





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
دانشکده علوم زراعی  
گروه مهندسی علوم خاک

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)  
در رشته مهندسی علوم خاک

**بررسی پتانسیل استفاده از گونه‌های مختلف باکتری *Azospirillum* spp.  
به عنوان باکتری محرک رشد گیاه (PGPR) برای افزایش عملکرد گیاه کلزا  
در استان گلستان**

پژوهش و نگارش:

نگار قادری گلعدانی

اساتید راهنما:

دکتر محسن علمائی

دکتر محمد حسین ارزانش

استاد مشاور:

مهندس رضا قربانی نصرآبادی

تابستان ۱۳۸۹

## تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان‌نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب نگار قادری گلعدانی دانشجوی رشته مهندسی علوم خاک تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

زندگی صفحه یکتای، هنرمندی ماست

هر کسی نغمه خود خواند و زین صفحه رود

صفحه پیوسته به جاست

خرم آن نغمه که مردم بسیار ندیده یاد...

این دفتر که اولین شماره کوچک دست‌نم می‌باشد، یادمانی است از بهترین سال‌های زندگی من که اگر آن را راجی باشد شاید نتوانم تقدیرم

است به:

پدر بزرگوارم؛

تندیس شگفتی، اسوه بردباری و استقامت که تمام موفقیت‌هایم را بدیون او، بستم. به پاس تمامی فداکاری‌هایش.

تقدیرم به:

مادر مهربانم؛

به چشمان همیشه نگران‌ش، حائضه‌ترین کلام زندگیم، سرچشمه بی‌ریای مهربانی، نازنینی که لحظه لحظه زندگیم شماره‌ایثار اوست.

و تقدیرم به:

تنها برادرم؛

مهربان‌ترین دوست و همراه زندگیم. او که سادگی آب را در دو صفای باران را.

بر دستان پر مهرشان بوسه می‌زنم و امیدوارم سرو وجودشان سبز و سایه‌شان پاینده باد...

## تشکر و قدردانی

الهی ادای شکر تو را هیچ زبان نیست و دریای فضل تو را هیچ کران نیست و سر حقیقت تو بر هیچ کس عیان نیست. هدایت کن بر ما، رهی که بهتر از آن نیست.

خداوند مهربان را سپاس می‌گویم که چراغ هدایت را پیش رویم نهاد و تاریکی راه زندگیم را با نور ربانیش روشن ساخت و رنج و مشقت سفر را برایم سهل نمود و فراز و نشیب راه را با لطف بی‌منت‌های خویش، برایم هموار ساخت.

اکنون که به لطف خداوند مراحل انجام این پژوهش به پایان رسیده است، بر خود لازم می‌دانم تا قدردان زحمات تمام کسانی باشم که به نحوی مرا در اجرای این امر یاری نموده‌اند:

احترام، امتنان و سپاس قلبی خود را به اساتید راهنمای گرامی جناب آقای دکتر محسن علمائی و جناب آقای دکتر محمد حسین ارزانش تقدیم می‌کنم که در تمامی لحظات اجرای پایان‌نامه مرا رهین محبت‌ها و راهنمایی‌های خویش ساخته‌اند و اگر تلاش‌ها و زحمات آنان نبود این کار به نتیجه نمی‌رسید.

از استاد مشاور بزرگواریم جناب آقای مهندس رضا قربانی نصرآبادی که در نهایت لطف و سعه صدر در تمام مراحل اجرای پایان‌نامه اینجانب را ارشاد فرموده‌اند، کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر سید علیرضا موحدی نائینی و جناب آقای دکتر اسماعیل دودی‌پور به‌خاطر تقبل زحمت داوری این تحقیق و از سرکار خانم دکتر رمضان‌پور که مدیریت برگزاری جلسه دفاعیه را به‌عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی بر عهده داشتند قدردانی می‌نمایم.

از جناب آقای مهندس محمدنژاد، جناب آقای دکتر بنده حق و سرکار خانم مهندس الهام پالوج به‌خاطر کمک‌های بی‌دریغشان در مسائل آماری پایان‌نامه سپاس گزارم.

از مسئولین محترم آزمایشگاه‌های گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان آقایان مهندس علاءالدین و مهندس عجمی و کارشناس اسبق آزمایشگاه شیمی خاک سرکار خانم طاهری صمیمانه تشکر می‌نمایم. همچنین از مسئول محترم آزمایشگاه مرکزی سرکار خانم رستگار و مسئول محترم آزمایشگاه گیاه‌پزشکی جناب آقای مهندس زاهدی سپاس گزارم.

از کلیه کارکنان و کارمندان بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان خانم‌ها مهندس مریم غزائیان، مهندس مریم سبطی، خانم مهندس یغمایی، خانم عبداللهی، خانم مسگر

و آقایان دکتر روشنی، مهندس کاظمی، مهندس ربیع‌زاده، مهندس پارسایی، مهندس آخوندی، مهندس پیل‌آرام و آقایان میر کریمی، قلندر آیش، عقیلی، محمد رضایی و دهقان نهایت تشکر و قدردانی را دارم. بزرگوارانی که در پناه یاری آنان سخت‌ترین لحظات این راه، شیرین‌ترین خاطراتم شد. همچنین از کارکنان بخش‌های اصلاح بذر و گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات بالاخص آقایان دکتر فرجی، دکتر آقاجانی و مهندس قدیری‌راد قدردانی می‌نمایم.

از اساتید و اعضای محترم گروه علوم خاک دانشگاه‌های گرگان و تبریز که در طول دوران کارشناسی ارشد و کارشناسی در محضرشان کسب علم نموده‌ام نهایت تشکر و احترام را دارم. در نهایت از دوستان خوبم خانم‌ها مهندس نثار الهویسی، ام‌لیلا خسروی، سمیه شربت‌دار، معصومه عباسی، فاطمه رجب‌زاده، الهام اکرا سردشتی، فریده رضایی، اکرم فرشادی‌راد، ملیکا قلیچ‌پور، سهیلا جواهری، زهرا رفیعی، مهناز محمدیان، منصوره شرابینی، مریم صفایی، صوفیا زائر نومی، هانیه عسگری و آقایان مهندس صادق آتشی، مهدی قره‌خانی و ابوالفضل روشنی و نیز از کلیه همکلاسی‌های طول دوره تحصیل کارشناسی ارشد که افتخار آشنایی با آنان را داشته‌ام تشکر و قدردانی نموده و از خداوند منان سربلندی و بهروزی همه آنان را در تمام‌مراحل زندگی خواستارم.

**نگار قادری**

تیر ماه ۱۳۸۹

## چکیده

باکتری جنس *Azospirillum* از باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشد که در ریزوسفر و فضای بین سلولی ریشه غلات و سایر گیاهان مشاهده شده است. از ویژگی‌های مفید این باکتری می‌توان به تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه و در نتیجه بهبود جذب آب و عناصر غذایی، افزایش حلالیت فسفات‌های نامحلول، تولید سیدروفور، تولید ویتامین‌ها، کنترل عوامل بیماری‌زا، رابطه سینرژیستی با سایر باکتری‌های مفید خاکزی، تولید نیتريت، زیست‌پالایی فاضلاب و تجزیه بقایای سمی اشاره کرد. لذا در این تحقیق از ۳۸ نمونه خاک و ریشه گیاه کلزا از مناطق مختلف استان گلستان، ۵۸ جدایه *Azospirillum* جداسازی و ضمن مقایسه ویژگی‌های محرک رشد، بهترین جدایه‌ها انتخاب شدند. در ادامه، تأثیر ۴ جدایه برتر *Azospirillum* بر روی گیاه کلزا (رقم هایولا ۴۰۱) در شرایط اتاقک رشد و در دو سطح کودی (۱۰۰ و ۵۰ درصد) براساس آزمون خاک، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و دو مرحله برداشت اجرا گردید. نتایج جداسازی باکتری *Azospirillum* نشان داد که ۵۸ جدایه توانایی تشکیل هاله در محیط NFB نیمه‌جامد، تولید کلنی قرمز و صورتی رنگ روی محیط RC و تولید کلنی صورتی رنگ روی محیط PDA را داشتند. تمامی جدایه‌ها گرم منفی، ویبرونییدی شکل، کاتالاز و اکسیداز مثبت بودند. جدایه‌های مذکور براساس آزمون‌های تکمیلی شامل توانایی رشد در دو محیط NFB جامد و نیمه‌جامد حاوی ۳ درصد کلرید سدیم، نیازمندی به بیوتین و توان استفاده از قند گلوکز به سه گونه منسوب به *A. lipoferum*، *A. brasilense* و *A. irakense* به ترتیب با فراوانی ۲۸، ۸ و ۲۲ جدایه تفکیک شدند. همچنین نتایج آزمون‌های مربوط به ویژگی‌های محرک رشد نشان داد که تنها ۸/۶۲ درصد (۵ جدایه) ارزیابی شده، توانایی استفاده از ACC را داشتند. تمام جدایه‌ها قادر به تولید اکسین پس از ۱۲۰ ساعت در هر دو محیط دارای تریپتوفان و فاقد تریپتوفان بودند، ولی میزان تولید اکسین بین جدایه‌های مختلف متفاوت بود. ۵۶ جدایه (۹۶/۵۵ درصد) توانایی حل فسفات معدنی نامحلول به روش نیمه‌کمی را داشتند. توانایی حل فسفات معدنی نامحلول بر روی ۱۸ جدایه برتر بومی به روش کمی نشان داد که ۸۳/۳۳ درصد قادر به حل فسفات ناهلول بودند. آزمون تثبیت بیولوژیک نیتروژن مولکولی بیانگر این بود که بین ۱۴ جدایه انتخابی از نظر توان احیای استیلن به اتیلن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تأثیر تلقیح ۴ جدایه *Azospirillum* بر روی برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی بذور کلزا نشان داد که بین جدایه‌های مختلف از نظر درصد جوانه‌زنی، میانگین مدت و سرعت جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین تأثیر تلقیح ۴ جدایه *Azospirillum* بر روی برخی از پارامترهای رشدی گیاه کلزا در دو سطح کودی در شرایط اتاقک رشد بررسی شد. اثر تیمارهای باکتری در برداشت اول بر روی وزن خشک اندام هوایی، میزان جذب پتاسیم و نیتروژن اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و در برداشت دوم نیز بر روی هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود. اثر تیمارهای کود در برداشت اول بر روی میزان جذب عناصر، وزن خشک اندام هوایی و حجم ریشه به ترتیب در سطح ۱، ۵ و ۵ درصد معنی‌دار شد و در برداشت دوم نیز بر روی وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه، وزن خشک ریشه، میزان جذب پتاسیم و نیتروژن اندام هوایی به ترتیب در سطح ۵، ۱، ۵ و ۱ درصد معنی‌دار گشت.

واژه‌های کلیدی: باکتری *Azospirillum*، مواد محرک رشد گیاه، کلزا، گلستان



## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- مقدمه.....	۱
۲- کلیات و بررسی منابع.....	۷
۱-۲- باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR).....	۸
۱-۱-۲- باکتری جنس <i>Azospirillum</i> .....	۱۰
۱-۱-۱-۲- گونه‌های مختلف جنس <i>Azospirillum</i> و برخی خصوصیات آنها.....	۱۲
۱-۱-۱-۱-۲- خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی.....	۱۲
۲-۱-۱-۱-۲- خصوصیات اکولوژیکی جنس <i>Azospirillum</i> .....	۱۵
۱-۲-۱-۱-۱-۲- رطوبت خاک.....	۱۵
۲-۲-۱-۱-۱-۲- درجه حرارت.....	۱۵
۳-۲-۱-۱-۱-۲- pH خاک.....	۱۵
۴-۲-۱-۱-۱-۲- اکسیژن.....	۱۵
۵-۲-۱-۱-۱-۲- تأثیر سموم کشاورزی.....	۱۶
۶-۲-۱-۱-۱-۲- ترکیبات نیتروژن.....	۱۹
۷-۲-۱-۱-۱-۲- تنش‌های شوری و خشکی.....	۱۹
۲-۱-۱-۲- مکانیسم‌های جذب <i>Azospirillum</i> به طرف ریشه.....	۲۲
۲-۱-۲- مکانیسم‌های باکتری‌های PGPR.....	۲۶
۱-۲-۱-۲- تثبیت بیولوژیکی نیتروژن (BNF).....	۲۷
۱-۱-۲-۱-۲- تثبیت کننده‌های همیار.....	۲۷
۱-۱-۱-۲-۱-۲- عوامل مؤثر بر تثبیت نیتروژن به صورت همیاری.....	۲۹
۲-۱-۱-۲-۱-۲- اندازه‌گیری تثبیت نیتروژن به روش احیای استیلن.....	۳۰
۲-۲-۱-۲- هورمون‌ها و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی.....	۳۳
۳-۲-۱-۲- تولید آنزیم ACC-دآمیناز.....	۴۱
۴-۲-۱-۲- افزایش حلالیت فسفات‌های نامحلول.....	۴۷
۵-۲-۱-۲- تأثیر در جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد در گیاهان.....	۵۳

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶۱	۲-۲- کلزا .....
۶۴	۱-۲-۲- مبدأ و تاریخچه کشت کلزا .....
۶۵	۲-۲-۲- تولید کلزا در جهان، ایران و استان گلستان .....
۶۹	۳-۲-۲- گونه‌های کلزا .....
۶۹	۴-۲-۲- خصوصیات گیاه‌شناسی .....
۷۱	۵-۲-۲- خاک مناسب و تهیه بستر بذر .....
۷۲	۶-۲-۲- نیازهای کودی .....
۷۲	۱-۶-۲-۲- نیتروژن .....
۷۴	۲-۶-۲-۲- فسفر .....
۷۵	۳-۶-۲-۲- پتاسیم .....
۷۶	۴-۶-۲-۲- گوگرد .....
۷۸	۵-۶-۲-۲- منیزیم .....
۷۸	۶-۶-۲-۲- عناصر کم مصرف .....
۷۹	۷-۲-۲- آبیاری .....
۸۱	۳- مواد و روش‌ها .....
۸۱	۱-۳- جداسازی و گروه‌بندی جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> خاک‌های تحت کشت کلزا در استان گلستان .....
۸۲	۱-۱-۳- نمونه‌برداری خاک و ریشه .....
۸۳	۲-۱-۳- جداسازی، خالص‌سازی و شناسایی مقدماتی جدایه‌های <i>Azospirillum</i> .....
۸۵	۱-۲-۱-۳- تست گرم .....
۸۶	۲-۲-۱-۳- تست اکسیداز .....
۸۶	۳-۲-۱-۳- تست کاتالاز .....
۸۶	۲-۳- ویژگی‌های فیزیولوژیکی جدایه‌های <i>Azospirillum</i> .....
۸۶	۱-۲-۳- رشد در محیط ۳ درصد کلرور سدیم .....

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۲-۱-۱- رشد در محیط NFb نیمه جامد به علاوه ۳ درصد کلرور سدیم	۸۷
۳-۲-۱-۲- رشد در محیط NFb جامد به علاوه ۳ درصد کلرور سدیم	۸۷
۳-۲-۲- توان استفاده از گلوکز به عنوان منبع کربن	۸۷
۳-۲-۳- نیازمندی به بیوتین	۸۷
۳-۳- بررسی خصوصیات محرک رشد گیاه (PGPR) در جدایه های بومی <i>Azospirillum spp.</i>	۸۸
خاک های تحت کشت کلزا در استان گلستان	۸۸
۳-۳-۱- آزمون کیفی توان تولید ACC-دآمیناز	۸۹
۳-۳-۲- آزمون کمی توان تولید اکسین	۸۹
۳-۳-۳- حلالیت فسفات معدنی نامحلول	۹۰
۳-۳-۳-۱- آزمون نیمه کمی توان حل فسفات معدنی نامحلول	۹۰
۳-۳-۳-۲- آزمون کمی توان حل فسفات معدنی نامحلول	۹۱
۳-۳-۴- آزمون توان تثبیت بیولوژیک نیتروژن مولکولی ( $N_2$ -fixation)	۹۲
۳-۴- اندازه گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان ها	۹۴
۳-۴-۱- اندازه گیری نیتروژن کل خاک به روش کج لادل	۹۵
۳-۴-۲- اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن	۹۶
۳-۴-۳- اندازه گیری پتاسیم قابل جذب خاک با عصاره گیر استات آمونیوم	۹۶
۳-۴-۴- تعیین pH و هدایت الکتریکی خاک	۹۷
۳-۴-۵- اندازه گیری کربن آلی خاک به روش والکی بلاک	۹۷
۳-۴-۶- اندازه گیری بافت خاک به روش هیدرومتری	۹۸
۳-۵- اندازه گیری خصوصیات شیمیایی آب آبیاری	۹۹
۳-۵-۱- اندازه گیری نیتروژن کل آب	۹۹
۳-۵-۲- اندازه گیری فسفر آب	۹۹
۳-۵-۳- اندازه گیری پتاسیم آب	۱۰۰
۳-۵-۴- تعیین pH و هدایت الکتریکی آب	۱۰۰

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۶- بررسی تأثیر تلقیح <i>Azospirillum</i> بر روی برخی پارامترهای رشدی گیاه کلزا (رقم هایولا ۴۰۱) در دو سطح کودی در شرایط اتاقک رشد.....	۱۰۰
۳-۶-۱- تهیه مایه تلقیح باکتری برای بذرها.....	۱۰۰
۳-۶-۲- ضدعفونی و تلقیح بذرها.....	۱۰۱
۳-۶-۳- اندازه‌گیری برخی شاخص‌های جوانه‌زنی در بذور کلزا.....	۱۰۲
۳-۶-۴- آماده سازی گلدان‌ها و کوددهی.....	۱۰۳
۳-۶-۵- طریقه کاشت جوانه‌ها و تهیه مایه تلقیح باکتری برای گیاهچه‌های کلزا.....	۱۰۴
۳-۶-۶- نگهداری گیاهچه‌ها در اتاقک رشد.....	۱۰۴
۳-۶-۷- برداشت گیاهچه‌های کلزا و اندازه‌گیری پارامترهای رشدی.....	۱۰۵
۳-۶-۸- تهیه عصاره از بخش هوایی گیاهچه‌ها.....	۱۰۶
۳-۶-۹- اندازه‌گیری میزان غلظت فسفر در بخش هوایی گیاه کلزا.....	۱۰۷
۳-۶-۱۰- اندازه‌گیری میزان غلظت پتاسیم در بخش هوایی گیاه کلزا.....	۱۰۷
۳-۶-۱۱- اندازه‌گیری میزان غلظت نیتروژن کل در بخش هوایی گیاه کلزا.....	۱۰۷
۳-۷- تجزیه و تحلیل داده‌ها.....	۱۰۸
۴- نتایج و بحث.....	۱۰۹
۴-۱- جداسازی و گروه‌بندی جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> خاک‌های تحت کشت کلزا در استان گلستان.....	۱۱۰
۴-۱-۱- نمونه‌برداری خاک و ریشه.....	۱۱۰
۴-۱-۲- جداسازی، خالص‌سازی و شناسایی مقدماتی جدایه‌های <i>Azospirillum</i> .....	۱۱۲
۴-۱-۲-۱- تست گرم.....	۱۲۱
۴-۱-۲-۲- تست اکسیداز.....	۱۲۱
۴-۱-۲-۳- تست کاتالاز.....	۱۲۲
۴-۲- ویژگی‌های فیزیولوژیکی جدایه‌های <i>Azospirillum</i> .....	۱۲۴
۴-۲-۱- رشد در محیط ۳ درصد کلرور سدیم.....	۱۲۴

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۲-۴- توان استفاده از گلوکز به عنوان منبع کربن.....	۱۲۷
۳-۲-۴- نیازمندی به بیوتین.....	۱۲۹
۴-۲-۴- تعیین گونه بین جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> در استان گلستان.....	۱۲۹
۳-۴- بررسی خصوصیات محرک رشد گیاه (PGPR) در جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> spp. استان گلستان.....	۱۳۰
۱-۳-۴- آزمون کیفی توان تولید آنزیم ACC-دآمیناز.....	۱۳۱
۲-۳-۴- آزمون کمی توان تولید اکسین.....	۱۳۳
۳-۳-۴- حلالیت فسفات معدنی نامحلول.....	۱۳۹
۱-۳-۳-۴- آزمون نیمه کمی توان حل فسفات معدنی نامحلول.....	۱۳۹
۲-۳-۳-۴- آزمون کمی توان حل فسفات معدنی نامحلول.....	۱۴۴
۴-۳-۴- آزمون توان تثبیت بیولوژیک نیتروژن مولکولی ( $N_2$ -fixation).....	۱۴۸
۴-۴- بررسی تأثیر تلقیح <i>Azospirillum</i> بر روی برخی پارامترهای رشدی گیاه کلزا (رقم هایولا ۴۰۱) در دو سطح کودی در شرایط اتاقک رشد.....	۱۵۴
۱-۴-۴- جمعیت باکتری <i>Azospirillum</i> در مایه تلقیح تهیه شده برای بذرها.....	۱۵۴
۲-۴-۴- جمعیت باکتری <i>Azospirillum</i> روی بذرهاي تلقیح شده.....	۱۵۵
۳-۴-۴- تأثیر تلقیح جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی برخی شاخص‌های جوانه‌زنی در بذور کلزا.....	۱۵۵
۴-۴-۴- جمعیت باکتری <i>Azospirillum</i> در مایه تلقیح تهیه شده برای گیاهچه‌های کلزا.....	۱۵۸
۵-۴-۴- تأثیر تلقیح جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی برخی پارامترهای رشدی گیاه کلزا، در آزمون اتاقک رشد.....	۱۵۸
۱-۵-۴-۴- تأثیر تلقیح جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی ارتفاع اندام هوایی.....	۱۶۰
۲-۵-۴-۴- تأثیر تلقیح جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی وزن خشک اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک).....	۱۶۳
۳-۵-۴-۴- تأثیر تلقیح جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی حجم ریشه.....	۱۶۸

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۶۹	۴-۵-۴-۴- تأثیر تلقیح جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی وزن خشک ریشه.....
۱۷۰	۴-۵-۵-۴- تأثیر تلقیح جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی میزان جذب فسفر اندام هوایی.....
۱۷۱	۴-۵-۶-۴- تأثیر تلقیح جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی میزان جذب پتاسیم اندام هوایی.....
۱۷۲	۴-۵-۷-۴- تأثیر تلقیح جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی میزان جذب نیتروژن کل اندام هوایی.....
۱۷۳	۴-۵- نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات.....
۱۷۳	۴-۵-۱- نتیجه‌گیری کلی.....
۱۷۴	۴-۵-۲- پیشنهادات.....
۱۷۷	فهرست منابع.....

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- تاریخچه کشف و جداسازی گونه‌های مختلف <i>Azospirillum</i> .....	۱۳
جدول ۲-۲- برخی خصوصیات گونه‌های مختلف <i>Azospirillum</i> .....	۱۴
جدول ۳-۲- مقایسه کلی اسیدهای چرب موجود در چربی‌ها و روغن‌ها.....	۶۲
جدول ۴-۲- مقایسه ترکیب شیمیایی موجود در کنجاله سویا و کلزا.....	۶۳
جدول ۵-۲- تولید جهانی دانه‌های روغنی (میلیون تن).....	۶۶
جدول ۶-۲- میزان تولید دانه روغنی کلزا در حد فاصل سال‌های ۹۲/۹۳ تا ۹۴/۹۵ برحسب هزار تن.....	۶۶
جدول ۷-۲- سطح زیر کشت و میزان تولید دانه‌های روغنی طی سال‌های ۸۴-۸۰.....	۶۷
جدول ۸-۲- سطح زیر کشت، تولید و عملکرد کلزا در مقایسه با چهار محصول عمده دیگر در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷ در استان گلستان.....	۶۸
جدول ۹-۲- سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصول کلزا در سال ۱۳۸۳-۱۳۸۴ در استان گلستان به تفکیک شهرستان.....	۶۸
جدول ۱-۳- ترکیبات سه نوع محیط کشت NFb نیمه‌جامد، RC و PDA.....	۸۴
جدول ۲-۳- فرمولاسیون تست نیازمندی به بیوتین.....	۸۸
جدول ۳-۳- اجزاء ترکیب محیط کشت رودریگوئز جامد.....	۹۱
جدول ۴-۳- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمون اتاقت رشد.....	۹۵
جدول ۴-۳- نتایج تجزیه شیمیایی آب مورد استفاده در آزمون اتاقت رشد.....	۹۹
جدول ۱-۴- موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری شده در استان گلستان براساس سیستم UTM.....	۱۱۱
جدول ۲-۴- عمق ایجاد هاله در ۳۸ نمونه ریشه ناحیه ریزوسفر.....	۱۱۳
جدول ۳-۴- عمق ایجاد هاله در ۹۸ جدایه جداسازی شده از خاک.....	۱۱۴
جدول ۴-۴- ویژگی‌های فنوتیپی و مورفولوژیکی جدایه‌های <i>Azospirillum</i> جدا شده از خاک‌های تحت کشت کلزا در استان گلستان.....	۱۲۰
جدول ۵-۴- نتایج فراوانی تولید حباب در جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> .....	۱۲۴

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۴-۶- عمق ایجاد هاله در ۲۳ جدایه دارای توانایی رشد در محیط NFb نیمه جامد به علاوه ۳ درصد NaCl.....	۱۲۵
جدول ۴-۷- جدایه‌های دارای توانایی تشکیل هاله در محیط NFb نیمه جامد حاوی ۳ درصد NaCl و تشکیل کلنی با قطر بزرگتر از ۲ میلی متر در محیط NFb جامد به علاوه ۳ درصد NaCl.....	۱۲۶
جدول ۴-۸- عمق ایجاد هاله در ۲۹ جدایه دارای توانایی استفاده از گلوکز به عنوان منبع کربنی.....	۱۲۷
جدول ۴-۹- گروه‌بندی جدایه‌های دارای توانایی تشکیل هاله در محیط NFb نیمه جامد حاوی ۱۰ g/l گلوکز براساس تغییر رنگ محیط کشت.....	۱۲۸
جدول ۴-۱۰- آزمون مربوط به شناسایی و گروه‌بندی گونه‌های جنس <i>Azospirillum</i> .....	۱۳۰
جدول ۴-۱۱- توانایی استفاده از ACC به عنوان منبع نیتروژنی توسط جدایه‌های <i>Azospirillum</i> .....	۱۳۲
جدول ۴-۱۲- فهرست جدایه‌های <i>Azospirillum</i> تولید کننده اکسین در محیط دارای تریپتوفان و فاقد تریپتوفان پس از ۱۲۰ ساعت.....	۱۳۵
جدول ۴-۱۳- مقایسه میزان کارایی حلالیت در جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> در ۴ دوره زمانی مختلف.....	۱۴۱
جدول ۴-۱۴- توانایی حلالیت فسفات نامحلول و تغییر pH در جدایه‌های <i>Azospirillum</i> در محیط کشت مایع رودریگوئز.....	۱۴۵
جدول ۴-۱۵- تجزیه واریانس توان تثبیت نیتروژن توسط جدایه‌های <i>Azospirillum</i> .....	۱۴۹
جدول ۴-۱۶- مقایسه میانگین جدایه‌های <i>Azospirillum</i> از لحاظ میزان تثبیت نیتروژن به روش احیای استیلن.....	۱۵۰
جدول ۴-۱۷- جمعیت <i>Azospirillum</i> در مایه تلقیح مورد استفاده برای بذرها.....	۱۵۵
جدول ۴-۱۸- جمعیت باکتری <i>Azospirillum</i> در بذرها تلقیح شده با هر جدایه.....	۱۵۵
جدول ۴-۱۹- نتایج تجزیه واریانس تأثیر جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی در بذور کلزا پس از ۴۸ ساعت.....	۱۵۶



## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۵۷	جدول ۴-۲۰- مقایسه میانگین تأثیر جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی در بذور کلزا پس از ۴۸ ساعت.....
۱۵۸	جدول ۴-۲۱- جمعیت باکتری <i>Azospirillum</i> در مایه تلقیح مورد استفاده برای گیاهچه‌های کلزا.....
۱۶۱	جدول ۴-۲۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر جدایه‌های <i>Azospirillum</i> بر روی برخی پارامترهای رشدی گیاه کلزا در برداشت اول و دوم.....
۱۶۶	جدول ۴-۲۳- مقایسه میانگین تأثیر جدایه‌های <i>Azospirillum</i> بر روی برخی پارامترهای رشدی گیاه کلزا در برداشت اول و دوم.....

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲-۱- مکانیسم جذب باکتری <i>Azospirillum</i> به سمت ریشه.....	۲۴
شکل ۲-۲-۲- برهمکنش بین سلول‌های <i>A. brasilense</i> Cd و ریشه‌های پنبه.....	۲۵
شکل ۳-۲-۳- افزایش رشد در گیاهچه‌های بادمجان پس از تلقیح با <i>Azospirillum brasilense</i> .....	۵۴
شکل ۴-۲-۴- روابط ژنومی گونه‌های <i>Brassica</i> .....	۷۰
شکل ۱-۳-۱- مراحل رنگ آمیزی باکتری.....	۸۵
شکل ۲-۳-۲- نحوه تعویض درپوش‌های پنبه‌ای لوله‌ها با درپوش‌های لاستیکی و پوشاندن درز آنها توسط پارافیلیم.....	۹۴
شکل ۳-۳-۳- تلقیح بذور کلزا (۱۰۰ عدد) با ۵ میلی لیتر سوسپانسیون <i>Azospirillum</i> .....	۱۰۲
شکل ۴-۳-۴- سه نوع کود مورد استفاده در این تحقیق.....	۱۰۴
شکل ۵-۳-۵- مراحل شستشوی بخش هوایی گیاهچه‌های کلزا.....	۱۰۶
شکل ۱-۴-۱- نقشه موقعیت جغرافیایی مناطق مختلف نمونه‌برداری شده در استان گلستان.....	۱۱۰
شکل ۲-۴-۲- انتقال ریشه به محیط NFb نیمه‌جامد.....	۱۱۲
شکل ۳-۴-۳- تشکیل هاله به‌صورت ورقه سفید، توسط باکتری <i>Azospirillum</i> در محیط NFb نیمه‌جامد.....	۱۱۵
شکل ۴-۴-۴- کلنی‌های <i>Azospirillum</i> بعد از ۹۶ ساعت رشد روی محیط کشت RC.....	۱۱۶
شکل ۵-۴-۵- شکل کلنی جدایه AC51-II بعد از ۹۶ ساعت رشد روی محیط کشت RC، با بزرگ‌نمایی ۴.....	۱۱۷
شکل ۶-۴-۶- کلنی‌های بزرگ یا صورتی رنگ <i>Azospirillum</i> روی محیط کشت PDA.....	۱۱۸
شکل ۷-۴-۷- کلنی‌های جدایه AC20-I روی محیط کشت NFb جامد.....	۱۱۹
شکل ۸-۴-۸- واکنش گرم منفی و مورفولوژی لوبیایی جدایه AC38-V زیر میکروسکوپ، با بزرگ‌نمایی ۱۰۰.....	۱۲۱
شکل ۹-۴-۹- توانایی تولید آنزیم اکسیداز در ۴ جدایه AC38-V، AC39-IV، AC43-II و AC43-IV به‌صورت تغییر رنگ کلنی به بنفش در اثر تماس با معرف کوواکس.....	۱۲۲

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۴-۱۰- تشکیل حباب توسط تماس محلول ۳ درصد پراکسید هیدروژن با کلنی جدایه‌های AC20-I و AC20-II	۱۲۳
شکل ۴-۱۱- مقایسه رنگ و شکل کلنی جدایه‌های AC28-II و AC53-III روی دو محیط NFb جامد فاقد NaCl و NFb جامد به‌علاوه ۳ درصد NaCl	۱۲۵
شکل ۴-۱۲- اشکال مختلف کلنی <i>Azospirillum</i> در محیط NFb جامد فاقد NaCl	۱۲۶
شکل ۴-۱۳- تشکیل هاله توسط جدایه‌های <i>Azospirillum</i> و تغییر رنگ محیط کشت	۱۲۸
شکل ۴-۱۴- مقایسه کلنی جدایه‌های <i>Azospirillum</i> روی محیط NFb جامد حاوی ۰/۰۰۰۱ g/l بیوتین	۱۲۹
شکل ۴-۱۵- مقایسه رشد جدایه AC56-VI در محیط کشت NFb به‌علاوه ACC با دو محیط کشت NFb و NFb به‌علاوه $(NH_4)_2SO_4$	۱۳۲
شکل ۴-۱۶- نمودار میزان تولید اکسین در دو محیط فاقد تریپتوفان و دارای تریپتوفان توسط جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i>	۱۳۶
شکل ۴-۱۷- تأثیر افزایش پیش‌ماده اکسین (تریپتوفان) روی میزان اکسین سنتز شده توسط جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i>	۱۳۷
شکل ۴-۱۸- تفاوت رنگ در سوسپانسیون حاصله از جدایه AC39-I در اثر افزودن معرف سالکوفسکی که بیانگر تفاوت در میزان اکسین تولید شده می‌باشد	۱۳۷
شکل ۴-۱۹- میزان کارایی حلالیت فسفات (SE) در ۴ دوره زمانی توسط برخی از جدایه‌های <i>Azospirillum</i> در محیط کشت جامد رودریگوئز	۱۴۳
شکل ۴-۲۰- ایجاد هاله شفاف اطراف کلنی‌های B, C, D و E، در مقایسه با شاهد (A) که بیانگر حلالیت تری‌کلسیم فسفات می‌باشد	۱۴۳
شکل ۴-۲۱- میزان انحلال فسفات نامحلول در ۳ دوره زمانی توسط برخی از جدایه‌های <i>Azospirillum</i> در محیط مایع رودریگوئز	۱۴۷
شکل ۴-۲۲- میزان کاهش pH در ۳ دوره زمانی توسط برخی از جدایه‌های <i>Azospirillum</i> در محیط کشت مایع رودریگوئز	۱۴۸

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۴-۲۳- مقدار اتیلن تولید شده توسط جدایه‌های بومی <i>Azospirillum</i> .....	۱۵۱
شکل ۴-۲۴- پیک مربوط به گاز اتیلن و استیلن در محیط کشت حاوی جدایه AC49-VII.....	۱۵۲
شکل ۴-۲۵- فراوانی جدایه‌های بومی منسوب به سه گونه <i>Azospirillum</i> با توانایی تثبیت نیتروژن بیشتر از ۲۵ نانومول اتیلن در ساعت در میلی‌لیتر.....	۱۵۳
شکل ۴-۲۶- جوانه‌های رشد کرده کلزا، ۷۲ ساعت پس از تلقیح با باکتری <i>Azospirillum</i> .....	۱۵۷
شکل ۴-۲۷- نمایی از اتاقک رشد و گلدان‌های حاوی گیاه کلزا قبل از برداشت اول.....	۱۵۹
شکل ۴-۲۸- نمایی از اتاقک رشد و گلدان‌های حاوی گیاه کلزا قبل از برداشت دوم.....	۱۵۹
شکل ۴-۲۹- مقایسه اندام هوایی در تیمار $B_1F_2R_3$ در برداشت اول و دوم.....	۱۶۳
شکل ۴-۳۰- مقایسه میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار $B_4F_1R_2$ در برداشت اول و دوم.....	۱۶۸
شکل ۴-۳۱- مقایسه میزان حجم ریشه در تیمار $B_0F_2R_1$ در برداشت اول و دوم.....	۱۶۹
شکل ۴-۳۲- مقایسه میزان وزن خشک ریشه در تیمار $B_3F_1R_1$ در برداشت اول و دوم.....	۱۷۰