بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اهدنا الصراط المستقيم صراط الذين
انعمت عليهم غير المغضوب عليهم
ولا الضالين

دانشکده علوم کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات
(زراعت)

عنوان:

تأثیر باکتری‌های *ازتوباکتر* و *سودوموناس* و سطوح مختلف کود شیمیایی بر کمّیت و کیفیت علوفه شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa* L.)

از:

اعظم رومانی

استاد راهنما:

دکتر سیّد محمّدرضا احتشامی

استادان مشاور:

مهندس محمّد ربیعی

دکتر احمد اصغرزاده

مهر ۱۳۹۲

اگر درخور تقدیم باشد به رسم ادب

تقدیم به

قطب دایره‌ی امکان حضرت ولی عصر عجل ا... تعالی فرجه و شریف

و تقدیم به

پدر بزرگوارم: ارزشمندترین گوهر گیتی به پاس زحمات و محبت‌های بی‌دریغش

مادر مهربانم: سبزترین روح گیتی به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودش

خواهران و برادران عزیزم: بهترین‌های بی‌بدیل زندگیم که وجودشان شادی‌بخش و صفایشان

مایه‌ی آرامش من است.

حمد و سپاس **خدای** را که به انسان جان بخشید و با زینت عشق جان را مزین نمود. اکنون که مدد لطف جمیلش به بار نشسته و همای سعادت به‌واسطه‌ی موهبتش بر سرم بال و پر گسترانیده است، دست به قلم نیایش بردم و به شکرانه‌ی لطفش، جبین به سجاده‌ی شکر می‌سایم و از لطف پرکرامتش سپاسگزاری می‌کنم.

بر خود لازم می‌دانم از زحمات **خانواده‌ی عزیزم** که حمایت‌های بی‌دریغشان همواره پشتوانه‌ای محکم و دلگرم کننده برایم بوده است، نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم. هم‌چنین از زحمات ارزشمند استاد ارجمندم، جناب آقای **دکتر سیّد محمّدرضا احتشامی** که در تمامی مراحل انجام این پایان‌نامه راهنمایی اینجانب را بر عهده گرفتند و در سایه راهنمائی‌ها و حمایت‌های ایشان، تلاش‌هایم به بار نشست، کمال تشکر و امتنان را داشته باشم.

از استاد مشاور فرهیخته‌ام جناب آقای **مهندس محمّد ربیعی** که در تمامی مراحل اجرای این تحقیق، یار و مددکار بنده بودند و از هیچ کوششی در این راستا دریغ نورزیدند نهایت تشکر و قدردانی را دارم. از اساتید داور بزرگوارم جناب آقای **دکتر جعفر اصغری** و سرکار خانم **دکتر المیرا محمدوند** که زحمت بازخوانی و داوری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند و نیز نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده جناب آقای **دکتر حسن رمضانپور** به جهت قبول زحمت و نظارت در برگزاری جلسه دفاعیه کمال سپاسگزاری و قدردانی را دارم. از اساتید گران‌قدر گروه زراعت که در محضر این عزیزان کسب علم نمودم صمیمانه سپاسگزاری و تشکر می‌نمایم. از مسئولین محترم آزمایشگاه‌های زراعت و علوم دام جناب آقایان مهندس **علیجانی، حبیبی** و **ناصرانی** به پاس یاری‌شان سپاسگزارم. از دوستان گران مایه‌ام خانم‌ها مهندس **آزاده خزایی، سعیده حسینی، اسماء بستامی، حکیمه درویژه، زکیه ابراهیم قوچی، سودابه صالحی، زهرا مصطفایی و مریم برومند** و هم‌چنین آقایان دکتر **عزیزی، نالوسی** و **رمضانی** به پاس همراهی و همدلی‌هایشان نهایت تشکر را دارم و از درگاه پروردگار متعال برای این عزیزان، سلامت، سعادت و سربلندی را آرزومندم.

اعظم رومانی

مهر ۱۳۹۲

عنوان ..... **صفحه**
چکیده فارسی ..... خ
چکیده انگلیسی ..... د
مقدمه ۲

فصل اول: کلیات و مرور منابع

۱- ۱- معرفی شلغم علوفه‌ای ۵
۱- ۱- ۱- گیاهشناسی ۵
۱- ۱- ۲- بوم‌شناسی شلغم ۵
۱- ۱- ۳- ارقام و واریته‌ها ۶
۱- ۱- ۴- تاریخ و روش کاشت ۶
۱- ۱- ۵- کوددهی ۷
۱- ۱- ۶- نیاز آبی و آبیاری ۸
۱- ۱- ۷- برداشت ۸
۱- ۱- ۸- موارد استفاده ۹
۱- ۲- کشاورزی پایدار ۹
۱- ۳- کشاورزی ارگانیک ۱۰
۱- ۴- کود زیستی ۱۱
۱- ۴- ۱- انواع کودهای زیستی ۱۲
۱- ۵- باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR) ۱۲
۱- ۶- ازتوباکتر ۱۴
۱- ۷- سودوموناس ۱۶
۱- ۸- تأثیر کودهای زیستی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاهان زراعی ۱۷
۱- ۸- ۱- تأثیر کودهای زیستی بر خصوصیات کیفی گیاهان زراعی ۲۵
۱- ۸- ۲- تأثیر کودهای زیستی بر رشد ریشه ۲۷
۱- ۸- ۳- کودهای زیستی و هورمون‌ها ۲۹

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲- ۱- زمان و محل اجرای طرح ۳۱
۲- ۲- ویژگی‌های آب و هوایی ۳۱
۲- ۳- مشخصات خاک محل آزمایش ۳۱
۲- ۴- مشخصات آماری طرح و شیوه کاشت ۳۲
۲- ۵- روش نمونه‌برداری، اندازه‌گیری و محاسبه نتایج ۳۴
۲- ۵- ۱- صفات فیزیولوژیک ۳۴
۲- ۵- ۱- ۱- اندازه‌گیری سطح برگ ۳۴
۲- ۵- ۱- ۲- اندازه‌گیری وزن خشک بوته ۳۴
۲- ۵- ۲- صفات کیفی ۳۴

۲- ۵- ۲- ۱- تعیین محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی برگ ۳۴
۲- ۵- ۲- ۲- اندازه‌گیری میزان عناصر معدنی موجود در اندام هوایی و ریشه ۳۵
۲- ۵- ۲- ۳- تعیین عناصر کیفی علوفه ۳۵
۲- ۵- ۲- ۴- اندازه‌گیری ماده آلی ۳۶
۲- ۵- ۳- صفات مورفولوژیک ۳۶
۲- ۵- ۳- ۱- ارتفاع بوته ۳۶
۲- ۵- ۳- ۲- قطر بوته ۳۶
۲- ۵- ۴- عملکرد علوفه ۳۷
۲- ۵- ۴- ۱- عملکرد علوفه تر ۳۷
۲- ۵- ۴- ۲- عملکرد علوفه خشک ۳۷
۲- ۶- تجزیه و تحلیل آماری ۳۷

فصل سوم: نتایج و بحث

۳- ۱- صفات مورفولوژیک ۳۹
۳- ۱- ۱- ارتفاع بوته ۳۹
۳- ۱- ۲- قطر ساقه ۴۱
۳- ۲- صفات فیزیولوژیک ۴۲
۳- ۲- ۱- شاخص سطح برگ ۴۲
۳- ۳- صفات کیفی ۴۴
۳- ۳- ۱- رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی ۴۴
۳- ۳- ۱- ۱- کلروفیل a ۴۵
۳- ۳- ۱- ۲- کلروفیل b ۴۵
۳- ۳- ۱- ۳- کلروفیل a + b ۴۶
۳- ۳- ۲- ماده‌ی آلی ۴۸
۳- ۳- ۳- کیفیت علوفه ۴۸
۳- ۳- ۳- ۱- پروتئین خام شاخساره ۴۸
۳- ۳- ۳- ۲- درصد قابلیت هضم ماده‌ی خشک شاخساره ۵۰
۳- ۳- ۳- ۳- کربوهیدرات محلول در آب شاخساره ۵۱
۳- ۳- ۳- ۴- خاکستر کل شاخساره ۵۲
۳- ۳- ۳- ۵- الیاف محلول در شوینده اسیدی شاخساره ۵۳
۳- ۳- ۳- ۶- الیاف محلول در شوینده خنثی شاخساره ۵۵
۳- ۳- ۳- ۷- پروتئین خام غده ۵۶
۳- ۳- ۳- ۸- درصد قابلیت هضم ماده‌ی خشک غده ۵۸
۳- ۳- ۳- ۹- کربوهیدرات محلول در آب غده ۵۹
۳- ۳- ۳- ۱۰- خاکستر کل غده ۶۱
۳- ۳- ۳- ۱۱- الیاف محلول در شوینده اسیدی غده ۶۲

۳- ۳- ۳- ۱۲- الیاف محلول در شوینده خنثی غده ۶۳
۳- ۳- ۴- عناصر معدنی ۶۵
۳- ۳- ۴- ۱- مس شاخساره ۶۵
۳- ۳- ۴- ۲- منیزیم شاخساره ۶۶
۳- ۳- ۴- ۳- منگنز شاخساره ۶۷
۳- ۳- ۴- ۴- آهن شاخساره ۶۸
۳- ۳- ۴- ۵- فسفر شاخساره ۶۹
۳- ۳- ۴- ۶- مس غده ۷۰
۳- ۳- ۴- ۷- منیزیم غده ۷۱
۳- ۳- ۴- ۸- منگنز غده ۷۲
۳- ۳- ۴- ۹- آهن غده ۷۳
۳- ۳- ۴- ۱۰- فسفر غده ۷۴
۳- ۴- عملکرد علوفه ۷۷
۳- ۴- ۱- عملکرد علوفه تر ۷۷
۳- ۴-۲- عملکرد علوفه خشک ۷۹
۳- ۵- نتیجه‌گیری کلی ۹۰
۳- ۶- پیشنهادها ۹۱
منابع مورد استفاده ۹۳

عنوان ..... صفحه
جدول ۲-۱- اطلاعات هواشناسی شهرستان رشت در طول فصل رشد گیاه شلغم علوفه‌ای ۳۱
جدول ۲-۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۳۱
جدول ۳-۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و میزان رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی برگ شلغم علوفه‌ای تحت تأثیر تیمارهای کودی ۸۲
جدول ۳-۲- تجزیه واریانس تأثیر تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی بر خصوصیات کیفی شلغم علوفه‌ای ۸۲
جدول ۳-۳- تجزیه واریانس عناصر معدنی علوفه شلغم علوفه‌ای ۸۳
جدول ۳-۴- ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک و میزان رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی برگ شلغم علوفه‌ای ۸۴
جدول ۳-۵- ضرایب همبستگی صفات کمی و کیفی شلغم علوفه‌ای تحت تأثیر سطوح مختلف کودی ۸۵
جدول ۳-۶- ضرایب همبستگی غلظت عناصر غذایی شلغم علوفه‌ای تحت تأثیر سطوح مختلف کودی ۸۶
جدول ۳-۷- مقایسات بین گروهی تیمارهای مختلف کودی از نظر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در شلغم علوفه‌ای ۸۷
جدول ۳-۸- مقایسات بین گروهی تیمارهای مختلف کودی از نظر کیفیت علوفه در شلغم علوفه‌ای ۸۸
جدول ۳-۹- مقایسات بین گروهی تیمارهای مختلف کودی از نظر عناصر کمی علوفه در شلغم علوفه‌ای ۸۹

عنوان ..... صفحه

شکل ۳-۱- تأثیر تیمارهای کودی بر ارتفاع بوته شلغم علوفه‌ای ۳۹
شکل ۳-۲- تأثیر تیمارهای کودی بر قطر ساقه گیاه شلغم علوفه‌ای ۴۱
شکل ۳-۳- تأثیر تیمارهای کودی بر شاخص سطح برگ گیاه شلغم علوفه‌ای ۴۳
شکل ۳-۴- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان کلروفیل a برگ گیاه شلغم علوفه‌ای ۴۵
شکل ۳-۵- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان کلروفیل b برگ گیاه شلغم علوفه‌ای ۴۶
شکل ۳-۶- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان کلروفیل a +b برگ گیاه شلغم علوفه‌ای ۴۷
شکل ۳-۷- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد پروتئین خام شاخساره شلغم علوفه‌ای ۴۹
شکل ۳-۸- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد قابلیت هضم ماده‌ی خشک شاخساره شلغم علوفه‌ای ۵۱
شکل ۳-۹- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد کربوهیدرات محلول در آب شاخساره شلغم علوفه‌ای ۵۲
شکل ۳-۱۰- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد خاکستر کل شاخساره شلغم علوفه‌ای ۵۳
شکل ۳-۱۱- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد الیاف محلول در شوینده اسیدی شاخساره شلغم علوفه‌ای ۵۴
شکل ۳-۱۲- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد الیاف محلول در شوینده خنثی شاخساره شلغم علوفه‌ای ۵۵
شکل ۳-۱۳- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد پروتئین خام غده شلغم علوفه‌ای ۵۷
شکل ۳-۱۴- تأثیر تیمارهای کودی بر قابلیت هضم ماده‌ی خشک غده شلغم علوفه‌ای ۵۹
شکل ۳-۱۵- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد کربوهیدرات محلول در آب غده شلغم علوفه‌ای ۶۰
شکل ۳-۱۶- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد خاکستر کل غده شلغم علوفه‌ای ۶۱
شکل ۳-۱۷- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد الیاف محلول در شوینده اسیدی غده شلغم علوفه‌ای ۶۳
شکل ۳-۱۸- تأثیر تیمارهای کودی بر درصد الیاف محلول در شوینده خنثی غده شلغم علوفه‌ای ۶۴
شکل ۳-۱۹- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان مس شاخساره شلغم علوفه‌ای ۶۵
شکل ۳-۲۰- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان منیزیم شاخساره شلغم علوفه‌ای ۶۶
شکل ۳-۲۱- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان منگنز شاخساره شلغم علوفه‌ای ۶۷
شکل ۳-۲۲- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان آهن شاخساره شلغم علوفه‌ای ۶۸
شکل ۳-۲۳- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان فسفر شاخساره شلغم علوفه‌ای ۶۹
شکل ۳-۲۴- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان مس غده شلغم علوفه‌ای ۷۰
شکل ۳-۲۵- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان منیزیم غده شلغم علوفه‌ای ۷۱
شکل ۳-۲۶- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان منگنز غده شلغم علوفه‌ای ۷۲
شکل ۳-۲۷- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان آهن غده شلغم علوفه‌ای ۷۳
شکل ۳-۲۸- تأثیر تیمارهای کودی بر میزان فسفر غده شلغم علوفه‌ای ۷۵
شکل ۳-۲۹- تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد علوفه تر شلغم علوفه‌ای ۷۷
شکل ۳-۳۰- تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد علوفه خشک شلغم علوفه‌ای ۸۰

تأثیر باکتری‌های *ازتوباکتر* و *سودوموناس* و سطوح مختلف کود شیمیایی بر کمّیت و کیفیت علوفه شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa* L.)

اعظم رومانی

به‌منظور بررسی تأثیر باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس و سطوح مختلف کود شیمیایی بر کمّیت و کیفیت علوفه شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa* L.) آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه‌ی پژوهشی موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور (رشت) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (بدون کود و بدون تلقیح)، کود کامل شیمیایی و بدون تلقیح، تلقیح با *Azotobacter chroococcum* strain 12 + بدون کود نیتروژن، تلقیح با *A. chroococcum* strain 12 + ۵۰٪ کود نیتروژن، تلقیح با *A. chroococcum* strain 12 + ۷۵٪ کود نیتروژن، تلقیح با *A. chroococcum* strain 12 + ۱۰۰٪ کود نیتروژن، تلقیح با *Pseudomonas fluorescens* strain 41 + بدون کود فسفر، تلقیح با *P. fluorescens* strain 41 + ۵۰٪ کود فسفر، تلقیح با *P. fluorescens* strain 41 + ۷۵٪ کود فسفر، تلقیح با *P. fluorescens* strain 41 + ۱۰۰٪ کود فسفر، تلقیح با *A. chroococcum* strain 12 + *P. fluorescens* strain 41 + بدون کود نیتروژن و فسفر، تلقیح با *A. chroococcum* strain 12 + *P. fluorescens* strain 41 + ۵۰٪ کود نیتروژن و فسفر، تلقیح با *A. chroococcum* strain 12 + *P. fluorescens* strain 41 + ۷۵٪ کود نیتروژن و فسفر، تلقیح با *A. chroococcum* strain 12 + *P. fluorescens* strain 41 + ۱۰۰٪ کود نیتروژن و فسفر بودند. طبق نتایج حاصل از آزمایش مشخص گردید که کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌جز درصد ماده‌ی آلی داشت. به‌علاوه سودمندی کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد گیاه و سطوح مختلف کودهای شیمیایی فسفر و نیتروژن بر عملکرد و کیفیت گیاه و هم‌چنین میزان عناصر مس، آهن، منیزیم، منگنز و فسفر شاخساره و غده نسبت به تیمار شاهد (بدون کود و بدون تلقیح) مشاهده شد. بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، میزان ماده‌ی تر و خشک برگ و غده (در سه مرحله اوایل گل‌دهی، گل‌دهی کامل و غده‌بندی)، عملکرد تر و خشک علوفه، شاخص‌های کیفی و عناصر معدنی موجود در شاخساره و غده گیاه شلغم علوفه‌ای در کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی به‌ویژه تیمار تلفیقی ازتوباکتر + سودوموناس + ۵۰٪ کود شیمیایی فسفر و نیتروژن به‌دست آمد. در نهایت می‌توان تأمین نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه از طریق سیستم تلفیقی کودهای زیستی و ۵۰٪ کودهای شیمیایی را به‌عنوان تیمار برتر و گامی در راستای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و تحقق اهداف کشاورزی پایدار معرفی نمود.

کلید واژه‌ها: *ازتوباکتر*، نیتروژن، عناصر غذایی، *سودوموناس*، عملکرد علوفه

Effect of *Azotobacter* and *Pseudomonas* bacteria and different levels of chemical fertilizer on forage quantity and quality of forage turnip (*Brassica rapa* L.)

Azam Roumani

To investigate the effect of *Azotobacter* and *Pseudomonas* bacteria and different levels of chemical fertilizer on forage quantity and quality of forage turnip (*Brassica rapa* L.), a field experiment was conducted at Rice Research Institute of Iran during 2012 growing season. The experiment was arranged base on randomized complete block design with 14 treatments and three replications. The treatments were involved control (no fertilizer and uninoculation), chemical fertilizer and uninoculation, inoculation with *Azotobacter chroococcum* strain 12 + without nitrogen fertilizer, inoculation with *A. chroococcum* strain 12 + 50% nitrogen, inoculation with *A. chroococcum* strain 12 + 75% nitrogen, inoculation with *A. chroococcum* strain 12 + 100% nitrogen, inoculated with *Pseudomonas fluorescens* strain 41 + no phosphorus fertilizer, inoculated with *P. fluorescens* strain 41 + 50% phosphorus, inoculated with *P. fluorescens* strain 41 + 75% phosphorus, inoculated with *P. fluorescens* strain 41 + 100% phosphorus, inoculated with *A. chroococcum* strain 12 + *P. fluorescens* strain 41 + free nitrogen and phosphorus fertilizer, inoculation with *A. chroococcum* strain 12 + *P. fluorescens* strain 41 + 50% nitrogen and phosphorus fertilizer, inoculation with *A. chroococcum* strain 12 + *P. fluorescens* strain 41 + 75% nitrogen and phosphorus fertilizer, inoculation with *A. chroococcum* strain 12 + *P. fluorescens* strain 41 + 100% of nitrogen and phosphorus. Results showed that biofertilizers had significant effects on mentioned traits except on percent of organic material. In addition, Subserviency using integrated application of plant growth promoting bacteria and different levels of N P chemical fertilizer on plant yield and quality, and also concentration of Cu, Mg, Mn, Fe and P in shoot and tuber was observed in plants on relation to control (no fertilizer and uninoculation). The highest amount of leaf area index, plant height, leaf photosynthetic pigments (chlorophyll a, b and a + b), fresh and dry weight of leaf and tuber (in three stages: beginning of flowering, full flowering and tuber development), fresh and dry forage yield, duality characteristic and mineral nutrients in shoot and tuber of forage turnip obtained in integrated application of biofertilizers and chemical fertilizers, particularly, inoculation with *A. chroococcum* strain 12 + *P. fluorescens* strain 41 + 50% nitrogen and phosphorus fertilizer. Finally, integrated treatments amended by biofertilizers and 50% chemical fertilizer introduces as preponderant treatment in order to supply of turnip nitrogen and phosphorus requirement. In addition, our results suggest an environmentally sound nutrition management that improves forage quality and reduces chemical inputs.

Key words: *Azotobacter chroococcum*, Forage yield, Nitrogen, Nutrients, *Pseudomonas fluorescens*

مقدمه

افزایش تقاضای جهانی برای مواد غذایی به‌همراه محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت، محققین بخش کشاورزی را با چالش‌های بزرگی روبرو ساخته است. بر این اساس، در شرایطی که عملاً توسعه اراضی کشاورزی مقدور نیست، بیش‌تر نگاه‌ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شده است [Vessey, 2003]. عملیات فشرده کشاورزی که موجب افزایش عملکرد شود، نیاز به کاربرد زیاد کودهای شیمیایی دارد که پرهزینه بوده و آلودگی محیط زیست را در بر خواهد داشت. بنابراین، در حال حاضر کشاورزی پایدار توجه زیادی را به‌خود معطوف کرده است [Orhan et al., 2006]. در جهان امروزی نیاز به سیستم کشاورزی پایداری که در آن، منابع زیست محیطی به‌طور کامل مورد استفاده قرار گیرند و در عین حال هیچ آسیبی به محیط زیست وارد نشود، بسیار حیاتی است. در این مقوله، جمعیت‌های میکروبی که سبب ثبات و پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی می‌شوند، نقش مهمی دارند [Singh et al., 2011]. استفاده از کودهای زیستی یکی از راه‌های اساسی فائق آمدن بر این مشکلات است که علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی، در حفظ توازن محیط زیست نیز نقش دارد [Vessey, 2003]. کودهای زیستی[1] به‌طور معمول به‌عنوان مایه تلقیح میکروبی هستند که توانایی جذب عناصر غذایی خاک را برای گیاه زراعی از حالت غیرقابل دسترس به دسترس از طریق فرآیندهای زیستی دارند. در یک دهه‌ی گذشته، کودهای زیستی در سطح وسیعی به‌کار برده شده‌اند که سبب کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک برای افزایش تولیدات گیاهی می‌شوند [Manna et al., 2007]. به باکتری-های ریزوسفری غیرهمزیست تقویت کننده رشد گیاه، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه(PGPR)[2] گفته می‌شود که موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند.

مطالعات زیادی در مورد تأثیر باکتری‌های PGPR بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی انجام شده است. PGPRها در گیاهان مختلف به‌منظور افزایش رشد، جوانه‌زنی بذور و عملکرد به‌کار رفته‌اند و برخی نیز تجاری شده‌اند [Klopper, 2003]، هم‌چنین این ریزجانداران[3] به‌منظور گیاه پالایی[4] نیز در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرار گرفته‌اند [Gamalero et al., 2009]. اصطلاح PGPR در ابتدا برای باکتری‌های *Pseudomonas ssp.* به‌کار برده شد [Hani et al., 1998]، اما امروزه معنای گسترده‌تری پیدا نموده و برای بسیاری از باکتری‌های فعال در ناحیه ریزوسفر مانند *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Arthrobacter* نیز مورد استفاده قرار می-گیرد [Rodriguez and Fraga, 1999]. باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم* و *سودوموناس* از مهم‌ترین باکتری‌های افزاینده‌ی رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل ملاحظه

[1] - Biofertilizer
[2] - Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)
[3] - Microorganisms
[4] - Phytoremediation

مواد و هورمون‌های تحریک کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین‌ها و جیبرلین‌ها، رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند [Zahir et al., 2004].

امروزه تأمین علوفه مورد نیاز دام یکی از مهم‌ترین نکاتی است که در کشاورزی به آن توجه می‌شود. بنابراین نقش گیاهان علوفه‌ای در تعلیف دام و در نتیجه تأمین نیاز انسان به فرآورده‌های دامی از اهمیت غیرقابل‌انکاری برخوردار است. از گیاهان علوفه‌ای متعددی جهت تغذیه دام استفاده می‌شود و در این میان، گونه‌های گیاهان علوفه‌ای براسیکا محصولاتی هستند که به‌دلیل رشد سریع، عملکرد بالا و کیفیت علوفه‌ای مطلوبی که دارند، از اهمیت قابل توجهی در جهت تأمین علوفه برخوردارند [Ayres and Clements, 2002; Moate et al., 1998]. شلغم علوفه‌ای با نام علمی *Brassica rapa* از تیره شب‌بو یا چلیپاییان Brassicaceae گیاه علوفه‌ای جدیدی است که به‌دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود نظیر تولید انبوه علوفه در زمانی‌که سایر گیاهان علوفه‌ای محصولی تولید نمی‌کنند، مورد توجه واقع شده است [Rao and Horn, 1986]. به‌علاوه گیاهان علوفه‌ای براسیکا دارای پروتئین بالا، فیبر کم، انرژی‌زایی بالا و قابلیت هضم‌پذیری زیاد (در حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد) می‌باشند [Koch et al., 1998; Wiedenhoeft et al., 1994]. جاکوب و همکاران [Jacobe et al., 2002] عملکرد ماده‌ی خشک ارقام شلغم علوفه‌ای را در محدوده‌ی بین ۰/۴ تا ۱۹/۵ تن در هکتار تخمین زده‌اند و آن را بسته به روش کشت، مکان رویش، رطوبت قابل دسترس، نوع خاک و مدیریت زراعی متغیر دانسته‌اند. از آنجایی‌که در دهه‌های اخیر در کشور ما، جهت فرآوری روغن به کشت گیاهان خانواده‌ی براسیکا، اهمیت بسیاری داده شده و نیز در جهت یافتن ارقام مناسب با اقلیم ایران، بررسی‌هایی صورت گرفته است، روز به‌روز به ارزش زراعی و صنعتی این گیاه بیش‌تر پی برده می‌شود که نشان دهنده‌ی سازگاری این گیاه با اقلیم کشورمان است، ولی متأسفانه به بُعد علوفه‌ای این گیاه که دارای ارزش غذایی بالا، پایین بودن هزینه‌ی تولید و امکان برداشت و تأمین علوفه در اوایل بهار توجه چندانی نشده است. بنابراین آگاهی از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد و میزان تجمع ماده‌ی خشک در شرایط مختلف زراعی می‌تواند به استفاده بهینه از این محصول منجر شود [خمدی و همکاران، ۱۳۹۰]. هدف از این تحقیق نیز بررسی تأثیر باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس و سطوح مختلف کود شیمیایی بر کمّیت و کیفیت علوفه شلغم علوفه‌ای، با اهداف ذیل بوده است:

۱- بهبود کیفیت علوفه شلغم علوفه‌ای با کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد و کود های شیمیایی.

۲- تعیین اثر سطوح مختلف کودهای نیتروژن و فسفر در تلفیق با باکتری‌های محرک رشد بر رشد رویشی و عملکرد علوفه شلغم علوفه‌ای.

فصل اول

کلیات و مرور منابع

۱- ۱- معرفی شلغم علوفه‌ای

۱- ۱- ۱- گیاهشناسی

این گیاه از خانواده چلیپاییان (Cruciferacae) یا Mustard، جنس براسیکا (Brassica) است و با نام علمی *Brassica Rapa* و با نام انگلیسی Turnip شناخته می‌شود [Zandstra and Warnke, 1989]. شلغم علوفه‌ای، گیاهی دو ساله است ولی برای تولید علوفه به‌صورت یک‌ساله کشت می‌شود. دارای برگ‌های ناصاف، پوشیده از کرک یا بدون کرک، با بریدگی‌های زیاد به رنگ سبز و سفید می‌باشد [میرحیدر، ۱۳۷۴]. دو گونه *B.rapa* و *B.compestries* اولین بار توسط لینه به‌عنوان دو گونه مجزا معرفی شدند که اولی شلغم و دومی یک گیاه هرز وحشی تلقی گردید. متزگر[1] در سال ۱۸۳۳ نتیجه گرفت که هر دوی اینها متعلق به یک گونه هستند و یک رده تحت عنوان *B.rapa* تشکیل داد [به نقل از Toxeopus et al., 1984]. گل‌های این گیاه کامل، زرد رنگ و دارای ۴ گلبرگ بوده که به‌طور مورب و در زوایای مختلف قرار می‌گیرند و نام کروسیفر نیز بر اساس شکل گل‌های این خانواده انتخاب شده است [Downey et al., 1980]. ارتفاع این گیاه بین ۵۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متر متغیر است. ۶۰ تا ۷۰ درصد خودگشنی دارد اما حشرات و باد نیز در گرده‌افشانی آن تأثیرگذار هستند. در درجه اول، انتقال دانه‌های گرده از یک گیاه به گیاه دیگر از طریق تماس فیزیکی بین بوته‌های مجاور صورت می‌گیرد، ولی انتقال گرده‌ها به مسافت‌های طولانی‌تر به کمک باد و حشرات به‌ویژه زنبور عسل و زنبور بامبوس انجام می‌شود. شرایط آب و هوایی گرده‌افشانی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌عنوان مثال؛ فعالیت زنبورها در هوای سرد یا در صورت وزش باد کاهش می‌یابد و گرده‌افشانی گیاه مختل می‌شود [Raney and Falk., 1998; Stringman and Downey, 1978]. شلغم می‌تواند با سایر گونه‌های جنس براسیکا نیز تلاقی انجام دهد. میوه‌ی آن غلافی است باریک و دراز که در آن چند دانه‌ی سیاه قرار دارد [میرحیدر، ۱۳۷۴]. بذر آن بسیار ریز و دارای ۴۰ درصد روغن است. دارای یک ریشه‌ی گوشتی [Koch and Karakaya, 1998] است که بسته به نوع رقم، پهن یا دراز بوده و به رنگ سبز با لکه‌های بنفش و یا کاملاً سفید دیده می‌شود [میرحیدر، ۱۳۷۴].

۱- ۱- ۲- بوم‌شناسی شلغم

شلغم در اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ گونه گیاهی غالب در غرب کانادا بوده است. این گیاه بومی سرتاسر اروپا، روسیه و نواحی مرکزی آسیا و خاور نزدیک می‌باشد [Prakash and Hinata, 1980]. نواحی پراکنش این گیاه از سطح دریا، دره‌ها و دشت‌ها و تا ارتفاع ۲۳۰۰ متری از سطح دریا است [Worwick and Francis, 1994]. شلغم، گیاهی روز کوتاه و

[1] - Metzger

مخصوص فصل سرد است. این گیاه در خاک شنی و لومی به‌خوبی رشد می‌کند. هم‌چنین در خاک‌های نرم و پوک، ریشه‌ها به‌طور یک‌نواخت و سریع رشد کرده و برداشت آنها به‌سهولت انجام می‌شود. pH مطلوب خاک برای این گیاه ۶ تا ۶/۵ می‌باشد [Zandstra and Warnke, 1989]. این گیاه به خاک‌های شور و قلیایی تحمل چندانی ندارد [Koch and Karakaya, 1998]. آب و هوای مرطوب به‌همراه یک خاک لومی عمیق و دارای ماده‌ی آلی زیاد، شرایط مطلوبی را برای رشد این گیاه فراهم می‌کند [Smart et al., 2004].

۱- ۱- ۳- ارقام و واریته‌ها

جنس براسیکا شامل گیاهانی با فصل رشد کوتاه و زودرس مانند شلغم علوفه‌ای، کلزا و گیاهان حاصل از تلاقی این دو با کلم چینی، خردل و گیاهانی دیررس و با فصل رشد طولانی شامل *B.oleracea* می‌باشد [Koch and Karakaya, 1998]. واریته‌های زودرس این گیاه در کانادا و اسکاندیناوی توسعه یافته‌اند، زیرا سرمای سخت زمستان و فصل رشد کوتاه مانع از کشت پاییزه این گیاه در آن مناطق می‌گردد. به‌طورکلی دو تیپ از این گیاه برای تولید علوفه کشت می‌شوند:

۱- شلغم‌هایی که دارای گوشت سفید هستند، زودرس بوده و ۶۰ تا ۹۰ روزه می‌رسند. غده‌های آنها در خارج از خاک رشد کرده، به‌راحتی مورد چرا قرار می‌گیرند. به طیف وسیعی از خاک سازگاری دارند و گرما و خشکی را بهتر از گروه دوم تحمل می‌کنند. شلغم‌های گوشت سفید معمولاً در اوایل تا اواخر تابستان برای تولید علوفه در پاییز و زمستان کاشته می‌شوند. این گروه را باید به‌محض رسیدن، مصرف نمود، چون انبار کردن آنها بسیار دشوار است. از واریته‌های این گروه می‌توان به Green globe, York globe, Red globe, Purple globe اشاره کرد.

۲- شلغم‌هایی که گوشت زرد دارند، نسبت به گروه قبلی دیررس‌تر بوده، گوشت غده‌ی آنها نرم‌تر است و کیفیت انبارداری آنها نیز بیش‌تر است .Purple top, Purple resistant, Green top, Yellow globe, Top yellow از واریته‌های این گروه می‌باشند [Smart et al., 2004].

۱- ۱- ۴- تاریخ و روش کاشت

شلغم علوفه‌ای مخصوص فصل خنک است که سرما و یخزدگی ملایم را تحمل می‌کند، ولی گرما را نمی‌تواند تحمل کند. کاشت آن هم در پاییز و هم در سرما صورت می‌گیرد. سرما تا حدودی کیفیت ریشه آن را افزایش می‌دهد و گل‌های آن را نیز شیرین می‌کند اما سرمای سخت زمستان را تحمل نمی‌کند [Koch and Karakaya, 1998]. کشت بهاره

معمولاً اوایل فروردین و کشت پاییزه از اواخر تیر تا اوایل مرداد صورت می‌گیرد. کشت بهاره باید در اولین فرصت انجام گیرد [Bohnert, 2008]. این گیاه را می‌توان بعد از برداشت غلات دانه‌ریز در کشت دوگانه کشت نمود. کاشت زود هنگام، حتی زودتر از برداشت غلات دانه‌ریز به‌صورت کشت تأخیری نیز توصیه می‌شود [Koch and Karakaya, 1998]. بذرها زمانی‌که دمای خاک، ۷/۵ درجه سانتی‌گراد است، جوانه می‌زنند و اگر دمای روز بالاتر از ۲۴ درجه سانتی‌گراد باشد، به‌خوبی رشد می‌کند. چنان‌چه شلغم برای تولید شاخ و برگ کاشته شود، در تمام طول تابستان بر روی زمین رشد کرده و بسته به شرایط، ۳۰ تا ۴۰ روز پس از کاشت، برداشت می‌شود، در حالی‌که ریشه‌ها ۶۰ تا ۷۰ روز پس از کاشت، آماده‌ی برداشت می‌شوند [Zandstra and Warnke, 1989]. بذر این گیاه بسیار ریز است و به یک بستر نرم و تا حدودی فشرده (برای چسبیدن بذر به خاک) و فاقد علف‌های هرز نیاز دارد [Koch and Karakaya, 1998]. زمین باید در پاییز سال قبل، شخم خورده و در بهار نیز عملیات تکمیلی تهیه بستر انجام شود [Smart et al., 2004]. میزان بذر مصرفی بسته به شرایط بین ۵۶۰ تا ۳۷۵۰ گرم در هکتار متغیر می‌باشد [Bohnert, 2008]. مصرف بذر بیش‌تر باعث افزایش نسبت برگ به ریشه می‌شود [Koch and Karakaya, 1998]. عمق کاشت باید بین ۱ تا ۲ سانتی‌متر باشد. فاصله‌ی ردیف‌های کاشت مناسب بین ۱۸ تا ۲۰ و نهایتاً ۳۰ سانتی‌متر است. فاصله‌ی بوته روی ردیف کاشت نیز حدود ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود [Hall and Jerry, 2000]. بذرها را قبل از کاشت با سم تیرام و یا با استفاده از آب گرم تیمار می‌نمایند که این امر از بروز بیماری‌هایی مانند Black leg و Black rot پیش‌گیری می‌نماید [Bohnert, 2008]. فاصله زمانی بین کشت متوالی این گیاه در یک قطعه زمین باید حداقل ۴ سال رعایت شود تا از تجمع و طغیان آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز جلوگیری شود [Thomas, 1994].

۱- ۱- ۵- کوددهی

این گیاه باید در یک خاک زهکشی شده کاشته شود و اضافه کردن عناصر غذایی به خاک چه به‌صورت کودهای شیمیایی و چه کود آلی می‌تواند مفید واقع شود [Bohnert, 2008]. مصرف دقیق کود بر اساس آزمون خاک صورت می‌گیرد اما به‌طورکلی مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۹۰ کیلوگرم فسفر و ۹۰ کیلوگرم پتاسیم پیش از کاشت توصیه می‌شود [Zandstra and Warnke, 1989]. برای تأمین نیتروژن، بهتر است به‌جای اوره از نیترات آمونیوم استفاده شود [Koch and Karakaya, 1998]. چنان‌چه قبل از کشت شلغم، بقایای گیاهانی مانند گندم و یا علف‌های چمنی به خاک برگردانده شده باشند، مقادیر بیش‌تری نیتروژن مصرف می‌شود تا از طریق کاهش نسبت C/N پوسیدگی بقایا سریع‌تر انجام شود. مصرف کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد و مقدار پروتئین در این گیاه می‌شود [Jung et al., 1984; Sanmaneechai et al., 1984]. مصرف بیش از اندازه کود نیتروژنی سبب تجمع نیترات در اندام‌های گیاه شده و ممکن

است دام‌هایی که با این علوفه تغذیه می‌شوند، دچار مسمومیت ناشی از نیترات گردند [Brakenridge, 1956; Dodd and Coup, 1957]. این گیاه نیاز به فسفر کافی دارد. مصرف کود فسفر می‌تواند باعث کاهش کیفیت علوفه‌ی این گیاه گردد [Hall and Jerry, 2000]. شلغم نیز مانند سایر گیاهان ریشه‌ای نیاز به مقادیر بالایی پتاسیم دارد. چنان‌چه در آزمون خاک، میزان پتاسیم کم‌تر از ۲۰۰ پی‌پی‌ام باشد، مصرف ۳۰ تا ۶۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار ضروری می‌باشد [Smart et al., 2004].

۱- ۱- ۶- نیاز آبی و آبیاری

به‌دلیل کوچک بودن سیستم ریشه‌ای، شلغم گیاهی غیرمقاوم و حساس به خشکی محسوب می‌شود [Koch and Karakaya, 1998] و به رطوبت کافی در زمان رشد نیاز دارد [Zandstra and Warnke, 1989]. در اواسط تابستان، این گیاه حداقل باید ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر آب دریافت کند. شلغم کشت شده در اردیبهشت و خرداد حداقل باید ۲۵ سانتی‌متر آب دریافت کند. شلغم در زمان استقرار گیاهچه به خشکی بسیار حساس است و آبیاری باید به آرامی صورت گیرد [Koch and Karakaya, 1998]. سبز شدن و استقرار گیاهچه شلغم در تولید موفقیت‌آمیز محصول حائز اهمیت است. از مهم-ترین عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی و سبز شدن بذور این گیاه رطوبت خاک می‌باشد و مانند بسیاری دیگر از گیاهان زراعی با کاهش رطوبت خاک، ضمن کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها نیز کاهش می‌یابد [Schneider and Gupta, 1985]. کمبود رطوبت باعث غیریک‌نواختی در رسیدگی و ایجاد مشکلاتی در زمینه‌ی برداشت و هم‌چنین تولید ریشه‌های بی‌کیفیت می‌گردد. این گیاه به غرقاب بودن خاک، حساس است و خاک باید به‌خوبی زهکشی شده باشد [Zandstra and Warnke, 1989].

۱- ۱- ۷- برداشت

این گیاه رشد بسیار سریعی داشته و طی مدت ۸۰ تا ۹۰ روز، بیش‌ترین عملکرد را تولید می‌کند. مطالعه‌ای در جنوب غربی پنسیلوانیا نشان داد که شلغم می‌تواند در ماه آبان با سرعتی معادل ذرت در ماه مرداد، ماده‌ی خشک تولید نماید [Hall and Jerry, 2000]. شلغم علوفه‌ای را در زمانی‌که طول برگ‌های آن به ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر می‌رسد، باید برداشت کرد. چنان‌چه فقط بخش هوایی آن را قطع نماییم، می‌تواند مجدداً رشد کرده و شاخ و برگ تولید کند. اگر هدف از کاشت، تولید غده باشد باید زمانی‌که قطر ریشه‌های آن به ۵ تا ۷ سانتی‌متر رسید، از خاک خارج شود. چنان‌چه بیش از حد و برای مدت طولانی پس از رسیدگی در خاک نگه داشته شود، سخت، چوبی، خشبی و بی‌مزه خواهد شد [Bohnert, 2008]. این گیاه می‌تواند ۱۰ تا ۱۵ تن در هکتار، ریشه و ۵ تا ۹ تن در هکتار، برگ و اندام هوایی تولید نماید. در کشت مکانیزه،

برداشت توسط دستگاه Root digger صورت می‌گیرد. در این روش ابتدا اندام‌های هوایی قطع می‌شود. چنان‌چه شرایط انبار مطلوب باشد (دمای صفر درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۹۵ درصد و جریان داشتن هوا)، ریشه‌ها را می‌توان ۴ تا ۵ ماه در انبار نگه‌داری کرد [Zandstra and Warnke, 1989]. پس از برداشت یا چرای این گیاه، خاک عریان شده و ممکن است در معرض فرسایش قرار گیرد. این گیاه تا ۸۰ تن در هکتار علوفه تر تولید می‌کند [Koch and Karakaya, 1998].

۱- ۱- ۸- موارد استفاده

شلغم را می‌توان به‌صورت تازه، سیلویی و هم به‌صورت چرا مصرف نمود. در موقع چرا باید مراقب بود که آسیبی به ناحیه‌ی بالایی ریشه وارد نشود تا گیاه بتواند مجدداً رشد کند. تنها ۴ هفته پس از چرای اول، شلغم به اندازه‌ی کافی رشد کرده و آماده‌ی چرای مجدد می‌گردد [Hall and Jerry, 2000]. از این گیاه به‌خوبی می‌توان در سیستم‌های کشت دوگانه استفاده نمود که با این روش می‌توان شکاف بسیار سودمندی را در تناوب زراعی ایجاد نمود [Smart et al, 2004]. این گیاه را می‌توان پس از برداشت یونجه و به‌عنوان یک گیاه شکننده[1] کاشت [Koch and Karakaya, 1998]. شلغم، فصل رشد کوتاهی داشته و مقاوم به سرما نیز می‌باشد و یک گیاه علوفه‌ای مطلوب برای تولید علوفه‌ی انبوه با کمّیت و کیفیت بالا برای چرای دام‌ها در طول فصل پاییز می‌باشد [Smart et al., 2004].

۱- ۲- کشاورزی پایدار

طی چهار دهه‌ی گذشته با دو برابر شدن جمعیت بشر هم‌زمان تولید غذا هم دو برابر گردیده است [Vance, 2001; Hire et al., 2007]. تغذیه گیاه نقش کلیدی در افزایش چشم‌گیر عرضه‌ی غذا دارد. افزایش تولید گیاهی به‌وسیله کاربرد کودهای تجاری ساخته انسان، امکان‌پذیر شده است. نُه برابر شدن تقریبی مصرف کود نیتروژن و نیز چهار برابر شدن مصرف کودهای فسفره، علاوه بر مقدمه‌ای برای تولید بیش‌تر و فشرده‌سازی سیستم کشاورزی، موجب گسترش تولید با ارزش نسبی پایین شده است [Schultz et al., 1995; Vance, 2001]. امروزه استفاده نادرست از منابع طبیعی و مصرف بی‌رویه مواد مصنوعی ساخت بشر مانند انواع کودهای معدنی به‌منظور تولید و برداشت هر چه بیش‌تر از واحدهای کشاورزی و زمین‌های موجود، به‌عنوان مشکل اساسی تخریب محیط زیست و از بین رفتن تعادل زیستی شناخته شده است [Mishra and Nayak, 2004; Melero et al., 2008]. مطالعات بلند مدت نشان می‌دهند که استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش به‌علت اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های

[1] - Break crop