

مبانی نانو تکنولوژی و استفاده از آن در کشاورزی

سخنی با خوانندگان گرامی:

هدف از تهیه و ارائه این مطلب تلاش کوچکی در راه گردش اطلاعات بصورت آزاد می باشد. در این راستا ارائه هر نوع پیشنهاد و انتقاد سازنده جنابعالی موجب کمال تشکر و سپاس خواهد بود.

گردآوری و تهیه:

محمد جواد ارده

۱۳۸۵

نشانی: بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، موسسه گیاه پزشکی ایران، اوین، تهران؛

Email: mjardeh@gmail.com

تلفن: ۵-۲۲۴۲۰۲۲۴

## فناوری نانو چیست؟

نانوتکنولوژی، فناوری است که از کنش‌ها و واکنش‌هایی که در سطح اتم اتفاق می‌افتد منشاء گرفته و فناوری جدیدیست که تمام علوم را در خواهد نوردید، به تعبیر دقیق‌تر "نانوتکنولوژی انقلابی جدید برای همه علوم در آینده است". این تکنولوژی قادر به بهبود روش‌های ارزیابی، مدیریت و کاهش خطرات برای محیط زیست بوده و فرصت‌های را برای تولید محصولات جدید فراهم خواهد ساخت. نانو تکنولوژی در واقع مهندسی در سطح اتم و یا گروهی از اتم‌ها می‌باشد. از همین تعریف ساده بر می‌آید که نانوتکنولوژی یک رشته جدید نیست، بلکه رویکرد جدیدی در تمام رشته‌هاست. بنابراین علم نانوتکنولوژی توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید برای در دست گرفتن کنترل در سطوح ملکولی و اتمی، با استفاده از خواصی که در آن سطوح ظاهر می‌شوند، را دارد (Andreta, et al. 2003).

البته باید در نظر داشت که ممکن است اصول و قواعد معمولی علم شیمی و فیزیک در سطوح فوق، به دو دلیل قابل اعمال نباشد (Holister. et al. 2003):

(۱) خواص ذرات کوچک یک ماده با خواص توده‌های بزرگ‌تر آن می‌تواند متفاوت باشد.

(۲) نسبت سطح به حجم در ذرات کوچک بسیار بالا می‌رود، و از آنجاکه خصوصیات در سطوح اتمی بسیار متفاوت می‌باشد، این امر باعث تغییر خصوصیات مواد به شکل غیر قابل پیش بینی می‌شود.

بعنوان مثال وقتی نقره به ذرات بسیار کوچک تبدیل می‌شود، به صورت ماده ضد میکروب عمل می‌کند در حالیکه در این شرایط ذرات طلا رنگ‌های متنوعی را از خود منعکس می‌کنند (Mission team" 2005).

در آینده نه چندان دور علم نانوتکنولوژی بشر را قادر خواهد کرد تا ماشین‌هایی را بسازد که توانایی محاسبه، حرکت، احساس محیط اطراف و حتی بازسازی خود را داشته

باشند. از این رو برای نانو تکنولوژی کاربردهایی را در حوزه‌های مختلف از غذا، دارو، تشخیص پزشکی و بیوتکنولوژی تا الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوا فضا و امنیت ملی بر شمرده‌اند. سازه‌های نانو می‌توانند باعث انقلابی در علوم و در تمام سطوح، بخصوص در علم کامپیوتر، پزشکی و بهداشت، بیوتکنولوژی و کشاورزی گردند. بنابراین کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فن‌آوری را به عنوان یک زمینه فرا رشته‌ای و فرابخشی مطرح نموده است (2005 "Mission team"). با این وجود چالش‌های در پیش روی این علم عبارت است از توانایی تولید، بکارگیری و اندازه‌گیری موادی که در حد یک الی ۱۰۰ نانو متر می‌باشند. باید در نظر داشت که هر نانو برابر است با یک هشت هزارم قطر موی انسان که تقریباً معادل قطر یک اتم اکسیژن می‌باشد.

هدف از تهیه و ارائه این مجموعه آشنایی دانش‌آموختگان رشته‌های علوم کشاورزی با مبانی علم نانو تکنولوژی می‌باشد. در این راستا ابتدا نانوذرات، برخی از کاربردهای آنها و خطرات احتمالی کاربرد آنها در طبیعت مورد بحث قرار می‌گیرد. سپس نانو ماشین‌ها به همراه اقتباس‌هایی که میتوان از طبیعت برای ساختن و بکارگیری آنها صورت گیرد ارائه می‌شود. در پایان ضمن آوردن مثال‌های از کاربرد نانو تکنولوژی در کشاورزی، ایده‌های برای استفاده از این علم در جهت بهبود بکارگیری نهاده‌های کشاورزی برای تولید محصولات سالم‌تر مورد اشاره قرار گرفته است.

## نانو ذرات

همانگونه که گفته شد نانو ذرات میتوانند از مواد مختلف و به اشکال متفاوتی باشند که در اینجا ما آنها را به چهار دسته تقسیم می‌کنیم.

(۱) نانوذرات تولید شده از اتم کربن: اتم‌های کربن بدلیل ساختمان اتمی خاص می‌توانند ساختمان‌های متفاوت ملکولی را ایجاد کنند. مثلا ملکول‌های Buckyball، مانند ملکول‌های الماس و کرافیت، فقط از اتم‌های کربن تشکیل شده‌اند. این ملکول‌ها دارای ساختمانی توخالی و بیضی شکل بوده و از به هم پیوستن تعداد معینی اتم کربن (مثلا ۶۰، ۷۰، ۱۲۰، ۱۸۰) ایجاد می‌گردند. البته نوع شصت کربنه آنها که دارای ساختمان ملکولی مستحکم‌تر و بیشتر به شکل بیضی بوده در حالیکه انواع دیگر کشیده‌تر هستند ( Holister et al. 2003, Lee et al. 2005, Michael et al. 2005).

(۲) نانو لوله‌ها (Nano tubes) دسته دیگری از ملکول‌ها کربنی می‌باشند که بسیار شبیه به گروه قبلی بوده ولی با این تفاوت که طول آنها بیشتر و انتهای آنها باز می‌باشد. نانولوله‌ها میتوانند در کنار هم شبکه‌های مشبکی را ایجاد کنند. از این لوله‌ها میتوان برای انتقال ملکول‌ها به درون سلول و همینطور بعنوان یک خط کش برای اندازه گیری در حد نانو بهر جست. این مواد در عرصه تجاری نیز قابلیت‌های بسیاری دارند که از جمله بهبود کیفیت پوشش‌ها و طلق‌ها (از طریق محکم‌تر و سبک‌تر کردن آنها) را میتوان بیان کرد ( Holister et al. 2003, Lee et al. 2005, Michael et al. 2005).

(۳) نانو ذراتی که اساس آنها اتم‌های فلزات می‌باشد: نانوذرات طلا، نانوذرات نقره و ذرات کوانتوم‌ها (quantum dots). نانوکوانتوم‌های فوق خاصیت نیمه هادی داشته و از کادیوم سلنیوم (CdSe)، سولفید کادیوم یا تلورید کادیوم با یک پوشش عایق از جنس پلیمر ساخته شده است. اندازه نانو کوانتوم‌ها را میتوان طوری تغییر داد که

خصوصیات فیزیکی و بخصوص خصوصیات ظاهری متفاوتی را ارائه نماید (اندازه کوچک به این معنا می باشد که حدود ۷۰٪ از اتمها در سطح ذره قرار می گیرند). پوشش پلیمری و عایق نه تنها از تاثیر سمیت کادیوم در محیط جلوگیری می کند بلکه نوع آن میتواند بنحوی طراحی شود که خصوصیت ترکیبی با ملکوهای معینی را داشته باشد در این شرایط از این نانو ذرات میتوان بعنوان نشانگر استفاده نمود (Michael *et al.* 2005). یکی از کاربردهای نانوکوانتومها استفاده از آنها در مدل های جدید دس تگاه های DVD ها (HD-DVD و Blu-ray) می باشد. در واقع این نوع دستگاهها از یک نوع نور لیزری آبی برای خواندن اطلاعات بهره می گیرد. در ابتدا بکارگیری این نوع لیزر، که در سالهای اخیر کشف شده، غیر ممکن بود، ولی با ساخت لیزر کوانتمی آبی این امکان بوجود آمد (Holister *et al.* 2003, Lee *et al.* 2005, Michael *et al.* 2005).

برای ردیابی آزمایشات بیولوژی استفاده از رنگها طبیعی کاربرد فراوان دارد. با این حال به پیشرفت بشر نیاز به رنگهای متنوع تری برای درک و تشخیص دقیق تر و سریع تر نتایج احساس می گردد که از عهده رنگهای معمولی خارج است. اما بکارگیری نانو کوانتومها توانسته این خلع را پر کند. بعنوان مثال آزمایش حاملگی با استفاده از نانوکوانتومها سریع تر و با دقت بیشتر قابل تشخیص است. استفاده دیگر از نانوکوانتومها در سلولهای خورشیدی می باشد، چرا که در روش قدیمی هر فوتون از نور خورشید میتواند یک الکترون را در جریان قرار دهد، حال آنکه با استفاده از نانوکوانتومها سه الکترون وارد مدار می گردد که باعث افزایش بازده سلولهای خورشیدی می شود.

#### (۴) نانو ذرات چند شاخه‌ای Dendrimers

نوعی نانوپلیمر به شکل چند شاخه‌ای که با اضافه کردن تک اتم‌ها به ملکول اصلی و در انتهای هر شاخه ساخته می‌شوند، بطوریکه شاخه‌های متعددی در مجموع تولید می‌شود. بنابراین هر ملکول شامل تعداد زیادی شاخه، که هر کدام ممکن است به یک بخش انتهایی با خاصیت شیمیایی خاص منتهی گردد، می‌شود. این خصوصیات می‌تواند در انجام عمل کاتالیزوری و یا انجام مرحله‌ای واکنش‌ها شیمیایی کاربرد داشته باشند. علاوه بر این بخاطر داشتن فضای خالی در بین این رشته‌ها، ملکول‌های دیگری نیز می‌توانند در این فضاها جای گیرند که به عنوان مثال می‌تواند برای انتقال دارو در درون بدن مناسب باشند. در این راستا از نانوذرات فوق برای انتقال دارو و کنترل سرطان استفاده زیادی می‌شود (Salata 2004).

(۵) نانوذرات ترکیبی (Composites): در این حالت یک نانو ذرات با سایر نانو ذرات و یا ترکیبات درشت‌تر ترکیب می‌شوند. به عنوان مثال نانو ذراتی مانند نانو رس‌ها با همدیگر ممزوج شده تا قابلیت مکانیکی، گرمایی، مقاومت و خاصیت کششی خاصی را ایجاد کنند. این خصوصیات باعث تولید موادی با قابلیت جدید الکتریکی، شیمیایی، مکانیکی، کاتالیزوری و مغناطیسی شده به نحوی که از لحاظ پزشکی، اقتصادی، نظامی، محیط زیست بسیار حائز اهمیت می‌باشد. یکی از موارد استفاده از این نانو ذرات بکار گیری آنها در حس‌گرهای بویایی می‌باشد. این نانو حس‌گرها در واقع بینی‌های الکتریکی (E-Nose) هستند که نقش بینی‌های انسان را ایفاء می‌کند. بخش اصلی بینی الکتریکی قسمت حس‌گرهای گازی می‌باشد که بوها را درک می‌کند. این سیستم از تجزیه و تحلیل عکس‌العمل‌ها در یک سری از نانو ذرات برای تشخیص و متمایز ساختن بوی‌های موجود در هوا استفاده می‌کند. این حس‌گرها در واقع از نانو ذرات (بعنوان مثال اکسید روی) که در مقابل عبور برخی از گازها مقاومتشان تغییر می‌کند، تشکیل شده‌اند. مزیت‌های استفاده از نانو ذرات در

واقع این است که سطح تماس را برای این نوع ارزیابی بیشتر می‌نماید. تغییر مقاومت الکتریکی در واقع باعث ایجاد تغییر جریان الکتریکی به طور اختصاصی برای هر بو شده که برای شناختن نوع، کمیت و کیفیت بوها استفاده می‌شود. هدف اصلی از استفاده از بینی‌های الکتریکی تشخیص عطرها، برآورد غلظت و یافتن خصوصیات و ویژه‌ایی از بوها است که برای بینی انسان قابل درک نمی‌باشد (Holister et al. 2003, Lee et al. 2005, Michael et al. 2005).

از آنجا که هر روزه خصوصیات و ترکیبات جدیدی از نانو ذرات یافت می‌شود به همان نسبت کاربرد آنها نیز بیشتر می‌گردد. بطوریکه پیش بینی می‌گردد که درآمد فروش نانو ذرات در سال ۲۰۱۵ به حدود یک تریلیون دلار برسد (Andreta 2003)

### اثرات نامطلوب نانوذرات

هنوز اطلاعات کمی در خصوص اثرات نامطلوب نانوذرات بر روی محیط زیست وجود دارد. اینکه نانوذرات چگونه در هوا، آب و خاک پراکنده می‌شوند و چه اثرات نامطلوبی بر روی چرخه غذایی میتواند داشته باشند هنوز کاملاً روشن نیست. بنابراین یکی از نیازهای تحقیقاتی این جنبه از اثرات نانوذرات و نانو تیوپ‌ها می‌باشد. با این حال میتوان گفت که بدلیل اندازه کوچک نانو ذرات احتمال پراکندگی و نیز نفوذ در درون بافت‌ها بیشتر است لذا نانوذرات میتوانند به مراتب خطرات آلودگی بیشتر و گسترده‌تری را برای محیط زیست به همراه داشته باشند. در سال ۲۰۰۳ محققین در یافتند که بدلیل اندازه کوچک نانو سموم، قدرت نفوذ آنها به درون بافت‌های محافظت کننده مانند پوست، خون و حتی مغز زیاد بوده و در نتیجه سمیت آنها بالاتر می‌باشد. تحقیقات همچنین نشان داد که اثر نانو کربن بر روی ماهی‌های سبب تخریب مغز و مرگ زود هنگام می‌گردد. علاوه بر این تحقیقات نشان داده که حرکت نانو ذرات در درون خاک می‌تواند

به طور غیر منتظره بوده و مواد دیگری را نیز با خود حمل کند ( Reynolds, 2001; 2002).

نانو ذرات اکسید آلومینیوم که اغلب در همه جا از کاتالیستهای زیست محیطی تا کرم‌های ضد آفتاب یافت می‌شوند، می‌تواند اثر محدود کننده را بر روی رشد ریشه گیاهان داشته باشد. اگرچه نتایج اولیه لزوم وجود غلظت‌های بسیار بالا را برای بروز اثرات اینچینی نشان می‌دهد. این تحقیق از جمله تحقیقات اولیه در زمینه اثرات نامطلوب نانو ذرات بر روی محیط زیست و گیاهان می‌باشد. نانو ذرات ممکن است به درون آب وارد شده و یا در فضا بصورت ذرات ناخواسته منتشر گردند ( Kim, et al. 2005). همچنین محققین در خصوص اثرات غلظت‌های مختلف نانو ذرات فوق بر روی پنج گیاه کلم، هویج، ذرت، خیار و سویا آزمایشاتی را انجام داده‌اند. ذرات فوق که هر کدام در حدود ۱۳ نانو متر قطر داشتند تقریباً به اندازه نانو ذراتی بودند که به طور تجاری در بازار وجود دارد. غلظت دو میلی‌گرم بر لیتر سبب کاهش معنی‌دار رشد ریشه شده است در حالیکه در غلظت‌های پائین‌تر اثر نامطلوبی مشاهده نگردید. آنها همچنین اثرات اکسید تدیوم، اکسید سلیکون با ابعاد مشابه را نیز مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که اکسید سیلیکون اثر نامطلوب ندارد در حالیکه اکسید تیتانیوم هیچ گونه اثر سوئی را نشان نداد ( Reynolds, 2001; 2002).

مجموعه این اطلاعات می‌باید منجر به دقت بیشتر در امر تهیه و استفاده از نانوذرات در محیط زیست شود، بطوریکه امروزه استفاده از نانو ذرات منوط به عدم داشتن ضرر برای محیط زیست و بشر شده است.



## نانو ماشین‌ها

اگرچه دانشمندان وسایل و ابزار لازم برای ساختن ماشین‌های بزرگ را دارند ولی اطلاعات و ابزار کمی برای ساختن ماشین‌هایی در مقیاس نانو را در اختیار دارند. با این حال می‌توان گفت که بشر هم اکنون در آستانه یاد گرفتن تولید و بکارگیری نانو ماشین قرار داشته و این توانایی بالقوه ممکن است نقطه آغاز یک انقلاب صنعتی دیگر گردد. اختلافات بسیاری بین نانومشین‌ها و ماشین‌های بزرگ وجود دارد. اما قوانین پایه که اغلب در دینامیک وجود دارد در مورد آنها صدق می‌کند. با این حال ماشین‌های بزرگ در چهارچوب قوانین نیوتن فعالیت می‌کنند در حالیکه برای نانومشین‌ها قانون کوانتومی صادق است (Holister, et al. 2003). البته در هر حال مفهوم موتور "تبدیل انرژی برای انجام کار" برای هر دو گروه یکسان است. علاوه بر این ناپایداری حاصله از قانون کوانتومی، قوانین استاتیک و قوانین تبادل انرژی بر روی سیستم‌های نانویی اثر مستقیمی دارد. بعنوان مثال برخی از سیستم‌های نانویی در دماهای خاص غیر پایداری خاصی را نشان می‌دهند که کاهش این ناپایداری بسیار مشکل می‌باشد (Ummat et al. 2005, 2006, Mavroidis, et al. 2004).

نانو ماشین‌ها شامل هر سازه فعال در مقیاس نانو می‌باشند که توانایی انجام کار، احساس محیط، تولید علامت، پردازش اطلاعات هوشمند و رفتارهای در حد نانو را دارند. این خصوصیات ممکن است بصورت انفرادی و یا بصورت الحاقی با یک نانو ماشین دیگر اعمال گردد (هوشمندی گروهی یا رفتار همگرایی). بنابراین ممکن است تمامی حالات فعالیت، احساس، پردازش اطلاعات، توانایی واکنش و تاثیر مواد در مقیاس نانو در این مقوله قرار گیرد (Donker, M. 2005, Ummat et al. 2005, 2006).

نانو ماشین‌ها باید قابل کنترل نیز باشند؛ این کار به وسیله ابزاری که خود در حد نانو بوده و بصورت برنامه ریزی شده به اطلاعات وارده عکس‌العمل نشان دهد صورت می‌گیرد. به هر حال نانو ماشین‌ها را نمی‌توان به آسانی ردیابی کرد، بنابراین کنترل و کار با آنها مشکل است. از اینرو گسترش نانو ماشین‌ها مشکلات تولید و کنترل آنها را نیز به

ارمغان آورده است. بنابراین علم نانوماشین‌ها می‌باید نه تنها در زمینه طراحی و ساختن، بلکه در زمینه کنترل ابزار فوق نیز فعالیت کند (Ummat *et al.* 2005, 2006). در این راستا تکنیک‌هایی مانند میکروسکوپ الکترونی (SEM) و میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) برای قابل درک کردن نوع کنش‌ها در سطح نانو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### نانوبیوتکنولوژی

طبیعت تعداد بیشماری از کنش‌ها را در مقیاس نانو در خود جای داده و به کمک آنها توانسته در مصرف انرژی و مواد بسیار صرفه جویی کند. بنابراین علاقه خاصی به مهندسی شناخت ماشین‌هایی که در طبیعت مورد استفاده بوده است، ایجاد شده است. از این رو فعالیت تحقیقاتی در زمینه نانو ماشین‌ها طبیعی و قابلیت انجام کارهای مختلف در حد نانو به وسیله این ماشین‌ها متمرکز شده است. این موتورها (که به موتورهای بیوملکولی نیز معروف‌اند) بدلیل بازده بسیار زیاد و توانایی مشابه سازی و وفور در طبیعت که سبب کاهش هزینه تولید انبوه آنها می‌شود، مورد اقبال واقع شده‌اند. بنابراین میتوان گفت که در علوم زیستی، نانوتکنولوژی و بیوتکنولوژی پیوستگی زیادی دارند، بطوری‌که در مجموع "نانوبیوتکنولوژی" نام گرفته‌اند. در این راستا متخصصان بیولوژی به متخصصان نانوتکنولوژی در خصوص درک و فهم ساختمان ملکول‌های کوچک و طراحی ماشین‌های کوچک کمک می‌کنند؛ کاری که حدود چهار میلیون سال در طبیعت و در درون فضای کوچکی به نام سلول، که مملو از نانو ماشین‌ها است، اتفاق می‌افتد. متخصصان نانوتکنولوژی با استفاده از قدرت خارق‌العاده ملکول‌های بیولوژی و فعالیت‌های سلولی می‌توانند به اهداف خود دست یابند، کاری که با روش‌های دیگر بسیار مشکل و یا ناممکن است. بنابراین نانوبیوتکنولوژی نیز با موفقیت‌های نانوتکنولوژی و در راستای استفاده از ملکول‌های بیولوژی پیشرفت خواهد کرد (Sharma, *et al.* 2005).

در طبیعت نانو ماشین‌ها بطور طبیعی برنامه‌های از پیش تعیین شده را به صورت یک عمل بیولوژی در اثر تغییرات فیزیکی و شیمیایی اعمال می‌کنند، اما در علم نانوبیوتکنولوژی سعی در ایجاد این شرایط بصورت مصنوعی برای انجام فعالیت‌های مورد نظر می‌باشد. بنابراین تحقیقات نانوتکنولوژی به همراه کشفیات مهم در زمینه بیولوژی ملکولی باعث باز شدن افق جدیدی در گستره ماشین‌های بیوملکولی و نانو ماشین‌ها شده است. هدف اصلی در زمینه تحقیقات ماشین‌های بیوملکولی بهره‌گیری از مواد مختلف بیولوژی که عمل آنها در سطح سلولی باعث جهش، ایجاد نیرو و یا تولید یک علامت خاص شوند، برای انجام کارهای مورد نظر می‌باشد. البته برای دستیابی به نانوبیوتکنولوژی باید درک درستی از ترکیبات بیولوژی داشت تا بتوان به موازات آن طراحی در سطح کلان را انجام داد. بنابراین با گردآوری اطلاعات میتوان قدم‌ها را مستحکم‌تر به جلو برداشت و با پردازش این اطلاعات اقدام به ساختن یک نانوبیوماشین نمود. بر این اساس می‌توان گفت که در آینده نه چندان دور تلفیق نانوتکنولوژی و بیوتکنولوژی به همراه فن‌آوری اطلاعات ممکن است دگرگونی عظیم فن‌آوری را در تولید محصولات ایجاد کند.

مزیت‌های توسعه نانوبیوتکنولوژی عبارت است از:

- ۱) بازده بالای انرژی بدلیل انجام کنش‌ها و واکنش‌های در حد ملکولی و اتمی
  - ۲) سرعت بالا و پایداری مناسب کنش‌ها و واکنش‌های، بدلیل نبود پوشش و نیز طبیعت همسان مکانیسم نیروهای موجود
  - ۳) هزینه تولید نسبتاً کم به دلیل اندازه کوچک و موجود بودن در طبیعت.
- ساختن یا به عبارت دیگر مشابه‌سازی در علم نانوبیوتکنولوژی به دو بخش قابل تقسیم است
- ۱) ماشین‌های که در سطح نانو ساخته شده، به این مفهوم که ساخت آنها همانند ماشین‌های بزرگ ولی در مقیاس نانو می‌باشد

(۲) ساختن ماشین‌های نانویی که در واقع از موادی با منشاء آلی، مانند پروتئین‌ها و DNA، برای تولید آنها استفاده می‌گردد.

برای این منظور بهترین راه مطالعه ماشین‌های موجود در طبیعت و سعی در بهره جستن از آنها برای انجام اهداف مورد نظر می‌باشد.

تمام سلول‌های زنده از نانو ماشین‌های فراوانی از جنس DNA، RNA و پروتئین تشکیل شده که فعالیت‌های حیاتی را امکان پذیر می‌سازند. در مقایسه با پروتئین‌ها، ساختمان DNA ساده، کوچک و همگون‌تر بوده و ساختار شناخته شده‌تری دارد. البته طبیعت قابل پیش بینی و دو رشته‌ای DNA باعث جذابیت بسیاری برای مطالعه در حد نانو شده است. این خصوصیات باعث شکل‌پذیری ساختاری ملکول DNA (ایجاد گره‌ها، گوشه‌ها و چند وجهی‌های) می‌گردد. از طرف دیگر پروتئین‌ها نیز به نوبه خود در ساختن بافت سلولی، مانند بافت نگه‌دارنده و آنزیم‌ها، در سوخت و ساز سلولی نقش اساسی را دارند و می‌توانند بصورت یک موتور محرک، عامل پیوستگی و یا عامل حس‌گر عمل کنند (Astier, et al. 2005, Csáki, et al. 2002, Pancoska et al. 2004).

یکی دیگر از نانو ماشین‌های طبیعی، ریبوزم‌ها (Ribosomes) می‌باشند که بر اساس کد ژنتیکی موجود هر فرد آمینواسیدها را در کنار هم بصورت رشته‌ای منظم قرار داده و پروتئین‌ها و آنزیم‌ها را ایجاد می‌کنند. پروتئین‌ها برای انجام فعالیت‌های سلولی، از حمل مواد گرفته تا سوخت و ساز و در نتیجه تامین انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در حالیکه ملکول‌های DNA و RNA بیشتر نقش ذخیره و انتقال اطلاعات را انجام می‌دهند. اسیدهای نوکلوتیک بر اساس تعداد و ترتیب قرار گرفتن در رشته‌های DNA اطلاعات ژنتیکی بسیار متغییر را ثبت می‌کنند. آنها توانایی خود سازماندهی را داشته و از لحاظ فیزیکی و شیمیایی بسیار با ثبات هستند. هر DNA تک رشته‌ای با استفاده از قدرت هیبرید شدن با رشته‌ای متشابه خود دو رشته‌ای می‌شود. این خاصیت توانایی ساختمان یک الی سه بعدی را به DNA می‌دهد و خود سازماندهی بودن آن سبب

چسبندگی و یک پارچگی انتهایی رشته می‌شود. استفاده از اسیدهای نوکلوتیک به عنوان یک واحد و توانایی بالقوه آنها اساس ساختمان یک مکعب در اندازه‌های میکرومتر و نانو متر را فراهم می‌سازد (Astier, et al. 2005, Chirikjian et al. 2005, Csáki, et al. 2002).

اگر تمام اجزاء ماشین‌های نانویی بصورت مناسب در کنار هم بکار گرفته شوند و بخوبی جهت داده شوند در مجموع مانند یک نانوماشین با قدرت انعطاف فراوان قابل استفاده خواهند بود.

### مثال‌هایی از نانو ماشین‌ها در طبیعت

شنوایی از طریق بال در پروانه‌ها، ظرافت پوست دلفین‌ها، یا کرک‌های ظریفی که امکان حرکت عمودی را به مارمولک می‌دهد (پنجه‌های مارمولک از دسته کرک‌های پوشیده شده که در مجموع حالت چسبندگی را به پاها می‌دهد) از جمله نانو ماشین‌ها می‌باشد که از ساختار آنها میتوان الگو برداری کرد.

در خصوص سوسک *Stenocara* که در گرمترین نقطه روی کره زمین یعنی صحرای نامیب (Namib) آفریقا یافت می‌شود، به راز تهیه آسان آب از رطوبت هوا پی بردند. این سوسک در هنگام پگاه صبحگاهی خود را در جهت باد به سمت جلو خم کرده و قطرات ریز آب موجود در هوا را در پشت خود جمع‌آوری می‌کند (Quéré 2005). این کار باعث تامین آب تازه برای فعالیت حشره می‌شود. دانشمندان قبلاً وجود نقاط ریز (یکصد میلیون در هر متر مربع) جاذب آب را در سطح پشتی این سوسک یافته بودند که در واقع نقش یک پمپ را بازی می‌کند. ذرات آب در این قسمت‌ها جمع‌آوری شده و بتدریج با افزایش حجم قطرات بزرگتر تشکیل شده و در اثر وزن به روی سطح دافع آب که در زیر این قسمت قرار دارد هدایت می‌شود. دانشمندان از این سیستم جمع‌آوری

ایده گرفته و حتی با سیستم پیشرفته‌تری با قرار دادن دو صفحه بسیار جاذب رطوبت و دافع رطوبت اقدام به جمع‌آوری آب موجود در هوا کرده‌اند (Quéré 2005).

### مرور مختصر بر ماشین‌های بیوملکولی

با در اختیار قرار داشتن میکروسکوپ‌های پیشرفته نگرش به یک سلول از محیط ساکن به یک محیط فعال که نقل و انتقال بسیاری در آن انجام می‌شود، معطوف گردیده است. در اینجا به تعدادی از نانو موتورهایی که در طبیعت و در درون محیط سلولی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اشاره می‌شود.

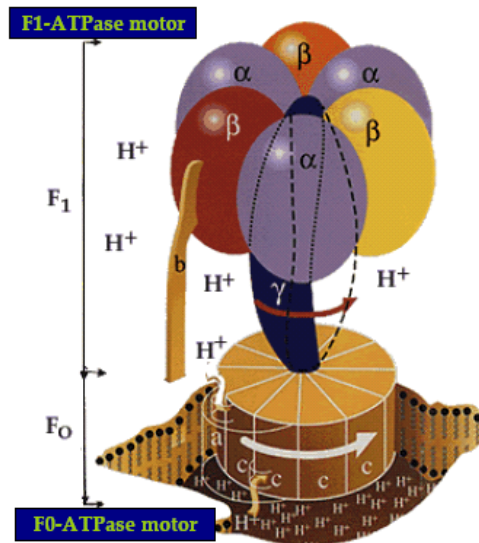
برخی از این ماشین‌ها شامل آنزیم کینس، آنزیم RNA، میوسین، دینین، سازنده آدنوزین تری فسفات، که به صورت نانو ابزار خطی، ابزار بینایی و موتور چرخنده بیولوژی می‌شوند. علاوه بر این ماشین‌های دیگری همانند موتور فلاژلایی (چرخشی) که کاملاً شیمیایی می‌باشند را نیز میتوان نام برد. در ذیل تعدادی از این نانو ماشین‌های طبیعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### موتور سازنده ATP (ATPase)

یکی از موتورهای که بطور گسترده در طبیعت یافت می‌شود FOF1 سازنده ATP می‌باشد که بطور کلی به موتور ATPase معروف است. ساختن ATP توسط آنزیم سازنده ATP که در درون دیواره میتوکندری وجود داشته و در واقع از ترکیب دو نوع موتور شامل بخش FO و قسمت کاتالیزور یا F1 می‌باشد، صورت می‌گیرد.

خصوصیت مهم در این روند قابل تبدیل شدن ADP به ATP (و بالعکس) در چرخه تولید ATP می‌باشد. بر این اساس دو جهت در سیستم ساختن ATP وجود دارد و هر کدام از این دو جهت برای انجام عملی خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مشخص

شدن بهتر است که چرخه رفت را در حالی که قسمت F<sub>0</sub> سبب چرخش بخش y از قسمت F<sub>1</sub> شده و در نتیجه باعث ساختن ATP می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱) شمایی از ساختار ATP

در این حالت چرخه برگشت زمانی که قسمت Y برگشته و باعث فشار بر روی F<sub>0</sub> شده قسمت پایه را به عقب بر می‌گرداند. بر این اساس چرخه رفت با نیروی وارده توسط پایه ایجاد شده (تولید ATP) و چرخه برگشت در اثر هیدرولیز ATP و تولید ADP صورت می‌گیرد. بنابراین روند چرخه‌ها بسته به شرایط محیط دارد. در مجموع این فعالیت‌ها انرژی غذاهای مصرف شده برای انجام فعالیت‌های حیاتی قابل استفاده می‌گردد.

مثال‌های زیادی را در مورد کاربرد نانو بیوموتور ATP میتوان بر شمرد. از جمله استفاده از آن برای مخلوط کردن مواد در سطح ملکولی و کنترل جریان مایعات در سطح ملکولی

که به نوبه خود میتواند در کنترل سرعت واکنش‌ها و یا در منظم کردن غلظت‌های مختلف مایعات کاربرد داشته باشد. علاوه بر این اطلاعات دقیقی در خصوص فعل و انفعالات درون مایعات را در اختیار قرار می‌دهد.

موتورهای ملکولی که در جهت‌های مختلفی در طول رشته‌های پروتئینی (actin و میکروتیوپ‌ها) حرکت کرده و مواد را منتقل می‌سازند، دسته دیگر را شامل می‌شود. این رشته‌های در واقع مانند ماشین‌های کوچک ملکول‌ها (که میتواند شامل چربی‌ها، قندها و پروتئین‌ها باشند) را جابجا کنند. البته این تحرکات نیز به انرژی ATP نیازمند است. این نوع ماشین‌ها را میتوان در سه دسته قرار داد :

(۱) کینسین‌ها "kinesins"،

(۲) میوسین‌ها "myosins"

(۳) دینئین‌ها "dyneins"

در حدود ۲۵۰ نوع پروتئین به شکل کینسین وجود دارد که در تقسیم سلولی و در ساختمان دیواره سلولی نقش بسزایی دارند. در حالیکه تنها قسمت مشابه همه آنها بخش کاتالیزوری پروتئینی آنها می‌باشد، محل قرار گرفتن آنها در درون سلول، نظم ساختاری آنها و تولید حرکت در آنها متفاوت می‌باشد.

درون یک سلول زنده از لوله‌های بسیار ریزی (میکروتیوپ‌ها) پر شده که از هسته سلول شروع شده و به تمام نقاط سلول امتداد یافته است. کینسین حمل مواد از سمت هسته به سایر قسمت‌ها را انجام میدهد در حالیکه دینئین‌ها (Dyneins) نقش انتقال مواد از سایر نقاط به طرف هسته را بر عهده دارند. علاوه بر این کینسین‌ها دارای ساختمان میکروتیوپی می‌باشند، در حالیکه میوسین‌ها ساختمان Actin دارند. اندازه ماشین‌های کینسین حدود یک سوم ماشین‌های میوسینی بوده و حدود یک دهم ماشین‌های دینئینی وزن دارند (Scalf and West 2006).



Myosins و Kinesins فعالیت خود را به دو روش متفاوت انجام می‌دهند. در Myosin فعالیت به صورت قطعه به قطعه انجام می‌شود بدین صورت که با تمام شدن یک رشته میوسین اول غیر فعال شده و میوسین دوم وارد عمل می‌گردد و محموله را به میوسین دوم تحویل می‌گیرد. اما Kinesins قادر است تا تمام مراحل انتقال را به تنهایی انجام دهند.

در سیستمی که توسط دانشگاه **دلف** ارائه شده این عمل برعکس شده بنحوی که ملکول‌ها کینسین بر روی سطح ثابت بوده و میکروتیوپ‌ها با اتصال به آنها جابجا می‌گردند. در این سیستم کانالهای بسیار ریزی به عمق ۸۰۰ نانومتر بر روی بستری از سیلیکات ایجاد می‌شود. این کانالها به بنحوی طراحی شده که با هدایت جریان الکتریکی مواد را بطور دلخواه در مسیر مورد نظر هدایت می‌کند. با این روش میتوان ملکول‌ها مورد نظر را به دلخواه جابجا نمود (van den Heuvel et al. 2006).

#### موتور فلاژلایی:

باکتری *Escherichia coli* و میکرواورگانسیم‌های مشابه به یک نوع موتور چرخشی مجهزند که در حدود ۴۵ نانو متر قطر دارد. هر موتور داری یک رشته طولانی، باریک و حلزون مانند می‌باشد که چندین برابر بدن طول داشته و در درون بستر گسترده شده است. علاوه بر این موتور متحرک فوق و عامل جلو برنده، یک سلول *E. coli* واجد شمارنده ذرات، نسبت طول و gearboxes بوده و براین اساس به عنوان یک ایده‌ال و آرزوی نانو تکنولوژیست‌ها محسوب می‌گردد (Berg, 2000).  
نوع ابتدایی موتور گرداننده توسط Berg ابداع گردیده و سپس گسترش پیدا کرد است. موتورهای تاژی با کامپیوترهای دقیق برای تجزیه و تحلیل نیز کاربرد دارد. محققین ژاپنی روش مطالعه کریستالوگرافی را برای فهم ساختمان ملکولی تاژک‌ها و همچنین kinesin مورد استفاده قرار داده‌اند (Ummat 2005).

سرانجام گروهی از محققین سعی در ساختن ترن‌های نانویی، کامل کردن کامیون‌ها، محل بارگیری و سیستم کنترل را داشته‌اند. از آنجاکه موتورهای پروتئینی چندین هزار برابر از موتورهای معمول کوچک تراند، آنها قصد استفاده از آنها در یک محیط مصنوعی بعنوان موتور مولد انرژی نانو ترن‌ها را دارند (Hess and Vogel, 2001).

### استفاده از باکتری‌ها به کمک علم نانو تکنولوژی

بطور کلی در بخشی از علم بیوتکنولوژی از موجودات ذره بینی یا به اصطلاح کارخانه‌های باکتریایی که حامل ژن‌های خاصی هستند برای تولید محصول و یا فعالیت خاص استفاده می‌کنند. در درون این کارخانه‌های باکتریایی ساخت و ساز و مونتاژ کردن ملکول‌ها بصورت معمول انجام شده و بسیاری از محصولات نهایی در اندازه‌های کمتر از ۱۰۰ نانو متر می‌باشند. به این دلیل کارخانه‌های باکتریایی را میتوان بعنوان یک مدل برای ساختن و مونتاژ کردن و نیز جابجایی مواد در حد نانو مورد استفاده قرار داد. علاوه بر این بدلیل انعطاف پذیری روند تولید باکتریایی، آنها را میتوان بنحوی برنامه‌ریزی کرد که محصولات جدید نانوبیوتکنولوژی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد نظر بعنوان محصول نهایی بدست آید. با این روش در مصرف مواد و انرژی بشدت صرفه جویی شده و امکان تولید محصولات جدید نیز میسر می‌گردد.

## علم نانو و علوم کشاورزی

علم نانو میتواند تمام عرصه علوم را مانند زلزله تحت تاثیر قرار دهد و علم کشاورزی نیز مستثنی نمی باشد. تولید مواد جدید و کارآ، پیشرفت در زمینه تولید محصولات جدید، و طراحی روش های جدید برای تولید غذای سالم و حفاظت زیستی این تغییرات در مجموع بسیار گسترده و عظیم خواهد بود. پیشرفت های اخیر در زمینه علم مواد و علم شیمی امکان تولید ذرات نانویی را امکان پذیر کرده که میتواند بطور گسترده در علوم کشاورزی کاربرد دارند. تاکنون استفاده از علم نانو در زمینه کشاورزی جنبه نظری داشته است. اما اخیرا کاربرد آن بطور عملی نیز امکان پذیر شده و این امر ادامه خواهد داشت و اثرات شگرف آن هر روز بیش از پیش نمایان خواهد شد. بعنوان مثال با استخراج پروتئین فتوستتاز کننده از کلروپلاست گیاه اسفناج و پوشش دادن آنها با نانو فیلم هایی که قادرند نور خورشید را به جریان الکتریکی تبدیل کند، افق استفاده از آن بعنوان منبع تولید انرژی روشن گردیده است (Das et al., 2004, Schaller and Klimov, 2004).

توسعه روش های مناسب بسته بندی غذا از جمله دیگر کاربردهای علم نانو در صنایع غذایی است. بعنوان مثال شرکت بایر با استفاده از ذرات نانو به نوعی پلاستیک که مقاوم به نفوذ هوا دست یافته است که مواد غذایی را تازه تر و به مدت طولانی تر، نسبت به پلاستیک های قبلی نگهداری می نماید. محققان پلیمر این نوع پلاستیک را به کمک ذرات نانو سیلیکات اشباع نموده اند. در این نوع پلاستیک در واقع ذرات نانو به صورت یک شبکه در آمده و بصورت یک سد در مقابل نفوذ هوا و آلودگی ها عمل می کنند. در این شرایط مسیری که توسط هوا طی می شود، زیگزاگی و طولانی تر شده که در نتیجه باعث طولانی تر شدن زمان لازم برای گذر هوا از لایه فوق می گردد. البته روش ساختن این نوع لایه به آسانی مخلوط کردن این دو ماده نیست بلکه می باید با روش های مناسب از یکنواختی توزیع ذرات در درون لایه پلاستیکی مطمئن شد. هنگامی که این

پلاستیک بصورت لایه نازک به دور مواد غذایی پیچیده می‌شوند بهتر از انواع معمولی مواد غذایی را از آلودگی حفظ کرده و از اختلاط بوی غذاها نیز جلوگیری می‌کند. علاوه بر این پلاستیک فوق از نفوذ اکسیژن بشدت جلوگیری کرده و مانع تخریب بافت چربی و ایجاد رنگ زرد در مواد غذایی (مانند پنیر و گوشت) می‌شود.

یکی دیگر از عرصه‌های استفاده از علم نانو تکنولوژی در زمینه رسیدن پنبه می‌باشد که روش‌ها فعلی دارای اشکالات بسیاری می‌باشند. بطوریکه از زمان جمع‌آوری محصول تا تولید نخ حدود ۲۵٪ کل محصول خراب و زایل می‌گردد. اما محققین علم ریسندگی در دانشگاه Cornell روشی به نام رسیدن الکتریکی ابداع کرده‌اند که حتی از رشته‌های کوچک پنبه نیز حین رسیدن مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حالیکه در روش موجود این رشته‌ها غیر قابل استفاده بود و یا حداکثر برای تولید محصولات کم ارزش، مانند پنبه بالش، نخ‌های پنبه‌ای و یا پنبه معمولی استفاده می‌شوند. دانشمندان پلیمر دانشگاه Cornell از این تکنیک برای رسیدن نخ‌های نانو از سلولز ((C6H110O5)n)) که ۹۰٪ رشته‌های پنبه را تشکیل می‌دهد، استفاده کرده‌اند (Opara 2004, Rutzke, et al. 2003). در این روش بجای استفاده از نیروی مکانیکی از نیروی الکتریکی برای تشکیل رشته‌ها استفاده می‌گردد. بنابراین باید خصوصیت‌های خاصی در محلول پلیمر برای انتقال الکترون وجود داشته باشد. برای این منظور سلولز را در اتیلن دی‌امین، تا حدودی حل نموده، و سپس آن را با فشار از درون روزنه‌های که دارای ولتاژ بسیار بالا می‌باشند عبور می‌دهند. این ولتاژ باعث پرت شدن محلول به هوا بصورت رشته‌های بسیار نازک می‌شود که در یک بستر الکتریکی جمع‌آوری می‌شود. رشته‌های تولید شده به این روش حدود ۱۰۰ نانومتر قطر دارند که در حدود ۱۰۰۰ برابر نازک‌تر از رشته‌های تولید شده به روش‌های معمولی می‌باشد. اگر این روش بتواند به توانایی‌های مورد انتظار خود دست پیدا کند، استفاده احتمالی از این روش ممکن است برای تسویه هوا، لباس‌های محافظ نانو و ترکیبات ریز اندازه هماهنگ با محیط زیست کاربرد داشته باشد. از این

نوع ترکیبات میتوان برای رهاسازی سموم و کودها در زمان مقرر نیز استفاده کرد (Opara 2004).

کاتالیزورهای نوری یکی دیگر از نانو ذرات می‌باشند که در اثر نور واکنش نشان داده ولی خود آنها در حین واکنش از بین نمی‌روند. در حضور نور ماوراء بنفش محل الکترون نانوذرات تغییر کرده و بحالت برانگیخته در می‌آیند. این قطبی شدن باعث حالت بسیار بالای اکسیداسیون می‌گردد. وقتی ملکول‌های خطرناک (آفت کش‌ها) به قسمت‌های مثبت این نوع ملکول‌ها وصل می‌شوند، میتوان آنها را به عنوان یک ملکول مضر متمایز می‌نمود. این ذرات با نفوذ به درون باکتری‌ها قادرند به صورت یک عامل ضد عفونی عمل کنند. این نوع فعالیت برای بسته بندی میوه‌ها و صنایع غذایی کاربرد دارد (Opara 2004).

کاتالیزورهای نوری همچنین در جریان تصفیه فاضلاب بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از کاتالیزورهای نوری برای خالص سازی، تمیز کردن و بی بو کردن هوا را شرح داده است. نیز استفاده از این کاتالیزورهای نوری را برای از بین بردن مواد آلی، تخریب سلول‌های سرطانی، باکتری‌ها و ویروس‌ها شرح داده است (Warad and Dutta 2002).

اکسید فلزاتی مانند  $\text{TiO}_2$ (13)،  $\text{ZnO}$ (14)،  $\text{SnO}_2$  (15) و نیز سولفیدها مانند  $\text{ZnS}$  (16) برای ساختن کاتالیزورهای نوری استفاده شده‌اند. این نانو ذرات دارای خاصیت ضد عفونی بسیار بالایی می‌باشند که ناشی از داشتن ویژگی موجود در تمام نانو ذرات می‌باشد (افزایش نسبت سطح به حجم). اساس کاتالیزورهای نوری را میتوان برای تجزیه سریع آفت‌کش‌های خطرناک، که در شرایط عادی به دوره طولانی نیاز دارد، بکار برد. امروزه بر چسب‌های شناسایی یکی از ضروریات زندگی ما شده است. کاربرد این بر چسب‌ها در تمام سطوح محصولات کشاورزی و تولیدات دامی و محصولات مصرفی دیگر به فراوانی دیده می‌شود. امکان ترکیب زیاد این گونه برچسب‌های نانویی (بیش از

یک میلیون) آنها را برای استفاده در آزمایشات زیستی برجسب‌های عمومی پر طرفتار ساخته است. میکرو برجسب‌های شیشه‌ای که در سطح کره زمین نوع مختلفی از نور فلورسنت که در اثر ور مادون بنفش برای کارهای آزمایشگاهی و مطالعات DNA. (Warad and Dutta 2002).

ذخیره سازی و مصرف بموقع محصولات کشاورزی یکی مشکلات کشاورزی نوین می‌باشد. تمایز مواد در حال فساد اغلب به کمک بوهای متصاعد شده صورت می‌گیرد. با این حال تشخیص و درک این بوها در موقع مناسب توسط انسان بسیار مشکل است؛ بطوریکه اغلب بعد از غیر قابل مصرف شدن غذاها مورد توجه واقع می‌شوند. همانگونه که شرح داده شده نانو ذرات در ساختن حسگرهای بویایی کاربرد فراوان دارند. یکی از کاربردهای این حسگرها می‌تواند در تشخیص بوهای تولید شده از مواد غذایی در حال فساد شدن باشد. قدرت تمایز این نانوحسگرها، که اغلب بسیار بالاست، بشر را قادر خواهد ساخت که در مراحل اولیه از شروع فساد مواد غذایی آگاه شود (Opara 2004, Rutzke, et al. 2003).

استفاده از نانو حسگرها برای ردیابی جریان آب، حرکت مواد غذایی و حتی وجود آلایندها در خاک نیز میتواند در کشاورزی نوین نقش اساسی را ایفا کند. که بنوبه خود در مدیریت استفاده از منابع راه گشا است.

### جمع بندی و چشم اندازه آینده:

علم نانو تکنولوژی افق جدیدی را برای استفاده هر چه بیشتر و بهتر بشر از موهبت‌های الهی فراهم کرده است. با استفاده از این فن آوری نه تنها از مواد موجود میتوان بهره مناسب‌تری برد و در مقدار مصرف مواد و انرژی صرفه جویی کرد، بلکه استفاده‌های نوینی از طبیعت را برای بشر فراهم خواهد کرد. مادر طبیعت برای مدت‌های طولانی است که از کنش‌ها و واکنش‌ها در سطح نانو بهره جسته و در مصرف انرژی و مواد صرفه

جویی فراوان می‌کند. بشر نیز در قدم‌های اولیه می‌باید از طبیعت الگوبرداری کرده تا با ساختارها و راهکارهای بهره‌گیری از نانو تکنولوژی آشنایی کامل پیدا کند.

از جمله کاربردهای نانو تکنولوژی که در آینده ممکن است تحولات شگرفی را در کشاورزی ایجاد کند تامین آب کشاورزی است. بعنوان مثال استفاده از نانولوله‌ها برای تصفیه آب از آلاینده‌ها، شیرین سازی آبهای شور و تامین آب از رطوبت موجود در هوا از جمله مواردی است که جنبه‌های تحقیقاتی آن شروع شده است.

گیاهان علاوه بر آب به عناصر معین برای تولید مواد غذایی نیاز دارند، که جذب و تامین آنها تحت تاثیر عوامل متعددی قرار دارد. بعنوان مثال برخی موارد خاک‌ها دارای مقدار کافی از عناصر ریز مغذی مورد نیاز گیاهان می‌باشد با این وجود گاهی این عناصر به دلایلی (مثلا تشکیل ملکول‌های درشت) قابل جذب برای گیاه نمی‌باشند. بنابراین علیرقم بروز علائم کمبود، با اضافه کردن این عناصر کمبود برطرف نخواهد شد. یکی از افق‌های استفاده از نانو ذرات کمک به قابل جذب کردن این عناصر می‌باشد. علاوه بر این بدلیل اندازه کوچک نانوذرات احتمال جذب از طریق برگ‌ها و قسمت‌های هوای، بیشتر بوده و در نتیجه بر طرف شدن کمبودها سریع‌تر صورت می‌گیرد. از طرف دیگر بدلیلی مصرف کم این عناصر در این شرایط، آلودگی و بیش‌بود عناصر نیز کمتر اتفاق می‌افتد.

یکی دیگر از مشکلات تولید محصولات کشاورزی کنترل بموقع آفات و بیماری‌های گیاهی می‌باشد. البته اغلب خسارت آفات راحت‌تر و سریع‌تر قابل شناسایی بوده (با دیدن عامل خسارت)؛ در حالیکه شناسایی عوامل بیماری‌زای گیاهی مشکل‌تر و زمان‌برتر می‌باشد، بنابراین اغلب جبران خسارت حاصله از بیماری‌های گیاهی مشکل‌تر می‌باشد.

در این شرایط استفاده از نانو ذرات و نانو ماشین‌ها برای شناسایی و همچنین برای کنترل بیماری‌های گیاهی می‌تواند موثر باشد. بعنوان مثال شاید بتوان از نانو ذرات چند شاخه‌ای برای انتقال سموم و یا ردیابی عوامل عوامل بیماری‌زای به درون بافت‌های گیاهی استفاده کرد (همانطور که برای انتقال دارو کنترل کننده سرطان استفاده می‌شود).

علاوه بر این نانو ماشین‌ها را ممکن است طوری طراحی نمود که در بدن حشرات و آفات فعال شده و باعث کنترل آنها شوند، در حالیکه در بدن انسان غیر فعال باقی مانده و برای انسان و حتی محیط زیست مضر نباشند. علاوه بر این از جمله افق‌های دیگر استفاده از نانوتکنولوژی ردیابی مواد آلاینده (بخصوص سموم) به کمک نانوماشین‌ها در محصولات کشاورزی می‌باشد. بعنوان مثال استفاده از حس‌گرهای بویایی برای تشخیص محصولات در حال فساد و یا مقدار مجاز سموم موجود در محصولات کشاورزی می‌تواند کاربرد تجاری پیدا کند.

اغلب گیاهان هنگامی که مورد هجوم آفات قرار می‌گیرند از خود بوهای را متصاعد می‌کنند که باعث جلب عوامل کنترل کننده آفت بوده و بدینوسیله از خسارت آفت می‌کاهند. یکی از کاربرد نانو حس‌گرها بویایی ممکن است برای ردیابی این بوها و در نتیجه برای شناسایی و ردیابی آفات بکار گرفته شوند. این گونه نانو ابزار ممکن است برای ردیابی آفات قرنطینه در مبادی ورودی هر کشور نصب شده و برای ردیابی آفات قرنطینه مورد استفاده قرار گیرد.

### سپاسگزاری:

از جناب آقای دکتر داوود زارعی بخاطر ارائه پیشنهادات سازنده و همچنین از جناب آقای دکتر محمد رضا عطاران که در اصلاحات نگارشی و ارائه نظرات سازنده مرا یاری فرموده‌اند، سپاسگزاری و قدردانی می‌گردد.



## References

- Andreta, E. 2003 Nanosciences and nanotechnologies: what future for research. Future Conference and Expo, Chiba-shi, Chiba, Tokyo, Japan 26 February 2003.  
[http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/andreta\\_speech.pdf](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/andreta_speech.pdf)
- Astier, Y. Bayley, H. and Howorka, S. 2005 Protein components for nanodevices. *Current Opinion in Chemical Biology* **9**: 576–584.
- Berg HC. (2000). Motile behavior of bacteria. *Phys. Today* 53: 24–9.
- Chirikjian G. S., Kazerounian K. and Mavroidis. C. 2005. Analysis and Design of Protein Based Nanodevices: Challenges and Opportunities in Mechanical Design. *Journal of Mechanical Design*. **127**: 695-698.
- Csáki, A., Maubach, G., Born, D., Reichert J. and Fritzsche. W., 2002. DNA-based Molecular Nanotechnology. *Single Mol.* 3, 275-280.
- Das, R.; Kiley, P. J.; Segal, M; Norville, J.; Yu, A.A.; Wang, L.; Trammell, S.A.; Reddick, L.E.; Kumar, R., Stellacci, F.; Lebedev, N.; Schnur J.; Bruce, B.D; Zhang, S.; and Baldo, M. 2004 Integration of Photosynthetic Protein Molecular Complexes in Solid-State Electronic Devices. *Nano Letters*, 4 (6), 1079 -1083.
- Donker, M. 2005. Biological Molecular Motors.  
[www.rug.nl/msc/education/topmasternanoscience/NS190Donker.doc](http://www.rug.nl/msc/education/topmasternanoscience/NS190Donker.doc)
- Hess, H. and Vogel, V 2001..Molecular shuttles made from motor proteins: active transport in non-biological environments, *Reviews in Molecular Biotechnology*, 82: 67-85.
- Holister. P. Weener. J.W., Román, C. Harper. T., 2003, Nanoparticles. 1-11  
[http://nanotechweb.org/dl/wp/nanoparticles\\_WP.pdf](http://nanotechweb.org/dl/wp/nanoparticles_WP.pdf)
- Kim, S.H.. Woo, K.S Liu, B.Y.H.and Zachariah M.R. 2005 Method of measuring charge distribution of nanosized aerosols. *Journal of Colloid and Interface Science* 282: 46–57.
- Lee, D., Park, K and Zachariah M. R. 2005.Determination of the Size Distribution of Polydisperse Nanoparticles with Single-Particle Mass Spectrometry: The Role of Ion Kinetic Energy. *Aerosol Science and Technology*, **39**:162–169.
- Mavroidis, C., Dubey, A. and Yarmush, M.L. 2004 Molecular machines. *Annu. Rev. Biomed. Eng.* 6: 363–395.

- Michael J. Bowers II, James R. McBride, and Sandra J. Rosenthal 2005. White-Light Emission from Magic-Sized Cadmium Selenide Nanocrystals, *Journal of the American Chemical Society*.
- Mills NL, Amin N, Robinson SD, Anand A, Davies J, Patel D, *et al.* 2006. Doinhaled carbon nanoparticles translocate directly into the circulation in humans? *Am J Respir Crit Care Med* 173(4):426-431.
- "Mission team" 2005. Nanomat: Nanomaterials manufacture and applications –a mission to Finland, Germany and Switzerland Report Of A Dti Global Watch Mission, 84pp.  
[http://www.oti.globalwatchonline.com/online\\_pdfs/36433MR.pdf](http://www.oti.globalwatchonline.com/online_pdfs/36433MR.pdf)
- Opara L.. 2004. "Emerging Technological Innovation Triad for Smart Agriculture in the 21st Century. Part I. Prospects and Impacts of Nanotechnology in Agriculture". 1-27.  
<http://dSPACE.library.cornell.edu/bitstream/1813/896/48/Invited+Overview+Opara+final+17August2004.pdf>
- Pancoska P., Moravek, Z., and Moll, U. M. 2004. Rational design of DNA sequences for nanotechnology, microarrays and molecular computers using Eulerian graphs. *Nucleic Acids Research*, **32**: 4630–4645
- Quéré D. 2005. Non-sticking drops. *Rep. Prog. Phys.* **68** 2495-2532.  
[http://www.iop.org/EJ/article/0034-885/68/11/R01/rpp5\\_11\\_R01.pdf](http://www.iop.org/EJ/article/0034-885/68/11/R01/rpp5_11_R01.pdf)
- Reynolds G. H., 2001 Environmental Regulation of Nanotechnology: Some Preliminary Observations, 31, 10681-10688.
- Reynolds G.H. 2002, Forward to the future nanotechnology and regulatory policy, Pacific Research Institute, 1-23.  
[www.pacificresearch.org/pub/sab/techno/forward\\_to\\_nanotech.pdf](http://www.pacificresearch.org/pub/sab/techno/forward_to_nanotech.pdf)
- Rutzke, J., Scott, N. and Chen H. 2003 Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems, National Planning Workshop, November 18-19, 2002 Washington, Dc1-68.
- Salata, O.V. 2004 Applications of nanoparticles in biology and medicine. *Journal of Nanobiotechnology*, 2:3 (1-6).  
<http://www.jnanobiotechnology.com/content/2/1/3>
- Scalf, J. and West P. 2006. Introduction to Nanoparticle Characterization with AFM, 1-9. [www.nanoparticles.pacificnanotech.com](http://www.nanoparticles.pacificnanotech.com)
- Schaller R.D .and V.I. Klimov, 2004. High Efficiency Carrier Multiplication in PbSe Nanocrystals: Implications for Solar Energy Conversion *Phys. Rev. Lett.* 92, 186601.
- Sharma, G., Mavroidis, C. and Ferreira A. 2005 Virtual Reality and Haptics in Nano- and Bionanotechnology. In "Handbook of Theoretical and

- Computational Nanotechnology" Edited by Michael Rieth and Wolfram Schommers. American Scientific Publishers. 1–33p.
- Ummat A., Dubey A., Sharma G., Mavroidis C., 2006. "Chapter 19: Bio-Nano-Robotics: State of the Art and Future Challenges", Invited Chapter in Tissue Engineering and Artificial Organs (The Biomedical Engineering Handbook), Editor: M. L. Yarmush, CRC Press, 2006. ISBN: 0849321239.
- Ummat A., Dubey A., Mavroidis C., 2005, Bionanorobotics: A Field Inspired by Nature", Invited Chapter in Biomimetics - Biologically Inspired Technologies, Editor: Yoseph Bar-Cohen, CRC Press, 2005, pp. 201-227. ISBN: 0849331633.
- van den Heuvel, M.G.L. de Graaff, M. P. and Dekker C. 2006. Molecular Sorting by Electrical Steering of Microtubules in Kinesin-Coated Channels. Science 312 (5775), 910.
- Warad H.C., and Dutta, J. (2002) Nanotechnology for agriculture and food systems- A view 1-13.  
[http://www.nano.ait.ac.th/Download/AIT%20Papers/2005/Nanotechnology%20For%20Agriculture%20And%20Food%20Systems%20\\_%20A%20View.pdf](http://www.nano.ait.ac.th/Download/AIT%20Papers/2005/Nanotechnology%20For%20Agriculture%20And%20Food%20Systems%20_%20A%20View.pdf)

برخی از سایتهای مفید در زمینه نانو:

- \*[www.irannano.org/](http://www.irannano.org/)\*
- \*[http://www.nanoparticle.com/PublicationsPages/publications\\_2005.html](http://www.nanoparticle.com/PublicationsPages/publications_2005.html)\*
- \*<http://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology>\*
- \*<http://www.bionano.neu.edu/publications.html>\*