از پرتودهی گاما گیاهان کم‌محصول را به گیاهان پرمحصول تبدیل کنیم. با استفاده از این روش میزان برداشت محصول گندم از ۱/۵ تن در هر هکتار به ۷ تن در هر هکتار افزایش یافته است. و یا با استفاده از فناوری هسته‌ای برای جلوگیری از افتادگی ساقه ذرت و گندم در اردبیل استفاده شده است و بدین ترتیب ساقه این گیاهان در منطقه اردبیل کوتاه‌تر و ضخیم‌تر شده و به این ترتیب ضایعات محصول کاهش و تولید

محصول در هر هکتار افزایش یافته است. افزون بر این با استفاده از انرژی هسته‌ای می‌توان با اصلاح و بهبود ارقام بومی این گونه‌ها را که میراث طبیعی یک کشور است حفظ و از اختلاط آنها با ارقام غیربومی و نابودی گونه‌های بومی جلوگیری کرد. انرژی هسته‌ای خدمات برجسته‌ای در زمینه‌های مختلف دارد که مهم‌ترین خدمت آن را می‌توان در بخش کشاورزی در نظر گرفت؛ افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به غذا، آب و حتی صادرات محصولات غذایی محتاج علمی است که بتواند به این نیازها پاسخ دهد. امروزه استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای در بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه متداول است و ایران نیز مانند خیلی از کشورهای در حال توسعه، تحقیقات هسته‌ای خود را دنبال می‌کند.

#### ۶- از بین بردن آفات و بیماری‌ها با انرژی هسته‌ای

از دیگر کاربردهای فناوری هسته‌ای، استفاده از آن در آفت‌زدایی و بالا بردن زمان نگهداری محصول است. همان‌طور که می‌دانیم کشاورزان برای از بین بردن آفات مزرعه اولین اقدامی که انجام می‌دهند استفاده از سموم شیمیایی و آفت‌کش‌های صنعتی است که اثرات نامطلوبی بر محیط زیست و محصولات تولید شده دارد، لیکن به کمک فناوری هسته‌ای و پرتوتابی در حد مناسب می‌توان آفات را از بین برد و محصول ارگانیک و عاری از هر گونه آلودگی تولید نمود. این در حالی است که امروزه در دنیا به بهداشت محصولات غذایی اهمیت فوق‌العاده زیادی می‌دهند. دست‌یابی به فناوری پرتودهی هسته‌ای و استفاده از آن در آفت‌زدایی و بالا بردن زمان نگهداری محصول بدون این‌که آسیبی به محصول برسد در بهبود اقتصاد کشور نقش مهمی دارد. در سال‌های گذشته از برخی مواد شیمیایی و سموم تدریجی یا گازی برای ضدعفونی کردن محصولات کشاورزی و مواد غذایی صادراتی استفاده می‌شد که هم عوارض بر محصول و



## ۷- اصلاح ژنتیک:

اصلاح نباتات از جمله موضوعاتی است که همواره مورد توجه کارشناسان علوم کشاورزی بوده است. تنوع گیاهان ابزار اولیه مورد نیاز اصلاح نباتات است و برای این که بخواهیم از نظر عملکرد، مطلوبیت و خصوصیات کیفی انتخاب کنیم، از بین این تنوع، بهترین‌ها را انتخاب و به عنوان بذر یا گیاه منتخب برای کشت مورد استفاده قرار می‌دهیم، اما گاهی این تنوع برای یک صنعت مورد نظر در گیاهان وجود ندارد که آن وقت تنها راه ممکن برای دستیابی به تنوع جدید و بالا بردن ذخیره ژنتیکی استفاده از انرژی هسته‌ای است. طی کردن مسیرهای اصلاح نباتات با هدف داشتن گیاه با عملکرد بالا، گیاهان مقاوم به بیماری و آفت و مقاوم به تنش‌های محیطی مثل خشکی، شوری و سردی از طریق پرتودهی و اعمال تیمارها به وسیله فرآیندهای انرژی هسته‌ای انجام می‌شود.

برتری انرژی هسته‌ای در ایجاد تغییرات ژنتیکی نسبت به روش‌های قبل در بررسی محصولات تراریخته مشخص می‌شود. همان طور که می‌دانیم در محصولات تراریخته «ترانس ژنیک» ژن موجودی به موجود دیگر انتقال می‌یابد که ماهیتاً متعلق به خود او نیست لذا با توجه به اینکه آن ژن در ساختار طبیعی آن نبود ممکن است برای متابولیسم بدن افراد سازگار نباشد و عوارض منفی در پی داشته باشد. برای مثال در برنج تراریخته وقتی کرم ساقه خوار برنج از ساقه برنج تغذیه می‌کرد از بین می‌رفت، هرچند معتقد بودند که این مواد در اندام رویشی گیاه باقی می‌ماند و به اندام زایشی یا دانه‌ها منتقل نمی‌شود. اما در موتاسیون به روش استفاده از تکنیک‌های هسته‌ای از بیرون چیزی به گیاه اضافه نمی‌شود و با پرتوتاب فقط ساختار ژنتیکی دست‌خوش یک سری تغییرات می‌شود.

جو به روش استفاده از مواد جهش‌زا اصلاح گردیده و متحمل نسبت به سرما و افزایش عملکرد نسبت به مواد مشابه در مناطق سرد می‌باشد. هم چنین پنبه از طریق

مصرف کننده داشت و هم برای محیط زیست مناسب نبود. اکنون ما می‌توانیم از تکنیک پرتوتابی با یک «دز» مشخص و مناسب تخم «لارو» یا حشره‌ای در توده بذر یا مواد غذایی را از بین ببریم و محصول عاری از هر گونه آلودگی را به روش غیرشیمیایی روانه بازار کنیم این روش اکنون جایگاه خودش را در صنایع غذایی دنیا باز کرده است. این در حالی است که هر سال حدود ۷۰۰ هزار تن خرمای کشور به دلیل فراهم نبودن شرایط نگهداری آسیب جدی می‌بیند. هم چنین می‌توان به خسارت‌های زیادی که هر ساله آفت کرم گلوگاه انار به باغ‌داران وارد می‌کند اشاره کرد. کرم گلوگاه انار از طریق تاج وارد انار شده، تخم‌گذاری می‌کند و «لارو» آن در داخل انار به وسیله سم‌پاشی از بین نمی‌رود. در بخش کنترل آفات مرکز تحقیقات کشاورزی وابسته به سازمان انرژی اتمی، از طریق تکنیک عقیم‌سازی حشرات که در آژانس انرژی اتمی «SIT» شناخته می‌شود، حشره پرورش و تکثیر می‌شود و تخم‌گذاری می‌کند و بعد با پرتوتابی به تخم یا شفیره حشره بدون آن که در رفتار فیزیولوژی آنها تغییری حاصل شود، آنها عقیم و سپس در طبیعت رها می‌شوند و با حشرات دیگر جفت‌گیری می‌کنند، اما نسلی نخواهند داشت، بدین ترتیب بعد از چند سال این آفت کنترل خواهد شد. این نوع مبارزه با آفت از نظر کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست بسیار مورد توجه می‌باشد.

در پژوهش‌های کشاورزی، با پرتودهی نوعی مگس آفت نر، را عقیم می‌کنند.



موتاسیون، مقاومت آن نسبت به بیماری‌های قارچی ورتیسیلوز افزایش یافته و خواص کیفی آن به‌عنوان محصول صنعتی بهبود یافته است.

بذر نهال گیاهان شورپسند برای مناطق کویری که دارای آب و خاک شور هستند نیز از طریق اصلاح ژنتیک به‌روش تکنیک هسته‌ای تولید شده است که استفاده از این گیاهان باعث جلوگیری از افزایش بیابانی شدن اراضی و هم‌چنین جلوگیری از فرسایش خاک در مناطق ایران می‌شود.

#### ۸- تقویت صفات زودرس و دیررس

با توجه به این که هر صفتی در گیاهان در کنترل یک ژن می‌باشد، هر کدام از صفات‌های ارتفاع، رنگ، تعداد گل، زودرسی، دیررسی در کنترل یک ژن قرار دارند که می‌توان در بخش کشاورزی هسته‌ای هر کدام از این صفات را پرورش داد. تحقیقات انجام شده در این زمینه بر روی زودرسی گندم و برنج و دیررسی نارنگی انجام شده که هر کدام فواید خاص خودش را دارد. مثلاً دیررسی مرکبات باعث تداوم بازار و تثبیت قیمت و وجود این میوه در زمان بیش‌تری از سال می‌شود که از نظر اقتصادی، هم برای باغ‌دار و هم مصرف‌کننده مقرون به‌صرفه است. هم‌چنین تحقیقاتی نیز بر روی پیازهای زعفران به‌منظور بالا بردن کیفیت و افزایش گل در حال انجام است. با تکنیک هسته‌ای می‌توان بذر را پرمحصول کرد که این امر در کشور خودمان اتفاق افتاده و با استفاده از همین تکنیک به جای برداشت ۳۰ تن گوجه‌فرنگی از یک هکتار، ۵۰ تن تولید کردیم

و این در حالی است که مصرف آب و مصرف کود هم به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرد.

#### ۹- پرورش طیور:

عمل‌آوری مواد خوراکی از طریق پرتوتابی، فرآیندی است که در آن مواد خوراکی در بازه زمانی معین در معرض تابش پرتوهای پرانرژی و یون‌ساز با دز مشخص قرار می‌گیرند. پرتوهای گاما، الکترون و ایکس و هم‌چنین پرتوهای ماوراءبنفش، مادون قرمز و مایکروویو عمده پرتوهای مورد استفاده در عمل‌آوری مواد خوراکی دام و طیور هستند. در پژوهش‌های علوم دامی از این پرتوها برای افزایش کیفیت پروتئین، بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و کاهش یا حذف آلودگی‌های میکروبی خوراک دام و طیور استفاده شده است.

#### افزایش سرعت تحقیقات:

برخی تحقیقات کشاورزی برای رسیدن به نتیجه مطلوب زمان زیادی طلب می‌کند درحالی‌که با استفاده از فناوری هسته‌ای این زمان به نصف کاهش می‌یابد. برای بررسی یک بذر تا رسیدن به نتیجه مطلوب در تحقیقات معمولی اگر ده سال زمان نیاز باشد در تحقیقات هسته‌ای به ۵ سال کاهش می‌یابد. در روش معمولی برای تولید بذر اصلاح شده مثلاً گندم که مقاوم به خشکی یا شوری باشد به حداقل ۱۴ سال زمان نیاز است درحالی‌که با استفاده از فناوری هسته‌ای با پرتوهای گاما می‌توان در مدت ۵ تا ۶ سال بذر اصلاح شده گندم را تولید کرد.

## جدول ارزشیابی پودمان

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
تحلیل فناوری‌های نوین و حسگرها	۱- تحلیل فناوری‌های حال و آینده کشاورزی  ۲- تحلیل ابر جاذب‌ها	تحلیل فناوری‌های حال و آینده کشاورزی - خواص سوپر جاذب کشاورزی - نقش هیدروژل‌های ابر جاذب در کشاورزی - تولید محصولات نانویی - کاربرد انرژی هسته‌ای در کشاورزی	بالاتر از حد انتظار	تحلیل روزآوری فناوری‌های حال و آینده کشاورزی - خواص سوپر جاذب کشاورزی - نقش هیدروژل‌های ابر جاذب در کشاورزی	۳
	در حد انتظار		تحلیل فناوری‌های حال و آینده کشاورزی - خواص سوپر جاذب کشاورزی - نقش هیدروژل‌های ابر جاذب در کشاورزی	۲	
	پایین‌تر از انتظار		تحلیل نادرست فناوری‌های حال و آینده کشاورزی - خواص سوپر جاذب کشاورزی - نقش هیدروژل‌های ابر جاذب در کشاورزی	۱	
	نمره مستمر از ۵				
	نمره شایستگی پودمان از ۳				
	نمره پودمان از ۲۰				

