بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده‌ی علوم کشاورزی

گروه آموزشی زراعت و اصلاح نباتات

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش زراعت

عنوان:

تاثیر نانو کود بیولوژیک (بیوزر) در مقایسه با کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی رقم آگریا

اساتید راهنما:

دکتر احمد توبه

دکترمحمد تقی آل ابراهیم

اساتید مشاور:

دکتر سدابه جهانبخش

مهندس شهزاد جماعتی ثمرین

پژوهشگر:

سعید جمال پور

مهر ۹۳

دانشکده‌ی علوم کشاورزی

گروه آموزشی زراعت و اصلاح نباتات

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش زراعت

عنوان:

تاثیر نانو کود بیولوژیک بیوزر در مقایسه با کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی رقم آگریا

پژوهشگر:

سعید جمال پور

ارزیابی و تصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان‌نامه با درجه‌ی عالی

نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی علمی	سمت	امضاء
دکتراحمد توبه	دانشیار	استاد راهنما ی اول	
دکترمحمد تقی آل ابراهیم	استادیار	استاد راهنمای دوم	
خانم دکتر سدابه جهانبخش	استادیار	استاد مشاور	
مهندس شهزاد جماعتی	فوق لیسانس	استاد مشاور	
دکتر پریسا شیخ زاده	استادیار	داور	

مهر ۹۳

تقدیم به:

به پدر و مادرم که تمامی وجودم از وجود آنها ست.

تقدیر و تشکر:

به نام آنکه همه جانشان از او دارد و شمیم وجودش همه جا را آگنده است.

خداوند بزرگ را سپاس می گزاریم که توفیق تفکر و تحقیق را ارزانی مان داشت و نون و قلم آن را به سامانی معهود رسانید تا به پشتبانی خانواده ام و راهنمایی های ارزنده و گرانمایه اساتید بزرگوارم این مقطع تحصیلی را بتوانم با موفقیت به پایان برسانم.

در این مجال بر خود وظیفه می دانم تا از راهنمائیهای ارزشمند و بی دریغ جناب آقای دکتر احمد توبه و جناب آقای دکتر محمد تقی آل ابراهیم که زحمت هدایت و راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند؛ سرکار خانم دکتر سودابه جهانبخش و آقای مهندس شهزاد جماعتی که زحمت مشاوره این پایان نامه را قبول فرمودند و باعث غنای هر چه بیشتر این پایان نامه شدند؛ سرکار خانم دکتر پریسا شیخ زاده که داوری این تحقیق را قبول فرمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

در پایان بر خود وظیفه می دانم از خانواده گرامیم که در طول دوران تحصیل سختی های فراوانی را تحمل کردند، نهایت تشکر و سپاسگذاری را داشته باشم.

نام خانوادگی دانشجو: جمال پور نام: سعید

عنوان پایان‌نامه: : تاثیر نانو کود بیولوژیک (بیوزر) در مقایسه با کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی رقم آگریا

اساتید راهنما: دکتر احمد توبه – دکترمحمد تقی آل ابراهیم

اساتید مشاور: دکتر سدابه جهانبخش– شهزاد جماعتی ثمرین

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی کشاورزی

گرایش: زراعت دانشگاه: محقق اردبیلی

دانشکده: علوم کشاورزی تاریخ دفاع: ۹۳/۷/۸ تعداد صفحات: ۶۶

جکیده: به منظور بررسی تاثیر نانو کود بیولوژیک (بیوزر) در مقایسه با کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی رقم آگریا آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۳ تکرار در مزرعه شخصی واقع در منطقه دوزدوزان (شهرستان سراب) اجرا شد و کارهای آزمایشگاهی آن در آزمایشگاه‌های علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. تیمارها شامل سطوح کودی ۱۸۰ و۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و فسفر خالص، نانو کود به صورت محلول در آب ۳ کیلوگرم در هکتار و بذرمال ۲ کیلوگرم در هکتار، که نانو کودها و کودهای شیمیایی به‌صورت مجزا و در ترکیب با یکدیگر بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر سطوح کودی بر تعداد غده در بوته، وزن متوسط غده، عملکرد تک بوته، وزن مخصوص غده، عملکرد در هکتار، عملکرد قابل فروش، ارتفاع بوته، قطر ساقه، درصد نشاسته، میزان لیزین در پروتئین غده، درصد پروتئن، عملکرد پروتئین، میزان ازت جذب شده و درصد ازت غده‌ها معنی دار بوده، ولی در صفات عملکرد نشاسته در هکتار و درصد ماده خشک غده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که بیشترین مقادیر تعداد غده در بوته، وزن متوسط غده، عملکرد تک بوته، وزن مخصوص غده، عملکرد در هکتار، عملکرد قابل فروش، ارتفاع بوته، قطر ساقه، میزان لیزین در پروتئین غده، درصد پروتئن و عملکرد پروتئین در تیمارهایی که نانو کود و کودهای شیمیایی در ترکیب با یکدیگر بودند مشاهده گردید. بیشترین میزان نشاسته در تیمار نانو کود به‌صورت بذرمال و محلول در آب بود حاصل شد. بیشترین درصد نیتروژن و نیتروژن کل در سطح کودی نیتروژن و فسفر بدست آمد. نانو کودها در ترکیب با کودهای شیمیایی می توانند حداقل تا ۵۰ درصد جایگزین کودهای شیمیایی شده و تاثیر مثبت و معنی داری بر روی اکثر صفات کمی و کیفی مورد بررسی داشته و در مواردی بهتر از ۱۰۰ درصد مصرف کودهای شیمیایی نتیجه بخش باشند. نانو کود بیولوژیکی (بیوزر) در ترکیب با کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر باعث بهبود ویژگی های کمی و کیفی سیب‌زمینی با کاهش مصرف کودهای شیمیایی شد.

کلید واژه‌ها: نانو کود بیولوژیکی (بیوزر)، کودهای شیمیای، عملکرد، سیب‌زمینی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- عناصر کم مصرف..... ۳

۱-۳- نقش عناصر کم مصرف در محصولات کشاورزی..... ۳

۱-۴- عناصر پر مصرف..... ۴

۱-۴-۱- فسفر..... ۵

۱-۴-۲- نیتروژن..... ۵

۱-۵- مفهوم وازه نانو..... ۶

۱-۶- اهمیت فناوری نانو در بخش کشاورزی..... ۶

۱-۷- جایگاه و نقش نانو کودها در بهبود کارآیی مصرف عناصرغذایی..... ۶

۱-۸- مزایای استفاده از نانو کودها در مقایسه با کودهای مرسوم..... ۷

۱-۹- مبدا و تاریخچه سیب‌زمینی..... ۸

۱-۱۰- مصرف و ارزش غذایی سیب‌زمینی..... ۹

۱-۱۱- اکولوژی سیب‌زمینی..... ۱۰

۱-۱۲- خصوصیات گیاه‌شناسی سیب‌زمینی..... ۱۱

۱-۱۲-۱- ریشه سیب‌زمینی..... ۱۳

۱-۱۲-۲- استولون..... ۱۳
۱-۱۲-۳- غده سیب‌زمینی..... ۱۴
۱-۱۲-۴- جوانه سیب‌زمینی..... ۱۶
۱-۱۲-۵- ساقه و برگ..... ۱۶
۱-۱۲-۶- گل..... ۱۷
۱-۱۳- روش‌های مختلف تکثیر سیب‌زمینی..... ۱۷
۱-۱۳-۱- تکثیر غیرجنسی..... ۱۷
۱-۱۳-۲- تکثیر جنسی..... ۱۸
۱-۱۴- اندازه غده بذری ۱۸
۱-۱۵- مراحل نمو..... ۱۹
۱-۱۵-۱- کاشت تا سبز شدن ۱۹
۱-۱۵-۲- رشد رویشی ۱۹
۱-۱۵-۳- آغاز غده‌بندی..... ۱۹
۱-۱۵-۴- رشد غده..... ۲۰
۱-۱۲- ۵- رسیدگی..... ۲۰
۱-۱۶- بلوغ فیزیولوژیکی غده..... ۲۰
۱-۱۶-۱- دوره استراحت..... ۲۰
۱-۱۶-۲- دوره غالبیت انتهایی..... ۲۱

۱-۱۶-۳- دوره جوانه‌زنی طبیعی..... ۲۱
۱-۱۶-۴- دوره پیری..... ۲۱
۱-۱۷- بررسی منابع..... ۲۲
۱-۱۸- هدف از اجرای آزمایش..... ۲۴

فصل دوم: مواد وروش‌ها

۲-۱- موقعیت جغرافیایی اجرای آزمایش..... ۲۶
۲-۲- نوع آزمایش..... ۲۶
۲-۳- ویژگی‌های رقم آگریا..... ۲۷
۲-۳-۱- مبدأ تولید..... ۲۷
۲-۴- عملیات زراعی..... ۲۷
۲-۴-۱- کاشت..... ۲۷
۲-۴-۲- عملیات داشت..... ۲۸
۲-۴-۳- عملیات برداشت..... ۲۸
۲-۵- روش اندازه‌گیری صفات..... ۲۹
۲-۵-۱- اندازه‌گیری صفات کمّی..... ۲۹
۲-۵-۱-۱- ارتفاع بوته ۲۹
۲-۵-۱-۲- قطر ساقه..... ۲۹

۲-۵-۱-۳- عملکرد تک بوته..... ۲۹
۲-۵-۱-۴- تعداد غده در بوته..... ۲۹
۲-۵-۱-۵- وزن متوسط غده..... ۲۹
۲-۵-۱-۶- وزن مخصوص غده..... ۳۰
۲-۵-۱-۷- عملکرد در هکتار..... ۳۰
۲-۵-۱-۸- عملکرد قابل فروش..... ۳۰
۲-۵-۲- صفات کیفی..... ۳۱
۲-۵-۲-۱- اندازه‌گیری نشاسته غده‌ها..... ۳۱
۲-۵-۲-۲- اندازه‌گیری عملکرد نشاسته در هکتار..... ۳۱
۲-۵-۲-۳- درصد ماده خشک غده..... ۳۱
۲-۵-۲-۴- درصد پروتئین غده‌ها..... ۳۱
۲-۵-۲-۵- عملکرد پروتئن غده‌ها..... ۳۲
۲-۵-۲-۶- درصد نیتروژن کل غده‌ها..... ۳۲
۲-۵-۲-۷- میزان نیتروژن جذب شده..... ۳۲
۲-۵-۲-۸- درصد اسید آمینه لیزین..... ۳۳
۲-۵-۲-۹- تجزیه آماری ۳۴

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- عملکرد تک بوته..... ۳۴

۳-۲- تعداد غده در بوته..... ۳۷

۳-۳- وزن متوسط غده..... ۳۸

۳-۴- قطر ساقه..... ۳۹

۳-۵- عملکرد در هکتار..... ۴۱

۳-۶- عملکرد قابل فروش..... ۴۲

۳-۷- وزن مخصوص غده..... ۴۳

۳-۸- ارتفاع بوته..... ۴۴

۳-۹- درصد ماده خشک غده..... ۴۶

۳-۱۰- میزان نشاسته غده..... ۴۶

۳-۱۱- عملکرد نشاسته در هکتار..... ۴۸

۳-۱۲- درصد پروتئین غده..... ۴۸

۳-۱۳- عملکرد پروتئین غده..... ۵۱

۳-۱۴- نیتروژن کل غده..... ۵۲

۳-۱۵- میزان نیتروژن جذب شده..... ۵۳

۳-۱۶- میزان لیزین در پروتئین غده..... ۵۴

۳-۱۷- نتیجه‌گیری کلی..... ۵۸

۳-۱۸- پیشنهادها..... ۵۸

منابع مورد استفاده..... ۵۹

ضمیمه..... ۶۵

فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان **صفحه**

جدول ۳– ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سیب‌زمینی..... ۴۰

جدول ۳– ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سیب‌زمینی..... ۴۶

جدول ۳–۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سیب‌زمینی..... ۵۰

جدول ۳–۴- میانگین میزان ۷ اسیدآمینه اساسی در گرم به ازای ۱۰۰ گرم پروتئین سیب‌زمینی و ۴ تا گیاه اساسی دیگر..... ۵۶

جدول ۳–۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در سیب‌زمینی..... ۵۷

جدول ۳–۶- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات مورد مطالعه سیب‌زمینی..... ۵۷

جدول ۳–۷- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات مورد مطالعه سیب‌زمینی..... ۵۷

جدول ۳–۸- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات مورد مطالعه سیب‌زمینی..... ۶۰

جدول ۳–۹- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات مورد مطالعه سیب‌زمینی..... ۶۱

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان **صفحه**

شکل ۲– ۱- غده‌های آگریا در سطوح کودی..... ۲۷

شکل ۲–۲- تصویر مزرعه اجرای طرح..... ۲۷

شکل ۲–۳- بوته های نمونه برداری شده جهت اندازه‌گیری..... ۲۷

شکل ۳–۱- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر عملکرد تک بوته سیب‌زمینی..... ۳۴

شکل ۳–۲- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر تعداد غده در بوته سیب‌زمینی..... ۳۸

شکل ۳–۳- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر وزن متوسط غده سیب‌زمینی..... **۳۹**

شکل ۳–۴- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر قطر ساقه سیب‌زمینی..... ۴۰

شکل ۳-۵- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر عملکرد غده سیب‌زمینی در هکتار..... ۴۲
شکل ۳-۶- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر عملکرد قابل فروش سیب‌زمینی..... ۴۳
شکل ۳-۷- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر وزن مخصوص غده سیب‌زمینی..... ۴۴
شکل ۳-۸- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر ارتفاع بوته سیب‌زمینی..... ۴۵
شکل ۳-۹- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر میزان نشاسته غده سیب‌زمینی..... ۴۸
شکل ۳-۱۰- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر درصد پروتئین سیب‌زمینی..... ۵۰
شکل ۳-۱۱- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر عملکرد پروتئین سیب‌زمینی..... ۵۱
شکل ۳-۱۲- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر غلظت نیتروژن کل غده سیب‌زمینی..... ۵۲
شکل ۳-۱۳- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی بر میزان نیتروژن جذب شده سیب‌زمینی.....۵۳
شکل ۳-۱۴- نمودار مقایسه میانگین سطوح کودی برمیزان لیزین در پروتئین غده سیب‌زمینی..... ۵۷

فصل اول

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه

در سال های اخیر نگرانی هایی در سطح جهان درباره عواقب و اثرات جانبی برخی از فعالیت های کشاورزی بر جامعه و محیط زیست ابراز شده است. این نگرانی ها محققین را بر آن داشته تا به فعالیت-های کشاورزی چه در کشورهای صنعتی و چه در کشورهای در حال توسعه نگاهی عمیق تر و دقیق تر داشته باشند و تنگناهای تکنیکی و اجتماعی را بهتر تشخیص و راه‌هایی را برای مقابله با مشکلات ناشی از کشاورزی عرضه کنند. در آغاز قرن ۲۱، جهان شاهد علائمی از نگرانی‌های شدید در رابطه با مجموعه سیستم های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی می باشد. جمعیت جهان در سال ۲۰۰۰ به ۶ میلیارد نفر رسیده است، این میزان در سال ۱۹۸۰، ۴/۴ میلیارد نفر بوده است و در سال ۲۰۲۵، این جمعیت به ۸ میلیارد نفر می رسد (توردونت و همکاران، ۲۰۰۶). سیب‌زمینی یکی از مهمترین گیاهان زراعی در جهان و ایران بوده و از نظر اهمیت غذایی و تولید بعد از گندم و برنج قرار دارد (اصغری و فتحی، ۲۰۱۰). این محصول از نظر توازن پروتئین در غده‌ها، دارا بودن اسیدآمینه مهم سازنده پروتئین، و ویتامین‌ها و مواد معدنی در تغذیه انسان دارای اهمیت ویژه می‌باشد به گونه‌ای که از نظر سطح زیر کشت و تولید در دنیا بعد از گندم، برنج و ذرت در مقام چهارم قرار دارد (خدادادی و مسیحا، ۱۳۷۵). سطح زیر کشت سیب زمینی در ایران ۱۷۶ هزار هکتار می باشد که تولید سالانه این محصول در سال به بیش از ۴ میلیون تن می‌رسد (بی نام، ۱۳۸۸) ایران از لحاظ تولید سیب‌زمینی در جهان رتبه ۱۲ و در آسیا سومین تولید کننده بعد از چین و هندوستان می‌باشد (فائو، ۲۰۱۱). در دهه های اخیر تولید محصولات کشاورزی متکی به مصرف نهاده های شیمیایی بوده که منجر به مشکلات عمده زیست محیطی شده است (کوچکی و همکاران، ۱۹۹۹). یکی از راه‌های رفع این مشکلات استفاده از اصول کشاورزی پایدار در بوم نظام‌های زراعی می باشد (کوچکی و همکاران، ۱۹۹۹). در دنیای امروز که آلودگی های زیست محیطی و غذایی به عنوان یکی از عوامل تهدید کننده بشری به شمار می رود در این میان متأسفانه با کاربرد روز افزون و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی تغییرات و خسارت جبران ناپذیر زیست محیطی، کشاورزی، اقتصادی،

تنوع زیستی، چرخه طبیعت و بهداشت عمومی را در پی داشته‌اند. افزایش بی‌رویه مصرف کودهای شیمیایی به منظور افزایش میزان محصولات باغی و زراعی در کنار صنعتی شدن، کشورهای دنیا را با خطر آلودگی هر چه بیشتر محیط زیست روبه‌رو کرده است. که با تداوم روند کنونی برداشت از منابع طبیعی در آینده‌ای نه چندان دور شاهد اتمام این منابع خواهیم بود. به دلیل محدودیت دسترسی به اراضی زراعی و منابع آب و از طرفی به علت معایبی که کودهای شیمیایی و هزینه بالایی که آنها دارند. رشد بخش کشاورزی تنها از طریق افزایش راندمان استفاده از منابع با حداقل خسارت به بستر تولید به واسطه‌ی استفاده‌ی موثر از تکنولوژی‌های پیشرفته، امکانپذیراست. در این راستا استفاده از نانوکودها یکی از زمینه –های تحقیقاتی امید بخش جهت افزایش راندمان استفاده از منابع و کاهش آلودگی محیط زیست بشمار می آید. استفاده از نانو کودها به منظور کنترل دقیق آزاد سازی عناصرغذایی می‌تواند گامی موثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد (جانگ و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین توجه به این مقوله از فناوری نانو در ایران به عنوان یکی از کشورهای پیشرو در زمینه فناوری نانو و دارای آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بالای سموم و کودهای شیمیایی ضروری به‌نظر می‌رسد (مظاهری نیا و همکاران، ۱۳۹۰).

۱-۲- عناصر کم مصرف

از ۱۶ عنصر غذایی مورد نیاز گیاهان، هفت عنصر، آهن(Fe)، روی(Zn)، منگنز(Mn)، بور(B)، مس(Cu)، مولیبدن(Mo) و کلر(Cl) به مقدار ناچیزی مورد نیاز گیاهان بوده و بدین علت آنها را عناصر کم مصرف یا ریزمغذی می‌نامند. این عناصرغذایی پس از متعادل سازی مصرف کودهای ازته، فسفاته و پتاسیمی نقش خود را در افزایش تولید نشان می دهند. به عبارت دیگر اگر گیاهی از کمبود هر یک از عناصرغذایی اصلی ازت، فسفر، پتاس، کلسیم، منیزیم و گوگرد رنج ببرد تا رفع آن عامل محدود کننده رشد، مصرف کودهای محتوی عناصر کم مصرف سبب افزایش تولید نخواهد گشت (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹).

۱-۳- نقش عناصر کم مصرف در محصولات کشاورزی

نقش عناصرغذایی ریز مغذی در افزایش عملکرد و بهبود وضعیت کیفی محصولات کشاورزی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در ایران، با داشتن خاک آهکی، کاهش مواد آلی خاک‌ها، حلالیت کم این عناصر

در pH آهکی، وجود یون‌های کربنات و بی‌کربنات در آب‌های آبیاری و مصرف بالای فسفر (حدود دو برابر استاندارد جهانی)، کمبود عناصرغذایی به ویژه منگنز، روی و بور در اغلب مزارع و باغ‌ها عمومیت دارد. به دلیل وجود این کمبود ها، عملکرد متوسط محصولات کشاورزی عموما کم بوده و لطمات اقتصادی زیادی از این کمبودها متوجه کشور شده است. کمبود عناصرغذایی کم‌مصرف در بعضی از درختان میوه و محصولات کشاورزی با توجه به مقدار نیاز گیاه، شرایط رطوبتی، درجه حرارت محیط و میزان آبیاری، متفاوت بوده ولی به نظر نگارندگان در راس این عناصر روی می باشد و به علاوه در غلات و درختان میوه، منگنز، در چغندر ، بور، در انگور، منگنز و منیزیم، در دانه های روغنی، آهن، در سیب‌زمینی و پیاز، منگنز و مس، و درگیاهان زینتی، بور و آهن می‌باشد.

در صورت مصرف متعادل کودهای ازته، فسفاته و پتاسیمی، با مصرف کودهای ریزمغذی :

۱- عملکرد محصول افزایش می‌یابد.

۲- این عناصرغذایی در محصولات کشاورزی که برای بهبود سلامتی جامعه مورد نیاز هستند ارتقا می یابد.

۳- در صورت استفاده از بذرهای غنی شده از عناصر کم مصرف برای کشت بعدی، گیاهان از ریشه‌دهی و رشد اولیه بیشتری برخوردار می‌شوند .

نقش عناصر کم‌مصرف (ریز مغذی) در تولید محصولات کشاورزی به شرح ذیل خلاصه می‌شود:

۱- افزایش تولید در واحد سطح،

۲- بهبود کیفیت محصولات (افزایش پروتئین دانه‌ی گندم، افزایش طول عمر انباری پیاز و سیب‌زمینی، خوش خوراکی و...)،

۳- غنی‌سازی محصولات کشاورزی (افزایش غلظت آهن، منگنز، مس، روی، منیزیم، پتاسیم و...)

۴- تولید بذر با قدرت جوانه‌زنی و رشد بیشتر برای کشت‌های بعدی،

۵- کاهش غلظت آلاینده هایی نظیر نیترات و کادمیم در قسمت های خوراکی محصولات کشاورزی (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹).

۱-۴- عناصر پرمصرف

برای داشتن یک گیاه سالم جهت حداکثر رشد غده به همه عناصر اصلی نیاز است. کم یا زیاد بودن

حالت‌های کودی می‌تواند سرعت بزرگ شدن غده را تحت تأثیر قرار دهد. کمبود عناصرغذایی رشد کانوپی را کم می‌کند که در نتیجه تولید کربوهیدرات و سرعت رشد غده کاهش می‌یابد و کاربرد کود بیش از حد هم باعث تأخیر و کند شدن سرعت رشد غده می‌شود. در زمان بزرگ شدن غده ۹۰ درصد عناصرغذایی جذب و در نهایت به غده می‌رسد. وقتی که غده‌ها تحت کمبود و زیادی نیتروژن رشد می‌کنند غده‌های برداشت شده کوچک‌تر و دارای قند بالاتر، میزان نشاسته پایین‌تر از حد مطلوب دارند و هم‌چنین بر رسیدگی آن هم مؤثر هستند. کارایی جذب نیتروژن تحت بهترین شرایط مدیریتی ۶۵ درصد می‌باشد (روبرتس و همکاران، ۱۹۹۱).

۱-۴-۱- فسفر

فسفر برای رشد اولیه گیاه ضروری است. فسفر در خاک غیر متحرک است و باید نزدیک منطقه ریشه قرار گیرد. کود فسفره موجب رشد مناسب ریشه، تسریع در تشکیل غده و افزایش عملکرد می‌شود. کود فسفاته قبل از کاشت و یا در حین کاشت به صورت فسفات آمونیوم و سوپرفسفات تریپل استفاده می‌گردد. زیادی مصرف فسفر موجب تسریع در پیری و ریزش اندام‌های هوایی می‌گردد (مالاگامبا، ۱۹۸۸).

۱-۴-۲- نیتروژن

کود نیتروژن به صورت نیترات آمونیوم یا اوره مصرف می‌شود. به طور معمول یک سوم کود نیتروژن در زمان کاشت، یک سوم آن در زمان مبارزه با علف‌هرز و یک سوم بعدی در زمان خاک‌دهی پای بوته‌ها به صورت سرک به گیاه داده می‌شود. بدون کود نیتروژن مناسب، گیاهان به بیماری حساس‌تر می‌شوند و نیتروژن بیش از حد آغازش غده‌دهی را به تأخیر می‌اندازد و باعث رشد رویشی می‌شود برای ارقام زودرس کود نیتروژنه به صورت نیترات و برای ارقام دیررس به صورت آمونیوم مصرف می‌شود. ۸۰ درصد نیتروژن تا مرحله گل‌دهی و ۲۰ درصد بعدی از گل‌دهی تا مرحله برداشت جذب می‌شود (مارتین،۱۹۹۵).

۱-۵- مفهوم واژه نانو

نانو معادل واژه یونانی (Dwarf) به معنای یک بیلیونوم متر است. که قطر یک تار موی انسان تقریبا

۷۵۰۰۰ نانومتر است. عموما نانو تکنولوژی به معنی نوعی فناوری در مقیاس نانو متر برای دستیابی به اهداف مفیدی از طریق دستکاری و تغییر ساختارهاست. در چنین مقیاسی قوانین عادی فیزیک و شیمی پاسخگو نخواهند بود. بجای آن ویژگی‌هایی از مواد مثل رنگ، پایداری، هدایت و واکنش‌پذیری می‌تواند بین مقیاس نانو و ماکرو متغیر باشد (چیناموتو و موروگسابوپاتی، ۲۰۰۹).

۱-۶- اهمیت فناوری نانو در بخش کشاورزی

فناوری نانو به تدریج در حال گذر از مرحله‌ی آزمایشگاهی به مرحله‌ی عملیاتی و کاربردی است و این امر منجر به حضور محسوس‌تر این فناوری در بخش کشاورزی خواهد گردید (برواه و همکاران، ۲۰۰۹). در این راستا استفاده از نانو کودها به منظور کنترل دقیق آزاد سازی عناصرغذایی می‌تواند گامی موثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد (برواه و همکاران، ۲۰۰۹). با به‌کارگیری نانو کودها به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصرغذایی کود به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند و در نتیجه از پدیده مردابی شدن آب‌های ساکن و همچنین آلودگی آب آشامیدنی، جلوگیری به عمل خواهد آمد. در حقیقت، فناوری نانو فرصت‌های جدیدی را به منظور افزایش راندمان مصرف عناصرغذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط زیست، فراهم نموده است (چیناموتو و موروگسابوپاتی، ۲۰۰۹). پتانسیل نانو تکنولوژی به طور روز افزون با تکنیک‌ها و حسگرهای مناسب، برای کشاورزی دقیق، مدیریت منابع طبیعی و تشخیص زود هنگام پاتوژن‌ها و آلاینده‌های غذایی در حال افزایش است (چیناموتو و موروگسابوپاتی، ۲۰۰۹). بخش کشاورزی از جمله مهمترین عرصه‌هایی است که با استفاده از دستاوردهای فناوری نانو هر روز بر تنوع و کارایی آن‌ها افزوده می شود، از نکات امید بخش است که نشان دهنده آینده پر جاذبه برای بازار محصولات فناوری نانو در زمینه‌های مختلف کشاورزی است به جرات می‌توان گفت که تمام جنبه‌ها و زمینه‌های علوم کشاورزی از دستاوردهای فناوری نانو به طور جدی متاثر خواهد شد (پور رحیم و همکاران، ۱۳۸۷).

یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانو کودها برای تغذیه گیاهان می‌باشد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۸).

۱-۷- جایگاه و نقش نانو کودها در بهبود کارآیی مصرف عناصرغذایی

با استفاده از مواد نانو ساختار یا نانو مقیاس به عنوان حامل کودی یا ناقل کنترل کننده‌ی رهاسازی به عنوان ایجاد کودهای هوشمند، فناوری نانو منشأ امیدواری‌های بسیاری در جهت عبور از محدودیت‌های تکنیکی موجود بر سر راه آزادسازی آرام و کنترل شده‌ی عناصر کودها شده است (کیا و همکاران، ۲۰۰۶). نانو کودها راندمان مصرف بالایی دارند و می‌توانند به صورت مطلوب در نقطه مناسبی از ناحیه-ی رشد ریشه عناصر غذایی خود را آزاد کنند (لای، ۲۰۰۷).

نانو کودها به سه روش عناصرغذایی خود را در اختیار گیاهان قرار می دهند:

۱- عناصرغذایی درون پوششی از نانو مواد متخلخل قرار می‌گیرند.

۲- به‌وسیله لایه پلیمری نازکی پوشیده می‌شوند.

۳- به‌صورت ذره یا امولسیونی در ابعاد نانو آزاد می‌گردند.

در نانو کودها از علم فناوری نانو به عنوان ابزاری جهت همزمان کردن رهاسازی عناصرغذایی کودهای فسفره و نیتروژنه با جذب آنها به وسیله ی گیاه و ممانعت از بر هم کنش عناصر غذایی با خاک، میکروارگانیسم‌ها و آب و هوا استفاده می‌شود. بر اساس یک برآورد صورت گرفته، با مصرف نانو کودها می توان در کانادا از اتلاف ۲۰۰۰ میلیون دلار سرمایه به دلیل پایین بودن راندمان مصرف عناصرغذایی کودهای مرسوم به وسیله‌ی گیاهان زراعی جلوگیری کرد (مونرال، ۲۰۱۰).

موارد کاربرد نانو کودها به طور خلاصه عبارتند از:

۱- ارتقای حفاظت از محیط زیست و کشاورزی پایدار، خصوصاً در مورد محصولات باغی و شالی؛

افزایش راندمان ورودی- خروجی در تولید محصولات زراعی از طریق بهبود کارایی جذب کود و ارتقای کشاورزی پایدار؛