بسم اللّه الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

چکیده

فصل اول .کلیات

۱-۱.تعریف / پیشینه فناوری نانو ۲

۱-۲.اهمیت اقتصادی فناوری نانو ۴

۱-۳.برتری فناوری نانو ۵

۱-۴.حوزه ها و کاربرد نانوفناوری ۵

۱-۵.نانومواد/نانوذرات ۷

۱-۶.اثر نانوذرات بر گیاهان ۸

۱-۷.نانوذرات اکسید آهن ۱۰

۱-۷-۱.سیالات مغناطیسی ۱۱

۱-۸.اهمیت آهن در گیاهان ۱۲

۱-۹.ورود آهن به گیاهان ۱۳

۱-۹-۱.دستیابی آهن در گونه های استراتژی I ۱۳

۱-۱۰.انتقال مسیر دور آهن ۱۴

۱-۱۱.کلزا

۱-۱۱-۱.تاریخچه و مبدا کلزا ۱۶

۱-۱۱-۲.گیاه شناسی کلزا ۱۷

۱-۱۱-۳.ارقام کلزا ۱۹

۱- ۱۱-۴.مزایای زراعی کلزا ۲۰

۱-۱۱-۵.تولید جهانی کلزا ۲۱

اهداف پژوهش مورد نظر ۲۲

فصل دوم . مواد وروشها

۲-۱.تهیه محلول نانوذرات

۲-۱-۱.سنتز نانوذرات Fe_3O_4 ۲۵

۲-۱-۲.بررسی میکروسکپی ویژگی های نانوذرات ۲۵

۲-۱-۳.تهیه محلولهای مورد نیاز ۲۵

۲-۲.آماده سازی بذرها ۲۶

۲-۳.ارزیابی جوانه زنی ۲۶

۲-۴.آزمایشات کشت هیدروپونیک ۲۷

۲-۴-۱.تهیه محیط هیدروپونیک ۲۸

۲-۵.سنجش های آنزیمی

۲-۵-۱.تهیه عصاره آنزیمی ۲۹

۲-۵-۲.روش سنجش فعالیت آنزیم پر اکسیداز ۳۰

۲-۵-۳.روش سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز ۳۰

۲-۶.آنالیز آماری ۳۱

۲-۷.برش گیری های بافتی

۲-۷-۱.برش‌های میکروتومی ۳۱

۲-۷-۲.روش تهیه هماتوکسیلین ۳۵

۲ -۷-۳.روش تهیه ائوزین الکلی ۳۵

۲ -۷-۴.روش تهیه چسب هاپت ۳۵

۲-۸.تهیه برشهای دستی

۲-۸-۱.تثبیت ۳۵

۲-۸-۲.برش گیری ۳۶

۲-۸-۳.آماده سازی نمونه جهت رنگ آمیزی ۳۶

۲-۸-۴.رنگ آمیزی ۳۶

فصل سوم . نتایج

۳-۱.مشخصه یابی نانوذرات ۳۸

۳-۲.ارزیابی های جوانه زنی ۳۹

۳-۲-۱.درصد جوانه زنی ۴۰

۳-۲-۲.رشد طولی ریشه ۴۱

۳-۲-۳.سرعت جوانه زنی ۴۱

۳-۳.اثر تیمار زمان‌های متفاوت بر پارامترهای جوانه زنی ۴۳

۳-۳-۱.درصد جوانه زنی ۴۵

۳-۳-۲.سرعت جوانه زنی ۴۶

۳-۳-۳.طول ریشه ۴۷

۳-۳-۴.طول هیپوکوتیل ۴۸

۳-۳-۵.وزن خشک ۴۸

۳-۴.ارزیابی های محیط هیدروپونیک ۵۰

۳-۴-۱.بررسی طول ساقه ۵۲

۳-۴-۲.بررسی طول ریشه ۵۲

۳-۴-۳.بررسی وزن خشک گیاه ۵۳

۳-۴-۴.بررسی طول دمبرگ ۵۴

۳-۴-۵.بررسی سطح برگ ۵۴

۳-۵.نتایج فعالیت آنزیمی ۵۵

۳-۵-۱.سنجش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز ۵۶

۳-۵-۲.سنجش میزان فعالیت آنزیم پر اکسیداز ۵۷

۳-۶.بررسی برش‌های میکروتومی در تیمار نانوذرات با زمان‌های متفاوت ۵۷

۳-۶-۱. ساختار ریشه در برش طولی ۵۷

۳-۷.نتایج برش‌های دستی ۶۲

فصل چهارم.بحث و نتیجه گیری

۴-۱.ارزیابی نانوذرات ۶۶

۴-۲.اثر نانوذرات Fe_3O_4 بر جوانه زنی دانه کلزا ۶۷

۴-۳.اثر نانوذرات Fe_3O_4 بررشد گیاه کلزا ۶۸

۴-۴.اثر نانوذرات بر میزان فعالیت‌های آنزیمی ۷۱

۴-۵.بررسی برش های میکروتومی ۷۲

۴-۶.بررسی برش های دستی ۷۲

پیشنهادات ۷۴

منابع ۷۵

بغض بهار را ؛ مقدم بارانیت شفاست

ای گل ظهور کن ؛

تو نباشی بهار نیست.

و تقدیم به:

لحظه لحظه آب شدن را برگزیدی تا بالیدن امروزم را به نظاره بنشینی .

نخستین دسترنجم را نثار قدومت می کنم شاید که نشانی باشد از سپاس.

به اسم اعظمت قسم مادر تا همیشه دوستت دارم

و وجود پرمهرت را سراپا نیازم.

سپاسگزاری

منت خدای را که بر دلها جوینده نور است و یاد او مایه حلاوت.هم او که جان داد و پروراند.پای حرکت د اد برای پوییدن راه حقیقت و مجالی برای کسب معرفت که جز به لطف و کرمش نتوان قطره ای از دریای بی کران علمش چشید.

اینک که به فضل خداوند منان مراحل تحقیق و نگارش این پایان نامه به اتمام رسیده است برخود لازم می دانم که از تمامی کسانی که با بذل عنایات خویش اینجانب را یاری کرده اند، سپاسگزاری نمایم.

از زحمات و راهنمایی های استاد ارجمند جناب آقای دکتر احمد مجد که افتخار شاگردی ایشان را در دو دوره از تحصیلاتم داشتم وهمواره معلمی دلسوز در زندگی اینجانب بوده اند کمال تشکر و قدر دانی را دارم. ازجناب آقای دکتر سعید آیریان به خاطر پذیرفتن راهنمایی اینجانب و مساعدت ایشان در مراحل مختلف این پژوهش، صمیمانه سپاسگزارم. جناب آقای دکتر محمد اسماعیل کفایتی از دانشگاه صنعتی امیرکبیر که به علت پاره ای از مشکلات اداری ، امکان ذکر نام ایشان را در پایان نامه نداشتم،کمک های فکری و راهنمایی های ارزنده ای را به اینجانب ارائه فرمودند که بی نهایت از ایشان سپاسگزارم.

ازاستاد گرامی سرکار خانم دکتر فرزانه نجفی که زحمت داوری پایان نامه اینجانب را به عهده داشتند، بسیار متشکرم.

از خانم‌ها سودابه و سمیه جعفری به پاس کمک های بی شائبه ایشان در انجام کارهای آماری و ویرایش این پایان نامه بسیار سپاسگزارم.همچنین از مسئو.لین محترم آزمایشگاه به خاطر همکاری صمیمانه شان قدر دانی می نمایم.

از کلیه دوستا ن عزیزم که مرا در انجام این پایان نامه یاری داده اند به ویژه خانم‌ها، زهرا حاتمی و مهدیه عزیزی صمیمانه تشکر می نمایم و برای کلیه آنهاآرزوی سلامتی و توفیق روز افزون از خداوند منان را دارم.

چکیده

کاربرد روبه رشد نانوتکنولوژی لزوم انجام بررسی های وسیع در زمینه اثر این ترکیبات بر محیط، از جمله گیاهان را بیان می‌کند.در این میان نانوذرات مگنتیت به علت داشتن سازگاری زیستی بالا ،از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. در پژوهش حاضر، نانوذرات مورد نظر ، از واکنش نمک آهن II ($FeSO_4$) و III ($FeCl_3$) در محیط بازی تهیه و سپس توسط آمینواسید گلایسین پوشش داده شد. پس ازتعیین ویژگی های نانوذرات سنتز شده توسط میکروسکپ الکترونی SEM ،جهت تعیین غلظت بهینه نانوذرات ،ابتدا بذرها در سه غلظت $mg.L^{-1}$ ۲۵۰، ۴۵۰ و ۶۰۰ خیسانده شدند و سپس مورد آزمون جوانه زنی قرار گرفتند. در ادامه، بذرها پس از خیسانده شدن در مدت زمان‌های۲، ۴، ۸ ،۱۲ و ۲۴ ساعت درغلظت تعیین شده از مرحله قبل ، مجددا موردآزمون جوانه زنی قرار گرفتند و در نهایت پارامترهای رشدی گیاه ارزیابی شدند. در بخش دیگر این مطالعه ،گیاهک های ۴ روزه به دو محیط هیدروپونیک متفاوت از نظر فراهم آوری آهن شامل ml Fe-EDTA ۱ (کنترل)، ml Fe-EDTA ۱/۴(کمبودآهن) ، منتقل شدند. پس از ۱۰ روز، به تعدادی از گیاهان در محیط کمبود آهن، نانوذرات مگنتیت اضافه گردید. پس از ۳۰ روز، پارامترهای رشدی و همین طور تغییرات آنزیمی در گیاهان تحت تیمار، مورد بررسی قرار گرفت .جهت انجام بررسی های تکوینی ،برش‌هایی ازمریستم نوک ریشه و بخش های بالاتر آن و همین طور ساقه و برگ تهیه گردید. نتایج نشان داد که غلظت $mg.L^{-1}$ ۴۵۰ دارای بیشترین میزان سرعت جوانه زنی و رشد طولی ریشه در بین سه غلظت ذکر شده می باشد؛ لیکن تماس طولانی مدت (۲۴ساعت) بذرها با این غلظت از نانوذرات ، باعث کاهش چشمگیر مشخصه هایی همچون طول ریشه ، هیپوکوتیل و وزن خشک گیاهچه گردید. ارزیابی های محیط هیدروپونیک نشان داد که حضور نانوذرات ،کمبودآهن را در گیاه جبران کرده و باعث ادامه روند رشد طبیعی گیاه می شود.از طرف دیگر

سنجش های آنزیمی، عدم تغییر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را نشان داد که این مطلب بیانگر عدم تا ثیر ورود نانوذرات در ایجاد تنش در گیاه کلزا می باشد. بررسی های تکوینی نشان داد که تیمار ۲۴ ساعت باعث واکوئله شدن و تخریب سلول‌های پارانشیم پوستی نوک ریشه می شود .کاهش اندازه و افزایش تعداد دسته های آوندی در برش‌های تهیه شده ازساقه درتیمار نانوذرات، مشهود می باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت و اندازه نانوذرات و همین طور مدت زمان تماس بذرها با این ترکیبات،تعیین کننده میزان سمیت آن‌ها در گیاهان می باشند.از طرف دیگر ، مشخص شد که احتمالا نانوذرات Fe_3O_4 در غلظت بهینه، می توانند بدون ایجاد آثار سمیت در گیاه، کمبود آهن را در آن جبران کنند.

کلیات

۱-۱. تعریف/ پیشینه فناوری نانو

پیشوند نانو در عبارت نانوفناوری، به معنی یک میلیاردم (۱×۱۰^{-۹}) است (تقوی نیا، ۱۳۸۹). به بیان ساده علم نانو مطالعه اصول اولیه مولکول‌ها و مواد با ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است و نانوفناوری با ساختارهای مختلف ماده که دارای ابعادی از این مرتبه هستند سر و کار دارد (کریم زاده، ۱۳۸۴). با وجود اینکه عبارت نانوفناوری نسبتاً جدید است، وجود وسایل کاربردی و ساختارهای با ابعاد نانومتر تازگی ندارد و در حقیقت قدمت برخی ساختارها با عمر زمین برابری می‌کند. صدف دریایی که یک جانور نرم‌تن است پوسته‌های بسیار محکم خود را که سطوح داخلی رنگارنگی دارند به وسیله قرار دادن کربنات کلسیم در قطعه‌های نانوساختار محکمی که با چسبی از مخلوط کربوهیدرات ـ پروتئین به هم متصل می‌شوند می‌سازد. به دلیل وجود این قطعات نانوساختار، شکاف‌هایی که در سطح خارجی ایجاد می‌شود به درون پوسته نمی‌رسند. این پوسته‌ها اثباتی طبیعی بر این مطلب هستند که ساختارهای نانومتری می‌توانند بسیار مستحکم‌تر از ساختارهای عادی باشند (تقوی نیا، ۱۳۸۹).

ریچارد فایمن، برنده جایزه نوبل ۱۹۶۵، در سال ۱۹۶۰، در گردهمایی انجمن فیزیک آمریکا، سخنرانی نظری و پیشگویانه‌ای با عنوان «فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد» ایراد کرد که در آن زمینه‌ای راجع به امکان و ظرفیت موادی با اندازه نانو مطرح شده بود. او پیشنهاد کرده بود که اتم‌های منفرد، برای ساختن ساختارهای کوچک جدیدی که خواص بسیار متفاوتی دارند به کار برده می‌شود. اگرچه فایمن سخنرانی نظری‌اش را در سال ۱۹۶۰ ارائه داد، لیکن فعالیت‌های تجربی روی ذرات ریز فلزی در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ وجود داشت. در آن زمان به این فعالیت‌ها نانوفناوری نمی‌گفتند و تعداد این آزمایشات هم انگشت شمار بود. به عنوان مثال، ساختن نانوذرات فلزات قلیایی به وسیله تبخیر فلز سدیم یا پتاسیم و سپس چگالش آن‌ها روی مواد سردتری که زیرلایه نامیده می‌شدند، از آن جمله بود.

در هر حال، تا دهه ۱۹۸۰ که با ظهور روش‌های مناسب ساخت نانوساختارها افزایش قابل ملاحظه‌ای در فعالیت‌های تحقیقاتی رخ داد، پژوهشهای زیادی صورت نمی‌گرفت. اختراع میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)[1] و میکروسکوپ نیروی اتمی(AFM)[2] در طی این دوره، ابزارهای مهمی را برای مطالعه ویژگی‌ها و کارکردن با نانوساختارها در مقیاس اتمی فراهم کرد (تقوی نیا، ۱۳۸۹).

مبحث نانوفناوری اولین بار توسط پرفسور اریک درکسلر فارغ‌التحصیل دانشگاه MIT[3] آمریکا به عنوان رساله دکتری مطرح گردید. او به عنوان یکی از پیشگامان توجه به فناوری‌های نوظهور و اثرات آنها در آینده محسوب می‌شود. اریک درکسلر دارای تألیفات متعددی است که یکی از مشهورترین آنها موتورهای آفرینش[4] می‌باشد که در سال ۱۹۸۶ آن را به رشته تحریر درآورد (دولت سرا، ۱۳۸۵).

در سال ۱۹۹۶، تعدادی از مؤسسه‌های دولتی به رهبری بنیاد ملی علوم آمریکا مأموریت یافتند تا مطالعه‌ای را برای ارزیابی وضعیت تمایلات تحقیقات و پیشرفت‌های متداول جهانی در زمینه علم نانوفناوری انجام دهند. توصیه آنها باعث شد دولت آمریکا کمیته‌ای برای فراهم آوردن سرمایه اصلی و ایجاد ستاد ملی نانوفناوری تشکیل دهد. این مطالعه دو نتیجه کلی در بر داشت:

۱ـ مواد برای رسیدن به خواص و عملکرد جدید بهتر است نانوساختار شوند.

۲ـ این بررسی شناسایی محدوده وسیعی از رشته‌هایی بود که در توسعه این زمینه از علم سهیمند، به طوری که کار روی نانوفناوری می‌تواند در دانشکده‌های فیزیک، شیمی، علوم زیست محیطی و همچنین دانشکده‌های برق و مکانیک نیز انجام گیرد. بنابراین، ماهیت بین

[1] Scaning tunneling Microscope
[2] Atomic Force Microscope
[3] Inistitute Massachusete of Technology
[4] Engines of creation

رشته‌ای این زمینه، درک و پیشرفت در حیطه‌های دیگر را تا حدی برای محققان فعال در این بخش مشکل می‌کند (تقوی نیا، ۱۳۸۹).

۱-۲. اهمیت اقتصادی فناوری نانو

نانوفناوری، فناوری نوظهور و یکی از اجزای کلیدی پیشرفت‌های فنی قرن حاضر است. به کارگیری مواد با ساختارهایی بر پایه ابعاد نانومتری ما را به سمت توسعه و ارائه راه‌حل‌های نوید بخش، برای تولید محصولات برتر در آینده رهنمون ساخته است. نانوفناوری به مفهوم جدی آن پس از فراز و نشیب فراوان و پیش زمینه‌های قبلی آن تقریباً از سال ۲۰۰۰ به بعد از حالت تخیل علمی خارج شد و به صورت یک روند کلان درآمد و تغییر ذهنیت عمومی در اقتصاد را موجب گردید. سرمایه‌گذاری مستقیم دولت‌های جهان در این زمینه از سال ۱۹۹۷ تا سال ۲۰۰۰، یعنی طی شش سال، پنج برابر شده است. ژاپن، ایالات متحده آمریکا و اروپا به ترتیب با ۶۵۰، ۶۰۴ و ۴۵۰ میلیون دلار در سال ۲۰۰۰،کشورهای برتر در سرمایه‌گذاری مستقیم بین دولت‌های جهان به شمار می‌آمده‌اند (دولت سرا، ۱۳۸۵). در سال ۲۰۰۵، سرمایه‌گذاری کلی جهان در حوزه فناوری نانو، از چهار میلیارد دلار فراتر رفت و پیش‌بینی می‌شود که ارزش سالیانه برای محصولات مرتبط با نانوفناوری تا سال ۲۰۱۵ به یک ترلیون دلار برسد (تقوی نیا، ۱۳۸۹). بنابراین، سال‌هاست که رقابت در این زمینه آغاز شده است و با شتاب زیادی ادامه دارد و نانوفناوری، به عنوان فناوری برتر قرن ۲۱، در کنار فناوری‌های کامپیوتر، اطلاعات و زیست‌فناوری در حال رشد می‌باشد.

به نظر می‌رسد که نانوفناوری در حال تبدیل شدن به مهم‌ترین نیروی اقتصادی آینده است و اثرات بالقوه آن بسیار فراتر از انقلاب صنعتی پیش‌بینی می‌شود (Zhang and Karn, 2005).

۱-۳. برتری فناوری نانو

اساس نانوفناوری درک خواص و رفتار جدیدی است که ذراتی با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر به نانوساختارهایی که از آن ذرات ساخته شده‌اند، منتقل می‌کند. دلیل به وجود آمدن این خواص، آن است که ذراتی با ابعاد کوچک‌تر از طول‌های مشخصه، با پدیده‌های ویژه‌ای در ارتباطند که اغلب فیزیک یا شیمی جدیدی را بروز می‌دهند و منجر به رفتار جدید وابسته به اندازه می‌شوند. مشاهده شده است که وقتی اندازه ذرات از یک مقدار بحرانی کمتر می‌شود، خواصی مانند ساختار الکترونی، رسانایی، واکنش پذیری، دمای ذوب و خواص مکانیکی آن ذره‌ها تغییر می‌کند. این وابستگی رفتار به اندازه ذرات، به محقق اجازه می‌دهد که خواص آن ذرات را رهبری و اداره کند (تقوی نیا، ۱۳۸۹).

۱-۴. حوزه‌ها و کاربرد نانوفناوری

هر فناوری باید با به کارگیری علم برای تولید مفید و مقرون به صرفه کالاها و خدمات رشد کند و امروزه فناوری نانو است که دنباله‌روی این هدف می‌باشد. به واسطه ارتباط این فناوری با آجربنای مولکولی، این حوزه با بسیاری از چیزهایی که به صورت روزمره از کنار آنها می‌گذریم، ارتباط دارد. دانشمندان برای فناوری نانو کاربردهای متعددی متصورند که جایگاه و اهمیت آن را در منابع اقتصادی، ممتاز می‌کند و آنها را به تحقیق در زمینه‌های مختلفی، همچون پزشکی، محیط زیست، نفت، پتروشیمی، انرژی، الکترونیک، ارتباطات، کامپیوتر، خودرو، پوشاک و غیره هدایت می‌کند.گزیده‌ای از کاربردها به شرح زیر می‌باشد:

ـ **پزشکی**: در حیطه پزشکی، سه محدوده اصلی وجود دارد که فناوری نانو، می‌تواند در آنها انقلاب ایجاد کند: پیشگیری، تشخیص و درمان.

فناوری نانو، از طریق نظارت مؤثرتر بر سلامتی فردی و ایجاد محیط‌های بیمارستانی پاک و ضدعفونی شده، اجازه فعالیت باکتری‌ها و ویروس‌ها را نخواهد داد. در زمینه تشخیص، نانوحسگرها و نقاط کوانتومی، به ترتیب نقش زیادی را در شناخت سریع بیماری‌های ژنتیکی (سرطان) و واگیردار (ویروسی و باکتریایی) و تصویربرداری پزشکی ایفا می‌کنند. در درمان بیماری، امکان استفاده از داروهای شخصی برای بیماران و متناسب با بیماری آنها، توسط فناوری نانو فراهم خواهد شد و در عین حال، هدایت دقیق داروها به سمت اهداف خاص، توسعه می‌یابد.

ـ کشاورزی و مواد غذایی: نانوفناوری، این توانایی و ظرفیت را دارد که ابزار و تحقیقاتی را برای تغییر آینده فناوری در کشاورزی و تولید مواد غذایی فراهم کند. محققان، با به کار گیری اصول فناوری نانو، توانسته‌اند غذاها و نوشیدنی‌های مغذی تولید کنند، بسته بندی را بهبود دهند و حسگرهای زیستی ویژه‌ای به وجود آورند که می‌توانند سلامت غذاها و دام‌ها را به دقت تحت کنترل داشته باشند. جایگزین کردن کودهایی با هزینه کمتر و کارآیی بیشتر و تعیین میزان آفت‌کش‌ها در مزارع، از کاربردهای دیگر این فناوری در کشاورزی می‌باشد.

ـ انرژی: انرژی یکی از مسایل مهم امروز و آینده است. فناوری نانو کمک می‌کند تا انرژی‌های مختلف، با بازدهی بیشتری برق تأمین کنند؛ یا حتی روش‌های دیگری برای تأمین انرژی ایجاد شود. این فناوری در انتقال انرژی تا تحویل آن به واحدهای مصرف کننده، کمک به کاهش اتلاف انرژی می‌نماید. فناوری نانو در ذخیره بیشتر انرژی، به طور مشخص ذخیره انرژی در باتری‌ها و خازن‌ها، نقش بارزی را ایفا می‌کند.کاهش میزان مصرف برق، بهینه سازی مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌ها از کاربردهای دیگر این فناوری در این حوزه می‌باشد (سلیمی و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۵. نانو مواد/ نانوذرات

به طور کلی، نانومواد در چهار گروه دسته‌بندی می‌شوند:

۱ـ مواد بر پایه کربن، که به طور معمول شامل فولرین‌ها، نانولوله‌های کربنی تک دیواره (SWCNT)[5] و نانولوله‌های کربنی چند دیواره (MWCNT)[6] می‌باشد.

۲ـ مواد بر اساس فلزات، که نقاط کوانتومی، نانوذرات طلا، روی، آلومینیوم و اکسیدهای نانومقیاس مثل TiO_2 و Al_2O_3 را در برمی‌گیرد.

۳ـ دندریمرها، که پلیمرهای نانواندازه با واحدهای شاخه داری هستند که توانایی لازم برای انجام عملکردهای شیمیایی خاص را دارند.

۴ـ کامپوزیت‌ها، که از ترکیب یک نانوذره با نانوذرات دیگر و یا مواد توده‌ای (در ابعاد بزرگ) بزرگ‌تر به دست می‌آیند (USEPA,2005).

از میان زمینه‌های مختلف، نانوذرات در مرکز توجه بسیاری از محققین و تولیدکنندگان قرار دارند. خواص این ذرات و سهولت نسبی فراوری آنها با دانش کنونی بشر، موجب شده است که بتوان به طور صنعتی این مواد را تولید کرد. ویژگی اصلی نانوذرات، نسبت سطح به حجم بالای آن‌ها است؛ یعنی اتم‌های موجود در سطح،کسر بالایی از اتم‌های سازنده یک جسم را تشکیل می‌دهند. واضح است که انرژی اتم‌ها در سطح، با انرژی آن‌ها در داخل مواد حجیم متفاوت است. بنابراین، انتظار می‌رود خواص این ذرات به اندازه آن‌ها بستگی زیادی داشته باشد؛ به طوری که هرچه ذرات کوچک‌تر می‌شوند، این وابستگی نیز افزایش می‌یابد (سیم‌چی، ۱۳۸۷). ویژگی دیگر نانوذرات، داشتن گاف انرژی (فاصله بین دو تراز) زیاد در مقایسه با مواد توده‌ای است؛ به طوری که با تکیه بر این ویژگی می‌توان ذراتی با گاف انرژی دلخواه تهیه کردکه قادر به جذب طول موج خاص و در نتیجه رنگ خاصی هستند. به عنوان مثال، مواد با

[5] Single Wall Carbon Nanotube
[6] Multi Wall Carbon Nanotube

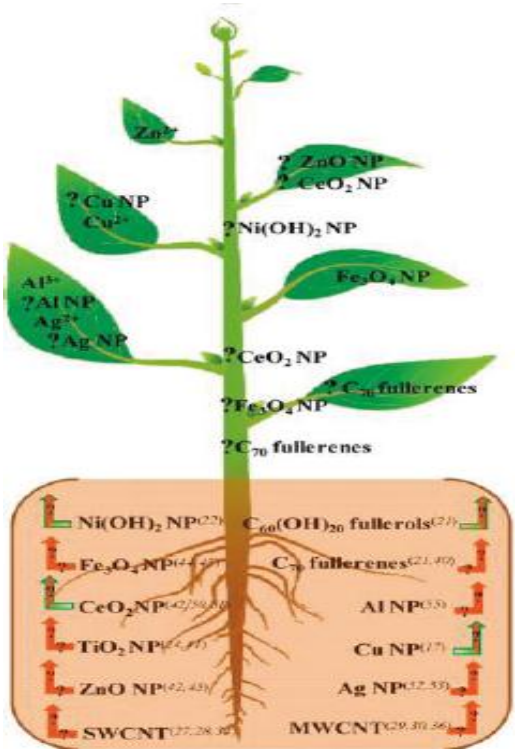
ابعاد کمتر از ۵ نانومتر، حالات الکترونی، نوری، مغناطیسی و کاتالیستی منحصر به فردی را که با نمونه توده‌ای آنها متفاوت است، از خود نشان می‌دهند (Handy *et al*. 2008).

۱-۶. اثر نانوذرات بر گیاهان

بررسی اثر نانوذرات بر گیاهان و چگونگی برهم‌کنش بین آنها در جهت اهداف مختلف همچون ارزیابی سمیت (Handy *et al*. 2008)، مقابله گیاه با پاتوژن و افزایش تولید متابولیت ثانویه از زمینه‌هایی است که نانوفناوری در دهه گذشته در آن وارد شده است (Ma *et al*. 2010; Nair *et al*. 2010).

ازجمله نانوذرات متداول که اثر آنها روی گیاهان مطالعه شده است، می‌توان آهن (Fe)، مس (Cu)، اکسید تیتانیوم (TiO_2)، روی (Zn)، نقره (Ag) و آلومینیوم (Al) را نام برد. به عنوان مثال، نانوذرات آهن و اکسید آهن به ترتیب اثر آشکاری را روی افزایش میزان جوانه‌زنی غده سیب‌زمینی و افزایش وزن خشک نیام و برگ در سویا داشتند (Sheykhbaglou *et al*. 2010, Chalenko *et al*. 2010). در کدو، تیمار نانوذرات اکسید آهن باعث افزایش طول ریشه گردید. اگرچه هیچ اثر منفی آشکاری روی مراحل رشد گیاهان کدو دیده نشد؛ اما وجود نانوذرات باعث القای استرس اکسیداتیو و فعالیت بالاتر آنزیم‌های آنتی اکسیدانت نسبت به ذرات توده‌ای Fe_3O_4 گردید (Wang *et al*. 2011). این در حالی است که اثر نانوذرات اکسید آهن بر آرابیدوپسیس در غلظت‌های بالا (۴۰۰۰-۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث کاهش درصد جوانه‌زنی، طول ریشه و کاهش تعداد برگ‌ها گردید (Lee *et al*. 2010). اثر نانوذرات مس بر روی رشد دو گیاهک گندم و لوبیا، مهار رشدی آن‌ها را در غلظت‌های ۱۰۰۰-۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب شد. بررسی EC50 (مقداری که در آن حد، ۵۰٪ تیمارها از بین می‌روند) مرتبط با رشد گیاهک‌ها، حساسیت بیشتر لوبیا را نسبت به گندم نشان داد؛ به طوری که علایم نکروز نیز در

ریشه‌های تحت تیمار مشاهده گردید (Lee *et al*. 2008). از طرف دیگر، همین نانوذرات در کاهو باعث افزایش نسبت وزنی $\frac{\text{ساقه}}{\text{ریشه}}$ در مقابل کنترل، گردید که این امر نشان دهندهٔ اثر مثبت نانوذرات مس بر روی رشد گیاه است (Shah and Belozerova, 2009). تیمار اسفناج با نانوذرات TiO_2، باعث افزایش رشد، از طریق تقویت فتوسنتز در برگ‌ها و توانایی تثبیت نیتروژن در ریشه‌ها گردید (Yang*et al*. 2006 ؛Yang*et al*. 2007؛Hong *et al*. 2005). مطالعات نشان داده است که نانوذرات Zn و ZnO، باعث کاهش درصد جوانه‌زنی در چاودار و ذرت و کاهش طول ریشه به میزان آشکاری در ترب، کلزا، چاودار، کاهو و خیار شده است (Lin and Xing,2007).



شکل۱-۱. نمایی از ورود انتخابی و جابه‌جایی نانوذرات (Rico *et al*. 2011)

۱-۷. نانو ذرات اکسید آهن

در حدود ۴۰ سال، ذرات کوچک اکسید آهن در تشخیصات *in vitro* کاربرد داشته است. در دهۀ گذشته مطالعات چشمگیری در مورد چندین نوع اکسید آهن در مقیاس نانو (مگنتیتFe_3O_4، مگهمیتγ-Fe_2O_3) انجام شده است که از بین آن‌ها مگنتیت (Fe_3O_4) به علت داشتن سازگاری زیستی بالا، کاندیدی پیشرو می‌باشد (Schwertmann and Cornell,1991).

مگنتیت، یک اکسید آهن مغناطیسی متداول با ساختار مارپیچ معکوس سه بعدی است که همراه با اکسیژن یک شبکۀ FCC[۷] ایجاد می‌کند و کاتیون‌های آهن بخش‌های چهار وجهی درونی و هشت وجهی را اشغال می‌کنند (Teja and Koh,2009). اثرات اندازه کوانتومی و سطح بالای نانوذرات مغناطیسی، به طور واضح با تغییر در خواص مغناطیسی، باعث ایجاد پدیدۀ اَبَرپارامغناطیس می‌گردد؛ زیرا هر ذره به عنوان یک منطقۀ مغناطیسی منفرد در نظر گرفته می‌شود (Goya *et al*. 2003).

مهم‌ترین مزیت استفاده از این نانو ذرات، امکان کنترل و رهایش هدفمند آنها در درون گیاه با توجه به ایجاد خاصیت مغناطیسی قابل ملاحظه در فاز نانو (اَبَرپارامغناطیس) می‌باشد. بدین ترتیب که می‌توان، با استفاده از میدان‌های مغناطیسی خارجی، ورود، جابه‌جایی و موقعیت ویژۀ این ترکیبات (کم‌تر از ۵۰ نانومتر) را درون گیاهان و جانوران تعیین نمود (Zhu *et al*. 2008؛ Corredor *et al*. 2009) و یا اینکه با اتصال ترکیب خاصی با توجه به هدف مورد نظر در گیاه یا جانور، نانوذره را به منطقه معینی (انتقال مادۀ خاص) هدایت کرد (Zhang *et al*. 2002).

[7] Face Center Cubic

۱-۷-۱. سیالات مغناطیسی

سوسپانسیون‌های پایداری از نانوذرات مغناطیسی در حلال‌های آلی و غیر آلی، سیالات مغناطیسی نام دارند. در سال‌های گذشته، علاقه برای مطالعه اثرات زیستی القاء شده توسط حضور این ترکیبات در محیط کشت گیاهان (Cotae and Creanga,2005؛ Sala,1999) و جانوران (Goovaerts *et al*. 1999) افزایش یافته است. اثرات ژنتیکی این نانوذرات که باعث تغییرات کروموزومی در گیاهان جوان شده است، توجهات زیادی را در زمینه زیست‌فناوری گیاهی به خود جلب کرده است (Racuciu ؛Pavel and Creanga, 2005؛Pavel *et al*. 1999 Racuciu and Creanga ,2007c؛ and Creanga ,2009a). مطالعه اثر این ترکیبات روی پارامترهای فیزیولوژیکی همچون سطوح کلروفیل‌ها و میزان فتوسنتز نقش تحریکی آن‌ها را در غلظت‌های تعیین شده در افزایش محتوای این دو متغیر نشان می‌دهدکه این مطلب خود حاکی از اثر مثبت نانوسیالات مغناطیسی بر روی رشد گیاهان می‌باشد (Voica *et al*. 2003؛ Cotae and Creanga,2005؛Pintilie *et al*. 2006). این اثر تحریکی ممکن است بر اساس اهمیت آهن در گیاهان باشد.

مسألهٔ مهم در تهیهٔ نانوذرات، پایداری کلوئید آن‌ها است. وجود سطح بالا و آب‌گریز در نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن، موجب برهم کنش‌های واندروالس بین ذرات می‌گردد. در نتیجه ذرات تجمع می‌یابند و خوشه‌هایی بزرگ را ایجاد می‌کنند که این خود باعث افزایش اندازه ذرات می‌شود (Gupta and Gupta,2005). پوشش دادن ذرات با سورفکتانت‌های مولکولی غیرمغناطیسی از نزدیک شدن هسته‌های نانومغناطیسی جلوگیری می‌کند و احتمال تجمع (آگلومره) شدن را کاهش و پایداری محلول را افزایش می‌دهد (Racuciu and Creanga 2009b,). از جمله این پوشش‌ها می‌توان به پلیمرهایی همچون PEG (Zhang*et al*,2002) دکستران (Berry and Curtis, 2003) و ترکیباتی همچون اسیدهای چرب (Sahoo*et al*.