دانشگاه اراک

دانشکده علوم پایه

کارشناسی ارشد شیمی تجزیه

بررسی اثر نانوذرات اکسید آهن، سولفات آهن، کیلیت آهن با EDTA و مخلوط آنها بر رشد و محصولات دو رقم لوبیا

پژوهشگر

ندا فراهانی

استاد راهنما

دکتر محمد رضا سنگی

دکتر مجید مهدیه

استاد مشاور

دکتر فرزاد بامداد

پاییز 1392

بسم ا... الرحمن الرحیم

بررسی اثر نانوذرات اکسید آهن، سولفات آهن، کیلیت آهن با EDTA و مخلوط آنها بر رشد و محصولات دو رقم لوبیا

توسط:

ندا فراهانی

پایان نامه

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی

لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی (گرایش تجزیه)

از

دانشگاه اراک

اراک-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر محمد رضا سنگی (استاد راهنما).....استادیار

دکتر مجید مهدیه (استاد راهنما).....استادیار

دکتر فرزاد بامداد (استاد مشاور).....استادیار

دکتر علی بابایی (مدعو داخلی).....دانشیار

آذر ۱۳۹۲

چکیده

بررسی اثر نانوذرات اکسید آهن، سولفات آهن، کیلیت آهن با EDTA و مخلوط آنها بر رشد و محصولات دو رقم لوبیا

این پژوهش به منظور بررسی اثر نانوذرات اکسید آهن(FeO) ، سولفات آهن و کیلیت آهن با EDTA، بر رشد و عملکرد دو رقم لوبیا چیتی، به دو روش محلولپاشی و آغشته به بذر (بذرمال)، در شرایط کشت گلدانی در گلخانه انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار طراحی گردید. تیمارهای مورد استفاده شامل نانوذرات اکسید آهن(0.05٪ ، 0.1٪ ، 0.15٪)، سولفات آهن(0.3٪)، کیلیت آهن(0.3٪ ، 0.5٪)، مخلوط نانوذره 0.05٪ + کیلیت 0.3٪ و تیمار شاهد بود که به سه طریق : 1- یکبار محلولپاشی قبل و بعد از گلدهی، 2- دوبار محلولپاشی قبل و بعد از گلدهی، 3- بذرمال ، بر روی ارقام KS21193 و KS21191 مصرف شد. مصرف آهن موجب افزایش میانگین تمام صفات مورد مطالعه نسبت به شاهد گردید. بر اساس نتایج تجزیه واریانس ، اثر نوع ترکیب کودی ، نحوه کوددهی و نوع رقم بر تمام صفات مورد مطالعه معنی دار بود. طبق نتایج مقایسه میانگین صفات، بیشترین تعداد نیام در بوته، وزن خشک نیام، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، طول ریشه چه، ضریب بنیه جوانه، وزن خشک ریشه و کمترین تعداد روز تا آغاز گلدهی مربوط به تیمار نانوذره 0.1٪ بود که با شاهد و سایر تیمارها بجز نانوذره 0.15٪ اختلاف معنی دار نشان داد. بیشترین ارتفاع بوته، طول ساقه چه و مقدار آهن در بذر مربوط به نانوذره 0.15٪ بود که با شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی دار نشان داد و موجب افزایش 32 درصدی مقدار آهن بذور نسبت به شاهد شد .

تیمار کیلیت 0.5٪ موجب کاهش معنی دار درصد جوانه زنی، طول ساقه چه و ریشه چه و ضریب بنیه جوانه نسبت به شاهد شد. بطور کلی در بین تیمارها، نانوذره 0.1٪ بیشترین تأثیر مثبت و معنی دار را بر اجزای عملکرد نشان داد، بطوری که موجب افزایش 51 درصدی وزن دانه در بوته به عنوان مهمترین جزء عملکرد شد. در بین روشهای کوددهی، روش دوبار محلولپاشی قبل و بعد از گلدهی، مؤثرترین روش در افزایش اجزای عملکرد شناخته شد و رقم 193 دارای میانگین صفات بیشتری نسبت به رقم 191 بود.

فهرست مطالب

عناوین **صفحه**

فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

1-1 مقدمه..... 14

1-1-1 اهمیت فناوری نانو در بخش کشاورزی.....15

1-1-2 جایگاه و محدودیت استفاده از کودهای شیمیایی مرسوم در زراعت.....16

1-1-3 جایگاه و نقش نانوکودها در بهبود کارآیی مصرف عناصر غذایی.....18

1-1-4 مزایای استفاده از نانو کودها 19

1-1-5 مقایسه کودهای شیمیایی مرسوم و نانوکودها.....20

1-1-5-1 مقایسه کودهای شیمیایی مرسوم و نانوکودها از لحاظ اقتصادی.....20

1-1-5-2 مقایسه کودهای شیمیایی مرسوم و نانوکودها از لحاظ فیزیولوژیکی.....20

1-1-5-3 مقایسه کودهای شیمیایی مرسوم و نانوکودها از لحاظ زیست محیطی.....21

1-2 عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان.....21

1-2-1 نقش و اهمیت استفاده از عناصر کم مصرف در گیاهان 22

1-2-2 نقش و ضرورت استفاده از عناصر کم مصرف در تغذیه گیاه لوبیا.....24

1-2-3 کودهای عناصرکم مصرف.....25

1-3 لوبیا.....25

1-3-1 تاریخچه و خواستگاه 25

1-3-2 ویژگی های گیاه شناسی.....26

1-3-3 ویژگی های اکولوژی.....27

1-3-4 تیپ های رشدی لوبیا.....27

1-3-5 مراحل رشد ونمو لوبیا (فنولوژی).....28

1-3-6 تغذیه لوبیا 30
1-4 عنصر کم مصرف آهن 30
1-4-1 آهن در خاک 30
1-4-2 نقش آهن در گیاه 31
1-4-3 عوامل مؤثر بر قابلیت جذب آهن خاک توسط ریشه گیاه 33
1-4-4 علایم تشخیص کمبود یا بیش بود آهن در گیاه 34
1-5 روشهای جلوگیری از بروز کمبود آهن در محصولات زراعی 34
1-5-1 روش محلول پاشی و اهمیت آن 35
1-5-1-1 محاسن تغذیه برگی 35
1-5-1-2 محدودیت محلول‌پاشی 36
1-5-1-3 نکات مهم در محلول‌پاشی یا تغذیه برگی 37
1-5-2 روش تیمار بذر (بذر مال) 37
1-6 کیفیت زراعی بذر 38
1-6-1 شاخص بنیه گیاهچه (SVI) 39
1-7 جذب عناصر غذایی توسط گیاهان 39
1-7-1 مکانیسم های جذب عناصر غذایی توسط ریشه گیاهان 39
1-7-1-1 مکانیسم جریان انبوه یا حرکت توده‌ای Mass Flow 39
1-7-1-2 مکانیسم انتشار یا پخشیدگی Diffusion 40
1-7-1-3 مکانیسم تبادل تماسی 40
1-7-1-4 مکانیسم‌های جذب یون توسط ریشه 40
1-7-2 جذب برگی یا تغذیه برگی عناصر غذایی 41
1-7-2-1 مکانیسم جذب عناصر غذایی از طریق اندام های هوایی 42
1-7-2-2 نحوه نفوذ مواد غذایی به داخل سول های برگی 43
1-7-2-3 عوامل مؤثر در جذب مواد غذایی از طریق اندام های هوایی 46

1-8 مروری بر تحقیقات گذشته در مورد استفاده از عناصر کم مصرف در گیاهان.....48

1-9 اهداف تحقیق 50

فصل دوم : روش تحقیق و نتایج

2-1 طرح آزمایشی 51

2-2 تیمار مورد مطالعه.....51

2-3 ویژگی ارقام مورد تحقیق.....52

2-4 ویژگی خاک مورد استفاده.....53

2-5 نحوه مصرف تیمارها.....53

2-5-1 روش محلول پاشی.....54

2-5-2 روش تیمار بذر (بذرمال).....54

2-5-2-1 نحوه تیمار کردن بذرها.....54

2-5-2-2 آزمایش اول در روش بذر مال: تعیین درصد جوانه زنی و شاخص بنیه گیاهچه (SVI).....55

2-5-2-3 آزمایش دوم در روش بذرمال: کشت گلدانی به منظور تعیین اجزای عملکرد.....55

2-6 عملیات کاشت.....56

2-7 برداشت محصول و اندازه گیری اجزای عملکرد.....56

2-8 آماده سازی و هضم نمونه برای اندازه گیری آهن در بذور برداشت شده.....57

2-9 روش و دستگاه مورد استفاده در تعیین مقدار آهن بذرها.....57

2-10 نتایج حاصل از اندازه گیری اجزای عملکرد.....58

2-11 محاسبات آماری و نتایج آن.....58

فصل سوم : بحث و نتیجه گیری

3-1 تفسیر نتایج مربوط به صفات مورد ارزیابی.....80

3-1-1 ارتفاع بوته.....81

3-1-2 تعداد شاخه فرعی.....84

3-1-3 تعداد گره در شاخه اصلی.....87

3-1-4 وزن خشک ساقه..... 89
3-1-5 تعداد نیام در بوته..... 92
3-1-6 تعداد دانه در نیام..... 95
3-1-7 وزن خشک نیام..... 98
3-1-8 تعداد دانه در بوته..... 101
3-1-9 وزن دانه در بوته..... 104
3-1-10 مقدار آهن در بذور برداشت شده 106
3-2 بررسی و ارزیابی صفات مربوط به روش تیمار بذر..... 109
3-2-1 درصد جوانه زنی..... 109
3-2-2 طول ساقه چه 110
3-2-3 طول ریشه چه..... 112
3-2-4 ضریب بنیه جوانه SVI 113
3-2-5 وزن خشک ریشه..... 114
3-2-6 تعداد روز تا آغاز گلدهی..... 115
3-3 بحث نهایی..... 116
3-4 نتیجه گیری..... 126
منابع 127

فهرست جداول

عناوین **صفحه**

جدول(1-1) اطلاعات کلی درباره برخی عناصر کم مصرف 23

جدول (2-1) pH ترکیبات کودی قبل از مصرف..... 52

جدول (2-2) ویژگی ارقام مورد مطالعه..... 52

جدول (2-3) ویژگی خاک محل اجرای تحقیق..... 53

جدول (2-4) مراحل انتخابی از بین مراحل رشد لوبیا برای انجام محلول پاشی 54

جدول (2-5) میانگین ارتفاع بوته (cm)..... 59

جدول (2-6) میانگین وزن خشک ساقه (gr)..... 60

جدول (2-7) میانگین تعداد گره در شاخه اصلی..... 61

جدول (2-8) میانگین تعداد شاخه فرعی..... 62

جدول (2-9) میانگین تعداد نیام های پر در بوته..... 63

جدول (2-10) میانگین تعداد دانه در نیام..... 64

جدول (2-11) میانگین وزن خشک نیام (gr)..... 65

جدول (2-12) میانگین تعداد دانه در بوته..... 66

جدول (2-13) میانگین وزن دانه در بوته (gr)..... 67

جدول (2-14) میانگین مقدار آهن در بذور برداشت شده (mg/kg)..... 68

جدول (2-15) میانگین درصد جوانه زنی (مربوط به روش بذر مال)..... 69

جدول (2-16) میانگین طول ساقه چه (cm)، (مربوط به روش بذر مال)..... 69

جدول (2-17) میانگین طول ریشه چه (cm)، (مربوط به روش بذر مال)..... 70

جدول (2-18) میانگین ضریب بنیه جوانه (cm)، (مربوط به روش بذر مال)..... 70

جدول (2-19) میانگین وزن خشک ریشه (gr)، (مربوط به روش بذر مال)..... 71

جدول (2-20) میانگین تعداد روز تا آغاز گلدهی (مربوط به روش بذر مال).....71

جدول (2-21) تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی (بر اساس مقادیر میانگین مربعات).....72

جدول (2-22) تجزیه واریانس صفات مرتبط با روش تیمار بذر (بر اساس مقادیر میانگین مربعات).....73

جدول (2-23) مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی بر اساس نوع ترکیب کودی (T).....74

جدول (2-24) مقایسه میانگین صفات مرتبط با روش بذرمال بر اساس نوع ترکیب کودی (T) 75

جدول (2-25) مقایسه میانگین صفات بر اساس نحوه کوددهی (F).....76

جدول (2-26) مقایسه میانگین صفات بر اساس نوع رقم (L).....77

جدول (2-27) مقایسه میانگین صفات مرتبط با روش بذر مال بر اساس نوع رقم(L).....77

جدول (2-28) ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی.....78

جدول (2-29) ضرایب همبستگی صفات مربوط به روش بذرمال.....79

فهرست اشکال

عناوین **صفحه**

شکل (1-1) شمای کلی از ساختار برگ 43

شکل (1-2) ساختمان و نحوه قرارگیری اجزای پوستک یا کوتیکول.....44

شکل (1-3) ساختار دیواره سلولی گیاهی 45

شکل (1-4) نحوه قرارگیری فیبریل ها، میکرو فیبریل ها و سلولز در دیواره سلولی.....45

شکل (1- 5) اجز ای ساختاری غشای پلاسمایی 46

شکل (2-1) بذر ارقام مورد مطالعه 53

شکل (2- 2) منحنی کالیبراسیون اندازه گیری جذب آهن.....58

شکل (3-1) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی (T×F) بر میانگین ارتفاع بوته.....82

شکل (3-2) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین ارتفاع بوته.....82

شکل (3-3) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین ارتفاع بوته.....83

شکل (3-4) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم(T×F×L) بر میانگین ارتفاع بوته برای لاین 193.....83

شکل (3-5) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم(T×F×L) بر میانگین ارتفاع بوته برای لاین 191.....83

شکل (3-6) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی (T×F) بر میانگین تعداد شاخه فرعی.....85

شکل (3-7) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین تعداد شاخه فرعی.....85

شکل (3-8) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین تعداد شاخه فرعی.....86

شکل (3-9) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد شاخه فرعی برای لاین 193.....86

شکل (3-10) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد شاخه فرعی برای لاین 191.....86

شکل(3-11) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی(T×F) بر میانگین تعداد گره درشاخه اصلی.....88

شکل (3-12) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم(T×L)بر میانگین تعداد گره در شاخه اصلی..88

شکل (3-13) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین تعداد گره در شاخه اصلی.....88

شکل (3-14) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد گره در شاخه اصلی برای لاین 193.....89

شکل (3-15) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد گره در شاخه اصلی برای لاین 191.....89

شکل (3-16) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی(T×F)بر میانگین وزن خشک ساقه.....91

شکل (3-17) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین وزن خشک ساقه.....91

شکل (3-18) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین وزن خشک ساقه.....91

شکل (3-19) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین وزن خشک ساقه برای لاین 193.....92

شکل (3-20) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین وزن خشک ساقه برای لاین 191.....92

شکل (3-21) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی (T×F) بر میانگین تعداد نیام در بوته..94

شکل (3-22) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین تعداد نیام در بوته.....94

شکل (3-23) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین تعداد نیام در بوته.....94

شکل (3-24) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد نیام در بوته برای لاین 193.....95

شکل (3-25) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد نیام در بوته برای لاین 191.....95

شکل (3-26) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی (T×F) بر میانگین تعداد دانه در نیام..97

شکل (3-27) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین تعداد دانه در نیام.....97

شکل (3-28) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین تعداد دانه در نیام.....97

شکل (3-29) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد دانه در نیام برای لاین 193.....98

شکل (3-30) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد دانه در نیام برای لاین 191.....98

شکل (3-31) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی (T×F) بر میانگین وزن خشک نیام.....99

شکل (3-32) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین وزن خشک نیام.....100

شکل (3-33) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین وزن خشک نیام.....100

شکل (3-34) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین وزن خشک نیام برای لاین 193.....100

شکل (3-35) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین وزن خشک نیام بوته برای لاین 191.....101

شکل (3-36) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی (T×F) بر میانگین تعداد دانه در بوته..102

شکل (3-37) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین تعداد دانه در بوته.....102

شکل (3-38) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین تعداد دانه در بوته.....103

شکل (3-39) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد دانه در بوته برای لاین 193.....103

شکل (3-40) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین تعداد دانه در بوته برای لاین 191.....103

شکل (3-41) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی (T×F) بر میانگین وزن دانه در بوته....103

شکل (3-42) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین وزن دانه در بوته.....105

شکل (3-43) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین وزن دانه در بوته.....105

شکل (3-44) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین وزن دانه در بوته برای لاین 193.....106

شکل (3-45) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین وزن دانه در بوته برای لاین 191.....106

شکل (3-46) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی (T×F) بر میانگین مقدار آهن بذو.....108

شکل (3-47) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین مقدار آهن بذور.....108

شکل (3-48) منحنی اثر متقابل نحوه کوددهی و نوع رقم (F×L) بر میانگین مقدار آهن بذور.....108

شکل (3-49) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین مقدار آهن بذور برای لاین 193.....109

شکل (3-50) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نحوه کوددهی و نوع رقم (T×F×L) بر میانگین مقدار آهن بذور برای لاین 191.....109

شکل (3-51) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین درصد جوانه زنی.....110

شکل (3-52) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین طول ساقه چه.....111

شکل (3-53) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین طول ساقه چه.....113

شکل (3-54) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین ضریب بنیه جوانه.....114

شکل (3-55) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین وزن خشک ریشه.....115

شکل (3-56) منحنی اثر متقابل نوع ترکیب کودی و نوع رقم (T×L) بر میانگین تعداد روز تا گلدهی.....116

شکل (3-57) افزایش بیشتر تعداد نیام در بوته در روش دوبار محلول پاشی(رقم 193).....117

شکل (3-58) طول ریشه چه و ساقه چه (لاین 191).....118

شکل (3-59) طول ساقه چه و ریشه چه (لاین 193).....119

شکل (3-60) مقایسه اندازه ریشه (لاین 193).....119

شکل (3-61) مقایسه اندازه ریشه (لاین 191).....120

شکل (3-62) سوختگی برگ در اثر محلول پاشی با کیلیت 0.5٪.....120

شکل (3-63) اثر مصرف نانو ذرات بر یکنواختی رشد جوانه ها 121

شکل (3-64) مقایسه تعداد دانه در نیام بین شاهد و تیمارهای مختلف آهن 123

شکل (3- 65) مقایسه تیمارهای مختلف آهن در روش یکبار محلول پاشی (رقم 191).....123

شکل (3-66) مقایسه تیمارهای مختلف آهن در روش دوبار محلول پاشی (رقم 191).....124

شکل (3- 67) مقایسه تیمارهای مختلف آهن در روش بذر مال (رقم 191).....124

شکل (3-68) مقایسه تیمارهای مختلف آهن در روش یکبار محلول پاشی (رقم 193).....125

شکل (3- 69) مقایسه تیمارهای مختلف آهن در روش بذر مال (رقم 193).....125

فصل اول

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

1-1 مقدمه

به واسطه افزایش جمعیت کره زمین و رشد سریع شهرنشینی، کشاورزان جهان وظیفه سنگین تأمین غذای نان خورانی که همه ساله بر تعداد آنها افزوده می شود را از طریق اراضی کشاورزی که متعاقب افزایش جمعیت و توسعه شهرها ، به تدریج کوچک و کوچک تر می گردند، برعهده دارند [1]. پیش بینی ها حاکی از آن هستند که تا سال 2020، حدود 2.3 میلیارد نفر بر جمعیت جهان افزوده خواهد شد و در سال 2050، جمعیت کره زمین به دو برابر افزایش خواهد یافت. چنانچه مصرف غذا و گوشت در کشورهای توسعه یافته، با سایر کشورهای جهان برابر شود، در اواسط قرن بیست و یکم، شاهد تقاضای 3 برابری جهت تولید غذا و دانه های خوراکی، خواهیم بود[2].

حبوبات پس از غلات مهم ترین منبع غذایی بشر و لوبیا از مهم ترین حبوبات جهان محسوب می شود[3]. لوبیا یکی از منابع مهم پروتئین و تولید انرژی برای انسان می باشد . انواع لوبیا 20 تا 25 درصد پروتئین دارد که می تواند جایگزین مناسبی برای پروتئین حیوانی باشد . بزرگترین کشورهای تولید کننده لوبیا آمریکا ، برزیل ، مکزیک و چین می باشند . در ایران سطح زیر کشت لوبیا در سالهای 2004-2000 حدود 1.540- 1.015 میلیون هکتار و تولید آن 695- 475 هزار تن بوده است . استانهای لرستان، مرکزی، چهارمحال و بختیاری، فارس، زنجان، اصفهان و آذربایجان شرقی مهمترین مناطق کشت این محصول می باشند. با توجه به مزیت های

نسبی کشت لوبیا از نظر تغذیه ای و اقتصادی، لزوم توسعه روشهای نوین کشت لوبیا و افزایش عملکرد در واحد سطح ضروری است [4].

1-1-1 اهمیت فناوری نانو در بخش کشاورزی

با در نظر گرفتن این نکته که در چند دهه گذشته، سطح اراضی مورد استفاده برای تولید غذا به مقدار بسیار ناچیزی افزایش یافته است و حتی در بعضی از نقاط جهان به دلیل گسترش شهرسازی، شاهد کاهش اراضی زراعی بوده ایم، لذا ظرفیت تولید غذا در واحد سطح، پیوسته رو به کاهش است[2]. تصاویر ماهواره ای حاکی از آن هستند که سیاره زمین به سرعت درحال تبدیل شدن به منطقه ای غیرحاصل خیز می باشد و به زودی تولید غذا قادر به رقابت کردن با رشد سریع جمعیت جهان نخواهد بود[1].

کودهای شیمیایی، نقش اساسی را در افزایش تولید محصولات دانه ای در کشورهای در حال توسعه جهان، خصوصاً پس از معرفی ارقام زراعی پرمحصول و کودپذیر طی وقوع انقلاب سبز، بر عهده داشته اند. اگرچه عملکرد دانه یک سری از محصولات زراعی در اثر مصرف مقادیر بسیار زیاد کودهای شیمیایی افزایش یافت، اما عملکرد بسیاری از محصولات دیگر به دلیل عدم تعادل در حاصل خیزی و مقدار ماده آلی خاک، با رکود مواجه گردید [5]. تا سال 2020، بیش از 70 درصد عملکرد دانه محصولات در سراسر جهان وابسته به مصرف کودهای شیمیایی خواهد بود [2]. این در حالی است که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره، منابع آبی جهان را تحت تأثیر قرار داده و منجر به بروز فرآیند مردابی شدن در اکوسیستم های آبی می شود. یکی از حقایق نگران کننده در مورد کودهای شیمیایی مرسوم آن است که کارآیی مصرف کودهای ازته 20 تا 50 درصد و کارآیی مصرف کودهای فسفره تنها 10 تا 25 درصد می باشد [5]. تمام این موارد دلالت بر این دارند که باید در آینده نزدیک تولید غذا بسیار بیشتر و کارآمدتر از گذشته باشد.

به دلیل محدودیت دسترسی به اراضی زراعی و منابع آب، رشد بخش کشاورزی تنها از طریق افزایش راندمان استفاده از منابع، با حداقل خسارت به بستر تولید به واسطه استفاده مؤثر از تکنولوژی های پیشرفته، امکان پذیر است. فناوری نانو که بر خواص ویژه ای از مواد موجود در اندازه نانومتر متمرکز شده است، دارای قابلیت متحول کردن بخش غذایی و کشاورزی، پزشکی زیستی، مهندسی محیط زیست، سلامتی و امنیت، منابع آب، تبدیل انرژی و زمینه های بیشمار دیگر می باشد [1]. انجمن رویال انگلستان، نانوتکنولوژی را تحت عنوان طراحی،

توصیف، تولید و کاربرد ساختارها، وسایل و سیستم هایی که دارای شکل و اندازه ای در مقیاس نانومتر می باشند ، تعریف نموده است[6]. در چنین مقیاسی قوانین طبیعی حاکم بر پدیده های فیزیکی و شیمیایی صدق نمی کنند. بعنوان مثال ویژگی های مواد نظیر رنگ، طول، رسانایی و واکنش پذیری آن ها در مقیاس نانو به طور قابل توجهی با مقیاس ماکرو متفاوت می باشند [7].

نانوتکنولوژی به تدریج در حال گذار از مرحله آزمایشگاهی به مرحله عملیاتی وکاربردی است و این امر منجر به حضور محسوس تر این فناوری در بخش کشاورزی خواهد گردید [1]. در این راستا استفاده از نانوکودها به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصرغذایی می تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد [8]. در حال حاضر، از مواد نانومقیاس عمدتاً به منظور برطرف کردن بعضی از محدودیت ها و چالش های موجود در بخش کشاورزی نظیر مدیریت علف های هرز، تولید نانوکودهایی که به آهستگی و در تمام طول فصل رشد گیاه عناصر غذایی خود را آزاد کنند، رهاسازی کنترل شده آفت کشها و علف کشها، مدیریت دقیق اجزای ریز خاک، مصرف کارآمدتر و دقیق تر نهاده های شیمیایی و تولید سمومی با فرمولاسیون های جدید برای کنترل آفات، استفاده می شود. با بکارگیری نانودکودها به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می شوند و در نتیجه از بروز پدیده مردابی شدن آبهای ساکن و همچنین آلودگی آب آشامیدنی، جلوگیری به عمل خواهد آمد. درحقیقت، نانوتکنولوژی فرصتهای جدیدی را به منظور افزایش راندمان مصرف عناصرغذایی و به حداقل رساندن هزینه های حفاظت از محیط زیست، گشوده است [5].

1-1-2 جایگاه و محدودیت استفاده از کودهای شیمیایی مرسوم در زراعت

در سال 1950، تنها بخش کوچکی از مواد غذایی مورد نیاز برای تولید محصولات دانه ای از کودهای شیمیایی تأمین می شد و بیشترین میزان عناصر لازم به منظور تولید این محصولات از طریق حاصلخیزی طبیعی خاک و اضافه نمودن کودهای دامی فراهم می آمد. پس از وقوع انقلاب سبز، عملکرد محصولات زراعی به واسطه مصرف بسیار زیاد کودهای شیمیایی، معرفی ارقام اصلاح شده پرمحصول و کنترل شیمیایی آفات بطور چشمگیری افزایش یافت[2]. کودهای شیمیایی یکی از مهمترین محصولات تولیدی صنایع پتروشیمی هستند. این کودها به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاهان به خاک اضافه می شوند[7]. حفظ حاصلخیزی خاک از

طریق مصرف کودهای شیمیایی، یکی از ضروری ترین فاکتورهای موفقیت در تأمین غذای کافی برای جمعیت رو به رشد جهان است. برداشت محصول باعث تخلیه عناصر ضروری خاک می شود. اگرچه خاک های حاصلخیز دارای ذخایر عظیمی از برخی عناصر غذایی هستند، اما بسیاری از این عناصر جزئی از ساختمان خاک بوده و یا اینکه محدود به فرم های معدنی می باشند و به همین علت برای گیاهان قابل جذب و استفاده نیستند. بسیاری از عناصر غذایی دیگر تنها دارای غلظت های بسیار ناچیزی در محلول خاک می باشند و پس از چندین مرتبه برداشت محصول، ذخایر آنها در خاک به اتمام می رسد. پس از اتمام ذخایر عناصر غذایی یک خاک، این عناصر به خودی خود باز تولید و احیا نمی شوند، بلکه باید به واسطه افزودن کودهای شیمیایی، مواد اصلاح کننده، و در مقادیر پایین تر از طریق ته نشست های اتمسفری، آبیاری و حتی در مورد نیتروژن به وسیله تثبیت ازت اتمسفری توسط لگومها و تعدادی از میکرو ارگانیسم ها، مجدداً ذخایر آنها را در خاک پر و احیا نمود. حفظ حاصلخیزی خاک از طریق مصرف کودهای شیمیایی، که دسترسی به آن ها از اواسط قرن بیستم به بعد آسان تر شد، یکی از اساسی ترین عوامل مؤثر در رونق و شکوفایی بخش کشاورزی جهان است که منجر به افزایش عملکرد محصولات می شود [9].

نتایج مطالعات صورت گرفته توسط بوک و هرگت (1991) بر گرایشات موجود در تولید محصولات زراعی و همین طور مقدار مصرف نیتروژن در دو کشور آمریکا و اکراین نشان می دهد که در طی 40 سال گذشته، میزان اتلاف نیتروژن از مزارع ذرت دانه ای، 3 برابر افزایش یافته است [10]. این در حالیست که مقدار کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنه برای تولید ذرت در طی این دوره، به بیش از 15 برابر افزایش یافته است. بنابراین علی رغم افزایش چشمگیر عملکرد محصولات زراعی بواسطه مصرف کودهای شیمیایی طی 4 دهه گذشته، پایین بودن کارآیی مصرف و بازیافت عناصر غذایی این کودها، منجر به بروز نگرانی هایی در سرتاسر جهان گردیده است [2]. به دلیل پایین بودن راندمان مصرف عناصر غذایی کودهای شیمیایی مرسوم، کشاورزان به منظور تأمین عناصر مورد نیاز محصولات خود مجبور به استفاده از مقادیر زیادی کود شیمیایی هستند. این امر نه تنها منجر به بروز خسارات کلان اقتصادی و اتلاف زیاد منابع می شود، بلکه آلودگی های بسیار خطرناک زیست محیطی را نیز در پی خواهد داشت.

اگر چه، مهمترین نگرانی های موجود در زمینه اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از مدیریت نامناسب و ضعیف مواد غذایی مورد نیاز گیاه، به واسطه مصرف کودهای شیمیایی مرسوم مربوط به دو عنصر نیتروژن و فسفر است، با این حال سایر عناصر غذایی نیز می توانند در صورت سوء مدیریت، محیط زیست را به مخاطره

بیاندازند. قرار گرفتن در معرض مقادیر بسیار بالای بعضی از عناصر غذایی می تواند سبب بروز اختلالات تغذیه ای در گیاهان و سایر موجودات زنده ای که عناصر مورد نیاز خود را از خاک کسب می کنند، گردد. به واسطه مصرف بیش از حد عناصری همچون مس، بر و کلر نیز، انواع دیگری از مسمومیت های گیاهی بروز می کند. با توجه به موارد ذکر شده و نیاز مبرم سیستم های کشاورزی مرسوم به کودهای شیمیایی به منظور تأمین نیازهای غذایی جمعیت رو به رشد جهان، آشکار است که تنها راه کاهش عواقب زیست محیطی ناشی از مصرف این کودها، افزایش راندمان مصرف آنها می باشد. از طرف دیگر، افزایش کارآیی مصرف و جذب عناصر غذایی توسط گیاهان منجر به بالا رفتن عملکرد محصول، کاهش هزینه های تولید و در نهایت به حداقل رسیدن استفاده از منابع جهت ساخت اینگونه کودها، خواهد شد. در این راستا، استفاده از نانوکودها می تواند نتایج امید بخشی را در پی داشته باشد [11].

1-1-3 جایگاه و نقش نانوکودها در بهبود کارآیی مصرف عناصر غذایی

با استفاده از مواد نانوساختار یا نانومقیاس به عنوان حاملین کودی یا ناقلین کنترل کننده رهاسازی به منظور ایجاد کودهای هوشمند، نانوتکنولوژی منشأ امیدواری های بسیاری در جهت عبور از محدودیت های تکنیکی موجود بر سر راه آزادسازی آرام و کنترل شده عناصر کودها، گردیده است [8]. در حقیقت با بهره گیری از فناوری نانو در طراحی و ساخت نانوکودها، فرصت های جدیدی به منظور افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه های حفاظت از محیط زیست ایجاد شده است [5]. نانوکودها راندمان مصرف بالایی دارند و می توانند به صورت مطلوب در نقطه مناسبی از ناحیه رشد ریشه عناصر غذایی خود را آزاد کنند. نانوکودهای فسفر و نیتروژن به آرامی عناصر غذایی خود را در محیط ریشه آزاد می کنند و سوپر جاذب رطوبت نیز می باشند [12].

نانوکودها به سه روش عناصر غذایی را در اختیار گیاهان زراعی قرار می دهند:

1- عناصر غذایی درون پوششی از نانومواد متخلخل قرار می گیرند

2- توسط لایه پلیمری نازکی پوشیده می شوند

3- به صورت ذره یا امولسیونی در ابعاد نانو آزاد می گردند.

در نانوکودها از علم نانوتکنولوژی به عنوان ابزاری جهت همزمان کردن رهاسازی کودهای فسفره و نیتروژنه با جذب آنها توسط گیاه و ممانعت از برهم کنش عناصر غذایی با خاک، میکروارگانیسم ها و آب و هوا استفاده می شود. براساس یک برآورد صورت گرفته در کانادا، نشان داده شده است که می توان با مصرف نانوکودها از اتلاف 2000 میلیون دلار سرمایه به دلیل پایین بودن راندمان مصرف عناصر غذایی کودهای مرسوم توسط گیاهان زراعی جلوگیری کرد [13].

1-1-4 مزایای استفاده از نانو کودها

بطورکلی مزایای استفاده از نانوکودها درمقایسه با کودهای مرسوم عبارتند از:

1- افزایش راندمان و کیفیت منابع غذایی به واسطه سرعت جذب بالاتر؛

2- عدم اتلاف کودها توسط آبشویی و جذب کامل کود توسط گیاه به دلیل رهاسازی عناصر غذایی کود با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد؛

3- کاهش قابل توجه آلودگی خاک، ذخایر آبی و محصولات غذایی به واسطه کاهش آبشویی کودها؛

4- کاهش میزان فشردگی خاک و سرعت از دست رفتن کیفیت آن؛

5- کاهش مسمومیت گیاهی و تنش ناشی از وجود غلظت های بسیار بالای موضعی نمک در خاک؛

6- افزایش عملکرد به واسطه وضعیت تغذیه ای مطلوب گیاه؛

7- بهبود خواص انبارداری و سهولت جابجایی کود [8].

گیاهان عمدتاً عناصر غذایی را از طریق ریشه ها یا بر گ های خود جذب می کنند و نانوکودها به دلیل آزادسازی آرام و کنترل شده مواد غذایی، به منظور تأمین عناصر مورد نیاز گیاه در هر دو روش (جذب برگی یا ریشه ای) نسبت به کودهای مرسوم برتری دارند. کودهای شیمیایی برگپاش، عموماً به منظور فراهم کردن سریع عناصر غذایی برای گیاه مورد استفاده قرار می گیرند، این در حالیست که امکان دارد بکارگیری نانوکودها در این شرایط، به دلیل برخورداری از راندمان بالاتر جذب عناصر نسبت به کودهای مرسوم، مؤثرتر و مفیدتر باشد [14]. علاوه بر افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی، فناوری نانو ممکن است به طرق دیگری نیز باعث بهبود کارکرد کودهای شیمیایی گردد. به عنوان مثال، به علت برخورداری نانوذرات دی اکسید تیتانیوم از قابلیت کاتالیز نوری، می توان آن ها را به عنوان یک عامل باکتری کُش به کودهای شیمیایی اضافه کرد. از طرف دیگر ممکن است

که نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به واسطه کاهش نوری گاز نیتروژن، عملکرد محصول را نیز افزایش دهد. علاوه بر این مشخص شده است که نانوذرات سیلیکای جذب شده توسط ریشه گیاه، لایه ای را در دیواره های سلولی تشکیل می دهد که می تواند باعث افزایش مقاومت گیاه نسبت به تنش ها شده و در نتیجه عملکرد محصول را بهبود بخشد[15].

1-1-5 مقایسه کودهای شیمیایی مرسوم و نانوکودها

کودهای شیمیایی مرسوم و نانو کودها را می توان از جنبه های مختلف، بطور مثال از لحاظ اقتصادی، فیزیولوژیکی، زیست محیطی و ... با هم مقایسه کرد و تفاوت ها و مزایا و معایب آنها را نسبت به یکدیگر بر شمرد.

1-1-5-1 مقایسه کودهای شیمیایی مرسوم و نانوکودها از لحاظ اقتصادی

تنها با یکبار مصرف نانوکودها، می توان نیاز غذایی گیاه را در تمام طول فصل رشد برطرف نمود؛ چرا که این کودها عناصر غذایی خود را بصورت آهسته و پیوسته رها می کنند و لذا بکارگیری آنها در مقایسه با کودهای شیمیایی مرسومی که احتیاج به کاربرد چند باره در طول یک فصل رشد دارند، باعث صرفه جویی در هزینه های ناشی از کاربرد و پخش کود درسطح مزرعه می شود [16].

1-1-5-2 مقایسه کودهای شیمیایی مرسوم و نانوکودها از لحاظ فیزیولوژیکی

فراهمی بیش از حد عناصر غذایی که معمولاً در نتیجه مصرف مقادیر بسیار زیاد کودهای شیمیایی مرسوم با حلالیت زیاد رخ می دهد، ممکن است باعث تجمع غلظت های بالایی از نمک های محلول در محیط ریشه گیاهان گردد. این امر ممکن است سبب القای تنش اسمزی شده و صدمات آشکاری را به گیاهان زراعی در طی مراحل مختلف رشد آنها وارد کند و یا اینکه منجر به بروز معضلات نموی از جمله ورس و شکستگی ساقه گردد. در این رابطه استفاده از نانوکودهایی که قادرند عناصر غذایی خود را در تمام طول فصل رشد و بصورت تدریجی آزاد نمایند، در مقایسه با کودهای شیمیایی مرسومی که از انحلال پذیری بسیار بالایی برخوردار هستند، دارای