

سنة الفجر

# نانوحسگرها و پایش خاک به منظور

## بهبود شرایط رشد گیاه

مرکز تحقیقات کاربردی نهاده‌های کشاورزی

گردآوری: بابک نهری نیک نفس

کارشناس ارشد شیمی

پاییز ۱۳۹۸

Email: [babaknnn@yahoo.com](mailto:babaknnn@yahoo.com)

## خلاصه :

فناوری نانو می‌تواند در محیط رشد گیاه تغییراتی را ایجاد کند که منجر به افزایش رشد و عملکرد شود. به همین دلیل از این فناوری در جهت بهبود باروری و حاصلخیزی خاک و همچنین کنترل آلودگی‌های زیستی و غیرزیستی استفاده شده است. خاک از منابع اصلی برای تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود و حفظ حاصلخیزی و باروری آن اهمیت زیادی دارد. در مدیریت مزرعه باید شرایطی را فراهم کرد که بهترین شرایط برای رشد گیاه تأمین شود. یکی از ابزارهای مهم برای بررسی شرایط رشد و ردیابی سریع تغییرات آن، نانوحسگرها هستند. این نانوحسگرها که قادر به ردیابی و کنترل شرایط خاک و رشد گیاه هستند، در سرتاسر مزرعه پراکنده می‌شوند و شرایط حاکم بر محیط رشد را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. همچنین حسگرها نقش عمده‌ای در تعیین میزان دما، مواد محلول در آب، شناسایی پاتوژن (بیماری زا) و فلزات سنگین ایفا می‌کنند. این حسگرها دقت و واکنش‌پذیری بسیار بالایی دارند و تغییرات فیزیکی یا شیمیایی را اندازه‌گیری کرده و آن را به پیام‌های الکتریکی تبدیل می‌کنند. این امر موجب تسهیل در اتخاذ اقدامات اصلاحی مناسب و به موقع در خاک و آب می‌شود.

## مقدمه:

نانوفناوری به عنوان یک فناوری کاربردی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته و کاربردهای متفاوتی در حوزه‌های مختلف دارد. فناوری نانو با ایجاد تغییرات در سطح اتم و مولکول سبب افزایش امیدها جهت بهره‌وری سیستم‌های کشاورزی شده است. به کمک این فناوری می‌توان در محیط رشد گیاهان تغییراتی را ایجاد کرد که منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاهان شود. به همین دلیل از این فناوری در جهت بهبود حاصلخیزی خاک و همچنین کنترل آلودگی‌های زیستی و غیرزیستی مزارع و محیط زیست استفاده شده است. به عنوان مثال تلاش‌های گسترده‌ای در زمینه افزایش بهره‌وری کودهای مصرفی با بهره‌گیری از نانو رس‌ها، زئولیت‌های نانومتخلخل و همچنین احیای مجدد حاصلخیزی خاک به وسیله آزادسازی عناصر غذایی تثبیت شده، صورت پذیرفته است. همچنین برای کاهش آلودگی‌ها، میزان نیاز گیاهان به نهاده‌ها در کشاورزی دقیق تعیین شده و با بهره‌گیری از نانوحسگرهای زیستی، مقادیر مورد نیاز در زمان و مکان مناسب توزیع می‌شود. بنابراین فناوری نانو می‌تواند خصوصیات مطلوب را چندین برابر کرده و خصوصیات نامطلوب را حذف کند به طوری که محصول نهایی تولید شده با این روش دارای خصوصیات منحصر به فردی خواهد بود. حسگرهای کوچک و سیستم‌های کنترل و پایش که با کمک فناوری نانو ساخته شده‌اند، می‌توانند تأثیر مهمی بر این موضوع داشته باشند (۱ و ۲).

## ویژگی‌های خاک مطلوب:

خاک از منابع اصلی برای تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود و حفظ حاصلخیزی آن اهمیت زیادی دارد. برای ایجاد یک بستر مناسب باید میزان عناصر غذایی و رطوبت خاک در حد مطلوب باشد و میزان مواد آلاینده آن (فلزات سنگین، سموم و باقیمانده کودها) کاهش یابد. بنابراین مدیریت و اصلاح خاک و همچنین تأمین آب مورد نیاز در ایجاد شرایط رشد مناسب و افزایش عملکرد اهمیت بسزایی دارند. بنابراین بستر کشت مناسب باید ویژگی‌هایی داشته باشد تا بهترین شرایط برای رشد گیاه فراهم شود. خاک مناسب و سالم بایستی ویژگی‌های زیر را داشته باشد (۳):

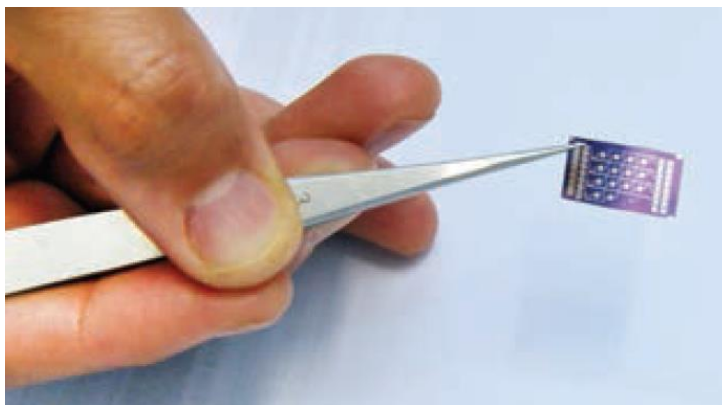
- عمق کافی برای گسترش ریشه
- عناصر غذایی کافی: حضور بیش از حد عناصر باعث ایجاد سمیت و تداخل جذب سایر عناصر در محیط کشت می‌شود. میزان عناصر غذایی خاک باید در حد مناسب باشد تا بتواند به خوبی در اختیار گیاه قرار بگیرد.
- جمعیت کم پاتوژن‌های گیاهی و آفات
- زهکشی مناسب خاک
- حضور جمعیت زیاد موجودات مفید (میکروارگانسیم)
- وجود کم علف‌های هرز (برای جلوگیری از اثر رقابتی با گیاه اصلی)
- عدم وجود سموم و مواد شیمیایی مضر در خاک

## اصلاح خاک بر پایه فناوری نانو:

عدم مدیریت صحیح خاک، استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی، سوزاندن بقایای گیاهی و آبیاری با آب‌های آلوده سبب کاهش کیفیت و حاصلخیزی و افزایش آلودگی خاک‌ها شده است. در مدیریت مزرعه باید شرایطی را فراهم کرد که بهترین شرایط برای رشد گیاه تأمین شود. به همین دلیل از ابزارها و عوامل مختلفی می‌توان استفاده کرد تا بهترین شرایط رشد فراهم شود. استفاده از اصلاح‌کننده‌هایی همچون اصلاح‌کننده‌های ساخته شده بر پایه فناوری نانو، می‌توانند شرایط را بهبود و روند تخریب خاک را کندتر کنند. نانو زئولیت، نانوبیوچار و نانوهیدروژل از جمله اصلاح‌کننده‌های خاک به شمار می‌روند. ایجاد فضایی متخلخل و افزایش تهویه خاک، قابلیت جذب بالای آب و افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک، قابلیت جذب فلزات سنگین و پالایش خاک‌های آلوده (جذب انواع آلاینده‌های آلی، معدنی و زباله‌های صنعتی)، ذخیره کربن در خاک و افزایش درصد مواد آلی خاک، قابلیت ذخیره مواد غذایی و رهاسازی تدریجی آن از مزایای استفاده از اصلاح‌کننده‌های نانویی است.

## نانوحسگر:

نانوحسگرها ابزارهایی با ابعاد نانومتری هستند که تغییرات فیزیکی یا شیمیایی را اندازه‌گیری کرده و آن را به پیام‌های قابل شناسایی بویژه پیام‌های الکتریکی تبدیل می‌کنند (شکل ۱). این حسگرها دقت و واکنش‌پذیری بسیار بالایی دارند و می‌توانند محرک‌های بیرونی را شناسایی کرده و به آن‌ها پاسخ دهند. بنابراین نانوحسگرها تحت شرایط خاص از خود واکنش‌های پیش‌بینی شده‌ای را نشان می‌دهند (۴).



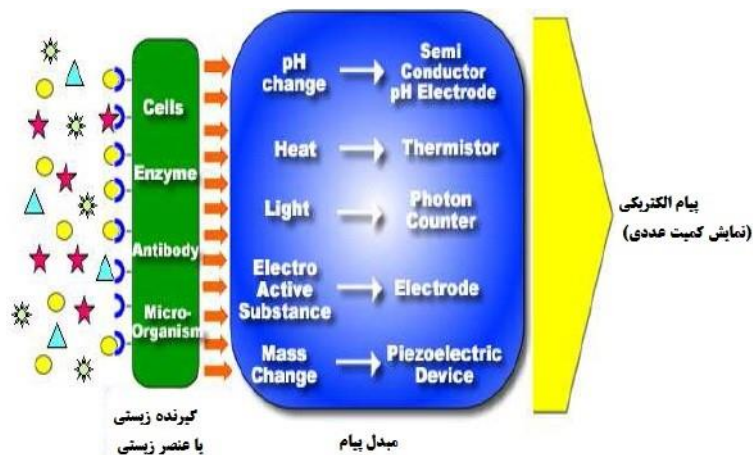
شکل ۱- نانوحسگر و ابعاد کوچک آن

## روش تهیه نانوحسگر:

نانوحسگرها از عناصر حسگری در مقیاس نانو استفاده می‌کنند که حساسیت این نوع از نانومواد به حد کافی بالا است. همچنین موادی که نانوحسگرها از آن‌ها ساخته می‌شوند بایستی دوام و استحکام بالا و خواص الکتریکی خوبی داشته باشند. با پیشرفت علم در دنیا و پیدایش تجهیزات الکترونیکی و تحولات عظیمی که در چند دهه اخیر و در خلال قرن بیستم به وقوع پیوست، نیاز به ساخت حسگرهای دقیق‌تر، کوچک‌تر و دارای قابلیت‌های بیشتر احساس شد. در حال حاضر چند راه برای تولید نانوحسگرها وجود دارد. لیتوگرافی به عنوان شیوه‌ای بالا به پایین در اکثر مدارهای مجتمع به کار می‌رود. این روش شامل شروع از یک بلوک بزرگ‌تر از برخی مواد و کنده‌کاری کردن و ایجاد شکل مورد نظر است. روش دیگر برای تولید نانوحسگر روش‌های از پایین به بالاست که شامل مونتاژ حسگر از اجزای کوچک‌تر، به احتمال زیاد اتم‌ها و مولکول‌ها است. روش سوم شامل استفاده از نانوساختارهای خاص است که بتوان به‌عنوان حسگر استفاده کرد. یکی از مواد مورد استفاده در ساخت حسگرها، نانولوله‌ها خواهند بود. با نانولوله‌ها می‌توان، هم حسگر شیمیایی و هم حسگر مکانیکی ساخت. به خاطر کوچک و نانومتری بودن ابعاد این حسگرها، دقت و واکنش آن‌ها بسیار زیاد خواهد بود، به گونه‌ای که حتی به چند اتم از یک گاز نیز واکنش نشان خواهند داد (۵ و ۶).

## نانوحسگر زیستی و اجزای آن:

طراحی حسگرهای زیستی در زمینه‌های مختلف علوم زیست‌شناسی، پزشکی و کشاورزی در دو دهه گذشته گسترش چشم‌گیری داشته است. نانوحسگرهای زیستی معمولاً الکترودهای بسیار کوچکی در اندازه نانومتری و ابعاد سلولی هستند که از طریق تثبیت عناصر زیستی خاصی روی سطح آن‌ها، نسبت به تشخیص گونه‌های شیمیایی یا زیستی مورد نظر در سلول‌ها حساس شده‌اند. به طور معمول نانوحسگرهای زیستی از سه جزء تشکیل می‌شوند (شکل ۲) (۴ و ۵):



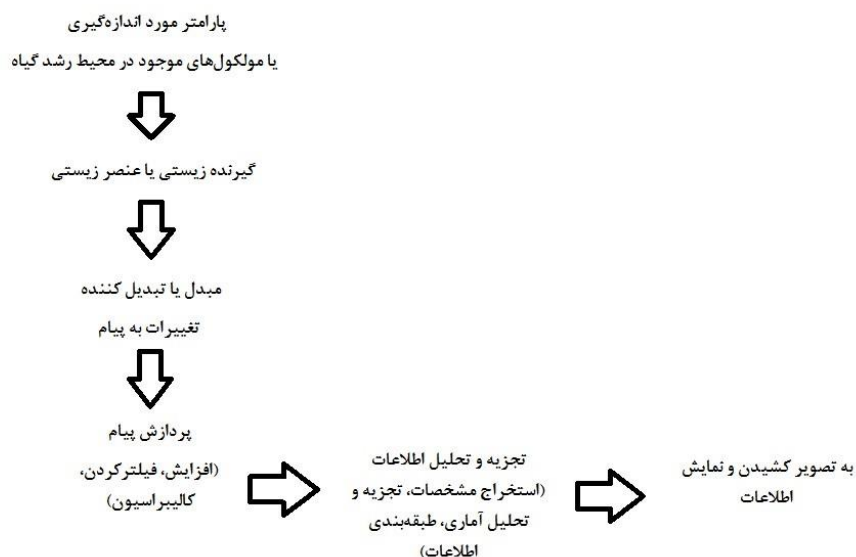
شکل ۲- اجزای اصلی تشکیل دهنده نانوحسگر زیستی

۱- **گیرنده زیستی یا عنصر زیستی**: حسگر زیستی از یک جزء زیستی تشکیل شده که می‌تواند به صورت انتخابی تنها با ماده‌ای خاصی واکنش دهد. عنصر زیستی می‌تواند سلول کامل، گیرنده‌های سلولی، آنزیم، آنتی‌بادی، میکروارگانیسم، اسیدنوکلئیک DNA و RNA و بافت باشد. بنابراین گیرنده‌های زیستی مذکور به صورت گزینشی با مولکول‌های دیگر ارتباط برقرار می‌کنند و تغییراتی (پیام) ایجاد می‌شود (شکل ۳). برای تثبیت عناصر زیستی بر روی مبدل‌ها از روش‌های متفاوتی نظیر جذب سطحی، ریزپوشینه سازی، محبوس سازی، پیوند عرضی و پیوند کووالانسی استفاده می‌شود (۴ و ۵).

۲- **مبدل**: پیام‌های ایجاد شده در اثر اتصال اختصاصی مولکول‌ها با گیرنده‌های زیستی، به وسیله یک مبدل شناسایی شده و شدت آن به یک کمیت عددی تبدیل می‌شود. به عبارت دیگر مبدل، تغییرات فیزیکی یا شیمیایی (مانند تغییرات pH، انتقال الکترون، انتقال حرارت، جذب یا آزاد کردن گازها) را به یک پیام قابل اندازه‌گیری تبدیل می‌کند (شکل ۳). مبدل‌های نوری، الکتروشیمیایی، پیزوالکتریک و ترمومتری از رایج‌ترین مبدل‌های به کار رفته در بیوحسگرها هستند. مهمترین بخش در عملکرد نانوحسگرها، تولید پیام

الکترونیک متناسب با بزرگی و فراوانی غلظت مولکول‌هایی است که به عنصر زیستی حسگر متصل می‌شوند (۴ و ۵).

۳- پردازشگر و آشکارساز: در نهایت پیام‌های تولید شده از مبدل به پردازشگر منتقل می‌شود و تقویت، تجزیه و تحلیل و تبدیل آن‌ها به واحد غلظت به وسیله آشکارساز انجام می‌گیرد (شکل ۳) (۴ و ۵).



شکل ۳- فرآیند تبدیل تغییرات محیطی به پیام الکترونیک به وسیله نانوحسگرهای زیستی

### انواع نانوحسگرهای زیستی:

براساس مبدل به کار رفته در حسگر زیستی و روش انتقال پیام، نانوحسگرهای زیستی به گروه‌های متفاوتی تقسیم می‌شوند که عبارتند از (۴ و ۵):

- نانوحسگر نوری (Optical)
- نانوحسگر الکتروشیمیایی (Electrochemical)
- نانوحسگر پیزوالکتریک (Piezoelectric)
- نانوحسگر گرمایی یا حرارتی (Thermometric)
- نانوحسگر میکرومکانیکی (Micromechanical)
- نانوحسگر مغناطیسی (Magnetic)
- نانوحسگر زیست تاب (Bioluminescent)
- نانوحسگر شیمی تاب (Chemiluminescence)

## نتیجه گیری:

نانوحسگرها برای بهبود شرایط رشد گیاه در خاک کاربردهای متنوعی دارند که می‌توان به این موارد اشاره کرد: پایش میزان درجه حرارت خاک، کنترل و پایش میزان رطوبت خاک، مشاهده و پایش شرایط کشت و نمایش دوره‌ای میزان مواد مغذی، تشخیص میزان آلودگی خاک، تشخیص میزان هورمون‌های رشد گیاهی.

یکی از نقش‌های اصلی دستگاه‌های ارتقا یافته به وسیله فناوری نانو و به ویژه نانوحسگرهای خودکار، ردیابی سریع تغییرات است. این نانوحسگرها که قادر به ردیابی و کنترل شرایط خاک و رشد گیاه هستند، در سرتاسر مزرعه پراکنده می‌شوند و شرایط حاکم بر محیط رشد را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. نانوحسگرها، آزمایشگاه‌های کوچکی هستند که قابلیت کنترل و تنظیم دقیق تغییرات زودگذر و فصلی رخ داده در سیستم خاک - گیاه را برخوردار هستند. با به کارگیری نانوحسگرها می‌توان وضعیت غذایی، رطوبتی و فیزیولوژیکی گیاه را تعیین کرد که این امر موجب تسهیل در اتخاذ اقدامات اصلاحی مناسب و به موقع در خاک می‌شود. به عبارت دیگر با بررسی شرایط گیاه می‌توان حاصلخیزی خاک را بهبود بخشید. یکی از مهم‌ترین اهداف کشاورزی دقیق مدیریت صحیح عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه است و در این راستا با استفاده از نانوحسگرها می‌توان با دقت بسیار زیاد اقدام به تعیین میزان عناصر غذایی و آب در دسترس گیاه کرد.

## منابع و مراجع:

۱- احسان خوش کلام، ملیحه طالبی اتوئی، میثم بخشی گنجه، فتح ا... احمدی گل، محمد مفتاحی، "فناوری نانو و توسعه آن در کشاورزی"، مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو، شماره ۴۵، صفحه ۱۱، (۱۳۹۴).

۲- محمدرضا نادری، اصغر عابدی، "کاربرد فناوری نانو در کشاورزی و پالایش آلاینده‌های زیست محیطی"، ماهنامه فناوری نانو، سال یازدهم، شماره ۱، پیاپی ۱۷۴، صفحه ۱۹-۲۶، (۱۳۹۱).

3. Introduction to soils: Soil Quality, Produced by Ag Communications and Marketing.

4. Bagde, V. L. and Borkar, D. B. (2013). Biosensor: Use in Agriculture, International Journal of Scientific Research, 2(10): 2277 - 8179



5. Rana, J. S., Jindal, J., Beniwal, V., Chhokar, V. (2010). Utility Biosensors for applications in Agriculture – A Review, Journal of American Science, 6 (9): 353 – 375

6. <http://edu.nano.ir>

(برگرفته از سیستم جامع آموزش فناوری نانو: مقاله علی اکبر اسدی و امیر دارستانی)

فراهانی۔