بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

تأثیر باکتری‌های محرک رشد و سطوح مختلف کود نیتروژنه بر عملکرد و برخی صفات زراعی آفتابگردان

استاد راهنما:

دکتر رئوف سید شریفی

اساتید مشاور:

دکتر عبدالقیوم قلیپوری

دکتر کاظم خاوازی

توسط:

حمید نظرلی

دانشگاه محقق اردبیلی

مهر- ۱۳۹۰

تقدیم به عزیزترین الطاف خداوند

زیباترین واژه‌ها

پدر و مادر مهربانم

که سایه‌شان بر سرم همه مهر است و نثارم به

پایشان همه شرم و ...

وجودشان گواهی است بر مهربانی خداوند.

«من لم یشکر المخلوق لم یشکرالخالق»

بار الها! اکنون که مرحله ناچیزی از مراحل صعود در پله‌های علم و دانش را طی نموده‌ام، خود را کوچک‌تر از آن می‌بینم که حرکتی به خود نسبت دهم، چرا که اگر تو نمی‌خواستی من هیچ نبودم، اما اکنون که تو خواستی سپاس توراست و امید آن را دارم که در راه تو قوی‌تر از همیشه گام بردارم و جز حقیقت و راستی نپویم.

مراتب تشکر خالصانه خود را تقدیم می‌دارم به آقای دکتر رئوف سید شریفی که شاگردی ایشان افتخار همیشه من خواهد بود. از تمامی زحمات و راهنمایی‌های بی‌دریغ ایشان تشکر می‌کنم.

از اساتید گرامی آقای دکتر عبدالقیوم قلیپوری و آقای دکتر کاظم خاوازی که همواره از هیچ‌گونه کمکی دریغ نمی‌کردند، سپاسگذارم.

از جناب آقای سعید خماری که زحمت بازخوانی و داوری پایان نامه را بر عهده داشتند، کمال تشکر را دارم.

از خانواده مهربانم که با دیباچه روشن نگاهشان راه را بر من آسان و امید را بر من سرازیر کردند، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

از دوستان عزیز آقایان سامان کیانی، سید علی همتی، محمد ملایی کندلوسی، حسین کاویان‌پور، محمد جواد عشقی و نادر اسماعیلی که در طول تحصیل در مقطع کارشناسی‌ارشد در محضرشان بودم کمال تشکر را دارم.

با آرزوی سعادت و شادکامی برای تمامی این عزیزان

نام خانوادگی دانشجو: نظرلی **نام:** حمید

عنوان پایان نامه: تأثیر باکتری‌های محرک رشد و سطوح مختلف کود نیتروژنه بر عملکرد و برخی صفات زراعی آفتابگردان

استاد راهنما: دکتر رئوف سید شریفی **اساتید مشاور:** دکتر عبدالقیوم قلیپوری، دکتر کاظم خاوازی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** زراعت **دانشگاه:** محقق اردبیلی

دانشکده: کشاورزی **تاریخ فارغ التحصیلی:** ۱۳۹۰/۷/۲۵ **تعداد صفحات:** ۸۳

کلید واژه: آفتابگردان، باکتری‌های محرک رشد، شاخص‌های رشدی، کارآیی مصرف نیتروژن

چکیده: به منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد و کود نیتروژنه بر عملکرد و برخی صفات زراعی آفتابگردان رقم مستر، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل کود نیتروژنه در سه سطح (صفر، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و باکتری محرک رشد در چهار سطح (عدم تلقیح، تلقیح بذور با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF و سودوموناس استرین ۱۸۶) بودند. نتایج نشان داد که کود نیتروژنه و باکتری‌های محرک رشد تأثیر معنی‌داری بر روی همه صفات مورد بررسی به جز وزن هزار دانه و قطر ساقه داشت. با افزایش سطوح کود نیتروژنه و کاربرد باکتری‌های محرک رشد عملکرد دانه، ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، تعداد برگ، درصد و عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین افزایش یافت. واکنش عملکرد دانه به پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد و سطوح کود نیتروژنه یکسان نبود. بیشترین عملکرد به مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و پرایمینگ بذر با ازتوباکتر تعلق داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که عملکرد دانه در ترکیب‌های تیماری $N_{۱۶۰}\times$ عدم تلقیح با باکتری و $N_{۸۰}\times$ ازتوباکتر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بررسی روند تجمع ماده خشک کل در تمامی ترکیب‌های تیماری نشان داد که تا ۴۵ روز پس از کاشت با سرعت کم و پس از آن تا ۱۰۵ - ۹۵ روز با سرعت زیادی افزایش یافت و از ۱۰۵ روز پس از کاشت تا مرحله رسیدگی به واسطه افزایش پیری برگ‌ها کاهش یافت. بیشترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن (۶/۰۲۶ کیلوگرم در کیلوگرم) به سطح کودی ۸۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن (۴/۸۶۷ کیلوگرم در کیلوگرم) به سطح کودی ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش کارایی زراعی مصرف نیتروژن نسبت به عدم پرایمینگ بذر گردید. در بین سطوح مختلف تلقیح بذر با باکتری‌ها، آزوسپریلیوم بیشترین کارایی زراعی را به خود اختصاص داد. از یک مدل خطی دو تکه‌ای برای کمی نمودن پارامترهای پر شدن دانه استفاده گردید. تمامی پارامترهای پر شدن دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح کود نیتروژنه و باکتری‌های محرک رشد قرار گرفتند. حداکثر وزن دانه، سرعت و طول دوره موثر پر شدن دانه در سطوح بالای نیتروژن و کاربرد باکتری‌های محرک رشد برآورد گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین انتقال مجدد در عملکرد دانه (۲۲/۱۳ درصد) و بیشترین آن (۳۰/۶ درصد) در عدم مصرف کود نیتروژنه بدست آمد. بنابراین به منظور افزایش عملکرد دانه در شرایط اقلیمی اردبیل می‌توان پیشنهاد نمود که بذر آفتابگردان با ازتوباکتر تلقیح شود.

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول: مقدمه و مروری بر منابع ۱

۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲- تاریخچه آفتابگردان ۳
۱-۳- اهمیت اقتصادی ۴
۱-۴- ویژگی‌های گیاهی آفتابگردان ۵
۱-۴-۱- ریشه ۵
۱-۴-۲- ساقه ۶
۱-۴-۳- برگ ۶
۱-۴-۴- گل ۶
۱-۴-۵- میوه ۷
۱-۵- نیتروژن و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد ۸
۱-۶- باکتری‌های محرک رشد گیاه ۹
۱-۶-۱- توانایی حل فسفات‌های معدنی نامحلول ۱۰
۱-۶-۲- توانایی حل فسفات‌های آلی نامحلول ۱۰
۱-۶-۳- توانایی تولید سیدروفور ۱۰
۱-۶-۴- تولید فیتوهورمون‌ها ۱۱
۱-۶-۵- کاهش تولید اتیلن در گیاه ۱۱
۱-۶-۶- تولید آنزیم ACC–دآمیناز ۱۲
۱-۶-۷- بیوسنتز ریزوبیتوکسین ۱۲
۱-۶-۸- تولید سیانید ۱۲
۱-۷- تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد ۱۳
۱-۸- تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر صفات کیفی گیاه ۱۴
۱-۹- تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر اجزای عملکرد و برخی دیگر از خصوصیات زراعی ۱۵
۱-۱۰- کارآیی مصرف کود ۱۹
۱-۱۱- تجزیه و تحلیل رشد ۲۰
۱-۱۱-۱- رشد ۲۱
۱-۱۱-۲- شاخص سطح برگ ۲۱
۱-۱۱-۳- سرعت رشد محصول ۲۲
۱-۱۱-۴- سرعت رشد نسبی ۲۳
۱-۱۱-۵- ماده خشک ۲۳

فصل دوم: مواد و روش‌ها ۲۵

۲-۱- خصوصیات جغرافیایی محل آزمایش ۲۵
۲-۲- خصوصیات خاک محل آزمایش ۲۵
۲-۳- عملیات زراعی و طرح آزمایشی ۲۶
۲-۴- صفات اندازه‌گیری شده ۲۶

۲-۴-۱- عملکرد و اجزای عملکرد ۲۶
۲-۴-۲- تجزیه رشد ۲۷
۲-۴-۳- درصد و عملکرد روغن ۲۸
۲-۴-۴- درصد پروتئین دانه ۲۸
۲-۴-۵- عملکرد پروتئین دانه ۲۹
۲-۴-۶- کارآیی مصرف کود نیتروژنه ۲۹
۲-۵- نحوه اندازه‌گیری سرعت و طول دوره پر شدن دانه ۳۰
۲- ۶- نحوه اندازه‌گیری انتقال ماده خشک ۳۰
۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری ۳۱
فصل سوم: نتایج و بحث ۳۳
۳-۱- تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات مرتبط با آن ۳۳
۳-۱-۱- عملکرد دانه ۳۳
۳-۱-۲- ارتفاع بوته ۳۴
۳-۱-۳- تعداد دانه در طبق ۳۵
۳-۱-۴- قطر طبق ۳۵
۳-۱-۵- تعداد برگ ۳۶
۳-۱-۶- درصد و عملکرد روغن ۳۶
۳-۱-۷- درصد و عملکرد پروتئین ۳۸
۳-۲- ضریب همبستگی ۳۸
۳-۳- تجزیه و تحلیل رشد ۴۵
۳-۳-۱- شاخص سطح برگ (LAI) ۴۵
۳-۳-۲- بیوماس کل ۴۷
۳-۳-۳- سرعت رشد محصول (CGR) ۵۰
۳-۳-۴- سرعت رشد نسبی(RGR) ۵۳
۳-۴- کارایی مصرف نیتروژن ۵۷
۳-۵- کارایی زراعی مصرف نیتروژن ۵۸
۳-۶- تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر سرعت پر شدن دانه آفتابگردان ۶۱
۳-۷- تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر انتقال ماده خشک ۶۵
نتیجه‌گیری: ۶۹
پیشنهادات: ۷۱
منابع مورد استفاده ۷۳

فهرست اشکال

عنوان .....صفحه

شکل ۳- ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ در ترکیب تیماری بیوپرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد در حالت عدم مصرف نیتروژن..... ۴۶

شکل ۳- ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ در ترکیب تیماری مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در بیوپرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد ۴۶

شکل ۳- ۳ - روند تغییرات شاخص سطح برگ در ترکیب تیماری مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در بیوپرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد ۴۷

شکل ۳- ۴ -روند تغییرات بیوماس کل در ترکیب تیماری بیوپرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد در حالت عدم مصرف نیتروژن..... ۴۸

شکل ۳- ۵- روند تغییرات بیوماس کل در ترکیب تیماری مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پرایمینگ بذر با باکتریهای محرک رشد ۴۹

شکل ۳- ۶-روند تغییرات بیوماس کل در ترکیب تیماری مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پرایمینگ بذر با باکتریهای محرک رشد ۴۹

شکل ۳- ۷- روند تغییرات سرعت رشد محصول در ترکیب تیماری بیوپرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد در حالت عدم مصرف نیتروژن..... ۵۱

شکل ۳- ۸- روند تغییرات سرعت رشد محصول در ترکیب تیماری مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد ۵۲

شکل ۳- ۹- روند تغییرات سرعت رشد محصول در ترکیب تیماری مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد ۵۲

شکل ۳- ۱۰- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ترکیب تیماری بیوپرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد در حالت عدم مصرف نیتروژن..... ۵۴

شکل ۳- ۱۱ -روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ترکیب تیماری مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد..... ۵۴

شکل ۳- ۱۲-روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ترکیب تیماری مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد..... ۵۵

شکل ۳- ۱۳- مقایسه میانگین ترکیب تیماری سطوح نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر کارآیی مصرف نیتروژن در آفتابگردان..... ۶۰

شکل ۳- ۱۴- مقایسه میانگین ترکیب تیماری سطوح نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر کارآیی زراعی مصرف نیتروژن در آفتابگردان..... ۶۰

شکل ۳- ۱۵- بررسی روند تغییرات سرعت پر شدن دانه آفتابگردان در حالت عدم مصرف نیتروژن و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد..... ۶۲

شکل ۳- ۱۶- بررسی روند تغییرات سرعت پر شدن دانه آفتابگردان در حالت مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد..... ۶۳
شکل ۳- ۱۷- بررسی روند تغییرات سرعت پر شدن دانه آفتابگردان در حالت مصرف ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد..... ۶۳

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

جدول ۲- ۱- متوسط دما و میزان بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد در سال ۱۳۸۹ ..... ۲۵
جدول ۲- ۲- خواص فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش ۲۵
جدول ۳- ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه آفتابگردان تحت شرایط کود نیتروژنه و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد ۴۱
جدول ۳- ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح کود نیتروژنه و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی صفات مورد بررسی در آفتابگردان ۴۱
جدول ۳- ۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری سطوح مختلف کود نیتروژنه در پیش تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد بر برخی صفات در آفتابگردان ۴۲
جدول ۳- ۴- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی ۴۴
جدول ۳- ۵- معادلات رگرسیونی برازش شده شاخص‌های رشدی آفتابگردان تحت تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد ۵۶
جدول ۳- ۶- تجزیه واریانس تأثیر نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن آفتابگردان ۵۹
جدول ۳- ۷- مقایسه میانگین اثر سطوح کود نیتروژنه و باکتری‌های محرک رشد بر کارایی زراعی و مصرف نیتروژن آفتابگردان ۵۹
جدول ۳- ۸- تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر وزن تک بذر، دوره موثر، طول دوره پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه آفتابگردان ۶۴
جدول ۳- ۹- تجزیه واریانس تأثیر باکتری‌های محرک رشد و سطوح نیتروژن بر انتقال مجدد ماده خشک و صفات مرتبط با آن ۶۷
جدول ۳- ۱۰- مقایسه میانگین اثر سطوح کود نیتروژنه و باکتری‌های محرک رشد بر انتقال مجدد ماده خشک و صفات مرتبط با آن ۶۷
جدول ۳- ۱۱- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری سطوح مختلف کود نیتروژنه و باکتری‌های محرک رشد بر انتقال مجدد ماده خشک و صفات مرتبط با آن ۶۸

فصل اول:

مقدمه

و

مروری بر منابع

۱-۱ مقدمه

آفتابگردان یکی از پنج گیاه روغنی مهم ایران بوده که به دلیل مقاوم بودن در برابر خشکی و سازگاری با شرایط مختلف خاکی و آب و هوایی، بالا بودن کیفیت روغن، کوتاهی طول دوره رشد (۱۱۰-۸۵ روز) و امکان کشت آن به عنوان محصول دوم بعد از برداشت گندم و جو، سالانه بالغ بر ۱۲۰ هزار هکتار از اراضی کشور را به خود اختصاص می‌دهد(سپهر و ملکوتی،۲۰۰۱). نیتروژن یکی از عناصر غذایی مهم برای رشد گیاهان بوده و اساس تشکیل پروتئین و نوکلئیک اسید را تشکیل می‌دهد. تأمین نیتروژن از طریق مصرف زیاد کودهای شیمیایی یکی از دلایل اصلی آلودگی محیط زیست و چرخه آب در طبیعت می‌باشد، ضمن آن که تولید این نوع کودها گران و پر هزینه می‌باشد و عملکرد کمی را به دلیل افزایش رشد رویشی گیاه و کیفیت دانه‌ها را به دلیل کاهش درصد روغن تحت تأثیر قرارمی‌دهد (شینر و همکاران، ۲۰۰۲). در حالی که جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی نقش مهمی را بازی می‌کند (چاندراسکار و همکاران، ۲۰۰۵). عده‌ای معتقدند مصرف کود تا هنگامی مقرون به صرفه است که میزان افزایش عملکرد، هزینه مصرف کود بیشتر را تأمین نماید. به عبارت بهتر استفاده از کود نیز مانند هر سرمایه‌گذاری دیگر بایستی بازده منطقی داشته باشد، زیرا که قانون بازده نزولی در مورد کود نیز صادق است (خواجه‌پور، ۱۳۷۶). فراهم‌سازی شرایط لازم برای استفاده بیشتر از فرایندهای طبیعی مانند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن یکی از راه‌کارهای تولید بهینه محصول و مهم‌تر از آن حفظ سلامت محیط است که امروزه در کشورهای مختلف به طور جدی دنبال می‌شود. یکی از شیوه‌های بیولوژیکی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده بالقوه از میکروارگانیزم‌های مفید خاکزی است که می‌توانند از روش‌های مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند. از جمله این موجودات می‌توان به باکتری‌های محرک رشد گیاه اشاره کرد. این گروه از باکتری‌ها در منطقه ریزوسفر از طریق مکانیسم‌های مختلفی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (علیخانی و صالح‌راستین، ۱۳۸۰). استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید در عملیات کشاورزی از ۶۰ سال پیش تا کنون آغازشده است. افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید می‌تواند مقاومت گیاه را به تنش‌های مختلف محیطی مانند کمبود آب و عناصر غذایی افزایش و اثر سوء ناشی از سمیت عناصر سنگین را کاهش دهد (وو و همکاران، ۲۰۰۵).

بهره‌گیری ازنژادهای مختلف باکتری‌های محرک رشد، می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد چرا که با تأمین مقادیر کافی عناصر غذایی منجر به افزایش عملکرد در گیاهان می‌شود. گرچه باکتری‌های محرک رشد به طور طبیعی در خاک‌ها وجود دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذرهای گیاهان با باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به بروز اثرات مفید آن‌ها در خاک گردند (چاکماکچی و همکاران، ۲۰۰۷a). امروزه در نظام‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک، کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (شارما، ۲۰۰۳). کودهای بیولوژیک از مؤثرترین یاری کنندگان گیاه برای تأمین مواد غذایی در سطح مطلوب به شمار می‌روند که بر مبنای گزینش از انواع ریز موجودات مفید خاک تهیه می-شوند که بالاترین کارآیی و بازدهی را از نظر تولید عوامل محرک رشد و فراهم سازی عناصر غذایی به شکل قابل جذب دارا می‌باشند. کاربرد مایه تلقیح‌های تهیه شده از این میکروارگانیزم‌ها ضمن وارد کردن جمعیت انبوهی از یک میکروارگانیزم فعال و موثر در حوزه فعالیت ریشه، توان گیاه برای جذب بیشتر عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (سلیس‌پور، ۱۳۸۲). ظرف چند دهه اخیر تلاش برای افزایش تولید در واحد سطح و مصرف زیاد و نامتعادل کودهای شیمیایی پیامدهای منفی زیست محیطی و افزایش هزینه تولید را به همراه داشته است و این امر ضرورت تجدید نظر در شیوه‌های جدید افزایش تولید محصول را امری اجتناب‌ناپذیر می‌سازد (خسروی، ۱۳۸۰).

در این راستا آزمایشی به منظور بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و صفات کمی و کیفی آفتابگردان در شرایط اقلیمی اردبیل صورت گرفت تا مناسب‌ترین ترکیب تیماری از نظر نوع باکتری و سطح کودی برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی مشخص گردد.

۱-۲- تاریخچه آفتابگردان

موطن اصلی آفتابگردان، منطقه غرب امریکای شمالی، بین شمال مکزیک و نبراسکا است. گونه *Helianthus annuus*. در مقایسه با ۵۰ گونه دیگر بزرگ‌ترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. گونه‌های وحشی آفتابگردان در دو سوم اراضی ایالات متحده می‌رویند و سمبل ایالت تگزاس محسوب می‌شود. قدیمی‌ترین کاوش‌های باستان شناسی در مورد پیدایش طبق و دانه آفتابگردان مربوط به نیومکزیکو و کلرادو بوده است که به حدود ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد بر می‌گردد. این گیاه در سال ۱۵۱۰ توسط اسپانیایی‌ها به اروپا برده شد. تا اواخر قرن ۱۶ آفتابگردان به عنوان گیاه زینتی سراسر اروپای غربی و شرقی تا انگلستان را فرا گرفت. استخراج روغن از دانه آفتابگردان طی سال ۱۷۱۶ در روسیه عملی گردید و از سال ۱۸۲۹ تولید انبوه روغن از این دانه روغنی شروع شد (نقل از آلیاری و

همکاران، ۱۳۷۹). مهم‌ترین کشورهای تولید کننده آفتابگردان روسیه، فرانسه، آلمان، ایتالیا، مصر، هندوستان و ژاپن هستند. تاریخ ورود آفتابگردان به ایران مشخص نیست، انواع بومی شده این گیاه بیشتر در اطراف صیفی کاری‌ها کاشته می‌شود و دانه آن مصرف آجیلی دارد. با تشکیل شرکت‌های سهامی توسعه کشت دانه‌های روغنی و وارد کردن ارقام خارجی پر روغن توسط این شرکت‌ها، نسبت به کشت آفتابگردان در سطوح وسیع جهت روغن‌کشی از دانه آن اقدام شد. قبل از آن در سال ۱۳۴۴ دو تن بذر آفتابگردان از ارقام آرماویرسکی و وینمیک ۸۹۳۱ از اتحاد جماهیر شوروی سابق خریداری و در مازندران کشت گردید، ولی نتایج حاصل زیاد رضایت بخش نبود. به هر حال، پس از موفق بودن کشت رقم رکورد وارد شده از رومانی در گرگان و مازندران، زراعت دانه آفتابگردان به عنوان دانه روغنی در ایران آغاز گردید (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۱-۳- اهمیت اقتصادی

مصارف اصلی آفتابگردان به صورت روغن و مصرف آجیلی است. انواع آجیلی، دانه‌های درشت‌تری را نسبت به انواع روغنی دارند. میزان روغن موجود در آفتابگردان ۲۵-۴۲ درصد است که در شرایط مطلوب می‌تواند به ۶۵ درصد نیز برسد (ویس،۱۹۸۳). روغن آفتابگردان دارای اسیدهای چرب غیر اشباع لینولئیک به میزان ۶۵ درصد و اسید اولئیک به میزان ۱۸ درصد است که البته این مقادیر در تیپ‌های مختلف آن تغییر می‌کند. میزان روغن به طور متوسط برابر ۳۰ درصد وزن کل (دانه +پوست) و ۵۰ درصد وزن دانه بدون پوست است. در ارقام اصلاح شده این میزان به ۴۵ درصد وزن کل و ۶۰ درصد وزن دانه می‌رسد. اسیدهای چرب اشباع آن اسید پالمتیک و اسید استئاریک هستند. برای تولید روغن، نسبت مغز به پوسته در درجه اول اهمیت قرار دارد و این نسبت در ارقام مختلف متغیر است. ارزش غذایی آفتابگردان تا حدودی معادل روغن زیتون و روغن بادام است. روغن آن به رنگ زرد لیمویی و اندکی شیرین است. کنجاله این گیاه حاوی ۲۵ تا ۴۰ درصد پروتئین، ۶ درصد چربی، ۲۰ تا ۳۰ درصد مواد قندی، ۲۰ تا ۲۵ درصد مواد سلولزی، ۱۰ درصد آب و ۸ درصد خاکستر است. بقایای پس از روغن‌گیری غذای مهم و با ارزشی را برای دام و طیور فراهم می‌کند (سید شریفی، ۱۳۸۸). روغن آفتابگردان علاوه بر مصرف در صنایع غذایی، در تهیه صابون و تولید لوازم آرایشی، پلاستیک، مواد شوینده، مواد افزودنی در سموم شیمیایی و نرم کننده پارچه کاربرد دارد. بوته‌های آفتابگردان را می‌توان همانند ذرت برای تغذیه دام سیلو نمود. برداشت جهت سیلو با پیدایش اولین لکه‌های زرد در پشت ۱۰ تا ۲۵ درصد طبق انجام می‌شود. برگ‌ها و طبق ارزش غذایی بسیار زیادی دارند، اما ساقه خشبی بوده و ارزش غذایی آن کم است. به طور کلی عملکرد، ارزش غذایی و بخصوص مطبوعیت سیلویی آفتابگردان از سیلوی ذرت بسیار کمتر

است. به همین جهت آفتابگردان به منظور سیلو کشت نمی‌شود. اما اگر برداشت محصول جهت دانه، به دلیل برخورد با سرمای پاییزه یا خسارت شدید آفات و بیماری‌ها امکان‌پذیر نباشد، می‌توان محصول را جهت سیلو برداشت نمود. ساقه آفتابگردان الیاف فیبری و سلولزی زیادی داشته و در صنایع کاغذ سازی و تهیه سلولز کاربرد دارد. ساقه از نظر عناصر معدنی غنی می‌باشد. برگشت بقایای گیاهی آفتابگردان به خاک سبب افزایش ماده آلی و حاصلخیزی خاک شده و نیز به دلیل داشتن مواد فیتوتوکسین سبب کاهش تراکم علف‌های هرز می‌گردد (خواجه پور،۱۳۸۶).

۱-۴- ویژگی‌های گیاهی آفتابگردان

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) گیاهی یک ساله و از تیره کاسنی[1] است. نام جنس آن از دو کلمه هلیس به معنی خورشید و آنوس به معنی گال تشکیل شده است که در زبان انگلیسی sunflower نامیده می‌شود. نام فارسی آفتابگردان بیانگر چرخش طبق‌های این گیاه به سمت نور خورشید است (عرشی، ۱۳۷۱). به صورت بوته‌ای استوار، بلند قامت و بدون شاخه فرعی رشد می‌کند. طول دوره رشد آفتابگردان بسته به رقم و عوامل محیطی، از حدود ۸۰ تا ۱۵۰ روز متغیر می‌باشد (سید شریفی، ۱۳۸۸).

۱-۴-۱- ریشه

آفتابگردان ریشه راست و توسعه یافته‌ای دارد. رشد ریشه تا مرحله رویت طبق سریع است. پس از آن، از سرعت رشد ریشه کاسته می‌شود و در پایان گرده افشانی متوقف می‌گردد. پتانسیل نفوذ ریشه این گیاه در خاک‌های نفوذپذیر، گرم و مرطوب به حدود ۳ متر می‌رسد. اما این پتانسیل به شدت از تراکم و ساختمان نامناسب خاک آسیب می‌پذیرد. به طوری که ریشه اصلی در اثر برخورد با خاک متراکم به شدت باریک و منشعب گشته و ظاهری شبیه ریشه افشان پیدا می‌کند. قسمت اعظم ریشه آفتابگردان تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک گسترده است (خواجه پور، ۱۳۸۶). آفتابگردان دارای سه نوع ریشه است، ریشه‌های عمودی که تا عمق ۲ متری خاک فرو می‌روند، ریشه‌های مایل که تا عمق ۲۰-۵۰ سانتی-متری نفوذ می‌کنند و ریشه‌های افقی که در قسمت سطحی خاک مستقر می‌شوند، علت کمتر بودن ورس در آفتابگردان به وجود همین سه نوع ریشه و همکاری آن‌ها در استحکام بخشیدن به بوته مربوط می‌شود (سید شریفی، ۱۳۸۸).

1- Asteraceae

۱-۴-۲- ساقه

آفتابگردان دارای ساقه‌های بلند، ضخیم، خشن و کرک دار است. قطر ساقه آن در ناحیه قاعده به ۶-۳ سانتی‌متر می‌رسد. سطح خارجی ساقه را کرک‌های نرم و برجستگی‌های طولی باریکی احاطه کرده است. داخل پوسته خارجی ساقه، مغز سفید رنگی است که به مرور زمان پوک می‌شود و ساقه تو خالی می‌ماند. ارتفاع ساقه تحت تأثیر عوامل اقلیمی و رقم، بین ۳-۱ متر متغیر است. ارقام صنعتی آفتابگردان، یک شاخه هستند، ولی گاهی به دلیل عواملی مانند تراکم بالا و نوع واریته، بوته‌ها چند انشعابی می‌شوند که با وجود افزایش تعداد گل، به دلیل کاهش اندازه طبق‌ها و کاهش محتوی روغن، عملکرد کاهش می‌یابد (سید شریفی، ۱۳۸۸).

۱-۴-۳- برگ

برگ بزرگ، کرک دار و قلبی شکل، دارای حاشیه مضرس و دمبرگ بلند بوده و غالباً ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر طول و ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر عرض دارند. برگ‌های پایینی بوته به صورت متقابل و برگ‌های فوقانی به صورت متناوب بر روی ساقه توزیع شده‌اند. در هر بوته بسته به فرم و شرایط محیطی، حدود ۲۰ تا ۴۰ برگ بوجود می‌آید. پهنک برگ‌ها و طبق‌های جوان که در معرض نور قرار دارند همراه خورشید تغییر جهت داده و همواره به حالت تقریباً عمود بر اشعه آفتاب قرار می‌گیرند. پدیده خورشیدگرایی در آفتابگردان را می‌توان با وجود سلول‌های موتوری در بافت خرطومی دمبرگ و نیز در قسمت فوقانی آخرین میان گره ساقه (پایه طبق) و مکانیزم پمپ پتاسیم تفسیر کرد (خواجه پور، ۱۳۸۶). برگ‌های پای بوته به دو دلیل کمترین نقش را در دانه، درصد روغن و وزن هزار دانه دارند. نخست اینکه نسبت به دیگر برگ‌ها پیرتر بوده و دیگر آنکه در سایه برگ‌های بالایی قرار می‌گیرند. برگ‌های وسط ساقه (حدود ۱۰ برگ که در وسط ساقه قرار گرفته‌اند) از دیدگاه عملکرد دانه، میزان روغن و وزن هزار دانه نقش اساسی را بر عهده دارند و بیشترین اهمیت را دارا هستند. سالم و کارا بودن این گروه از برگ‌ها، عملکرد نهایی را تضمین می‌کنند. اهمیت برگ‌های انتهای ساقه کمتر از گروه برگ‌های وسط ساقه ولی در عین حال بیشتر از برگ‌های پای بوته می‌باشد (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹).

۱-۴-۴- گل

در انتهای ساقه آفتابگردان گل مرکبی که طبق نام دارد، قرار می‌گیرد. گل آذین کلاپرک (کاپیتول) خاص تیره مرکبان است. بر اساس تعداد طبق، بوته‌های آفتابگردان را به دو گروه تک طبقی و چند طبقی تقسیم می‌کنند. صفت چند طبقی غیر از عوامل ژنتیکی تحت تأثیر کمی تراکم بوته در واحد سطح،

زیادی کود نیتروژنه، حاصلخیزی خاک، کشت زود هنگام، وجود سرما در اوایل فصل رشد، تناوب سرما و گرما در دوره رشد، تناوب رطوبت و خشکی، عوامل مکانیکی منجر به شکستگی ساقه و آبیاری شدید پس از یک دوره خشکی نیز قرار می‌گیرد. چند طبقی صفت مطلوبی نیست و سبب سختی برداشت مکانیکی به دلیل عدم رسیدگی هم‌زمان طبق‌ها و کاهش قطر طبق‌ها می‌شود. ارقام زراعی آفتابگردان بر روی طبق خود بین ۷۰۰ تا ۳۰۰۰ عدد گل دارند ولی در ارقام روغنی این تعداد بیشتر و گاهی به ۸۰۰۰ گل نیز می‌رسد. شکل طبق ممکن است تخت، محدب یا مقعر باشد (سید شریفی، ۱۳۸۸).

گل‌های بخش خارجی طبق عقیم هستند ولی دارای ۵ گلبرگ طویل می‌باشند. چون گلبرگ‌ها به شکل زبان‌های طویلی می‌باشند، به این گل‌ها، گل‌های زبانه‌ای می‌گویند. گل‌های زبانه‌ای در ناحیه قاعده به صورت لوله در می‌آیند. این گل‌ها نقش جذب کننده حشرات را بر عهده دارند. گل‌های بخش داخلی طبق زایا بوده و به آن‌ها گل‌های لوله‌ای گویند. هر گل لوله‌ای شامل یک جام لوله‌ای شکل کوتاه به رنگ قهوه‌ای یا ارغوانی می‌باشد که از ۱۰ گلبرگ تشکیل شده است. در هر گل ۵ پرچم به هم پیوسته دیده می‌شود که لوله‌ای را تشکیل می‌دهند. خامه از وسط این لوله عبور می‌نماید. گل‌های واقع در ناحیه مرکزی طبق بسیار بهم نزدیک بوده و ممکن است به دلیل تراکم شدید تولید دانه ننمایند. لقاح به دلیل اینکه پرچم‌ها زودتر بلوغ می‌نمایند، از نوع دگرگشنی می‌باشد. علاوه بر آن گل‌های آفتابگردان خود ناسازگار هستند و این امر سبب می‌شود که گرده افشانی، بیشتر توسط حشرات بویژه زنبور عسل انجام شود (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۱-۴-۵- میوه

میوه آفتابگردان از نوع فندقه است و شامل یک دانه حقیقی با پوسته نازک و فرابر ناشکوفا می‌باشد. طول دانه معمولاً ۱۰ تا ۲۵ میلی‌متر، عرض آن از ۵ تا ۱۵ میلی‌متر و قطر آن از ۳ تا ۸ میلی‌متر تغییر می‌یابد. رنگ دانه از سیاه تا سفید و خاکستری نواری متغیر است و از خصوصیات رقم محسوب می‌شود. وزن هزار دانه غالباً بین ۴۵ تا ۱۰۰ گرم می‌باشد. قسمت اعظم روغن دانه آفتابگردان در لپه ذخیره شده است. حدود ۷۸٪ وزن لپه‌ها و ۷/۴٪ وزن جنین را روغن تشکیل می‌دهد و درصد روغن دانه به نسبت وزنی درصد پوسته موجود به دانه بستگی زیادی دارد. کمی نسبت پوسته به دانه در ارقام اصلاح شده که در شرایط مناسبی تولید شده باشند غالباً ۲۵ تا ۳۰ درصد است. با این حال پوسته در بعضی شرایط تا بیش از ۵۰ درصد فندقه را تشکیل می‌دهد. مقدار پروتئین دانه از ۱۰ تا ۲۵ درصد گزارش شده است (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۱-۵- نیتروژن و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد

کاربرد کودهای نیتروژنه در افزایش عملکرد و پروتئین دانه موثر است. البته مصرف بیش از حد نیتروژن تحریک رشد رویشی، نازک و دراز شدن ساقه، خوابیدگی بوته‌ها و مصرف بیشتر آب را به همراه دارد. در صورتی که مقادیر عناصر غذایی دیگر کم باشد، زیادی نیتروژن خاک دوره رشد گیاه را طولانی‌تر کرده و رسیدن محصول را به تأخیر می‌اندازد (تایز و زایگر، ۱۹۹۸). مقدار کودهای نیتروژنی مورد نیاز گیاهان زراعی جهت نیل به عملکردهای بهینه به نوع گیاه، خاک، ژنوتیپ و اقلیم وابسته است (امام و ثقه‌الاسلامی، ۱۳۸۴).

نتایج بررسی‌های امام و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که افزایش نیتروژن مصرفی، ارتفاع بوته‌ها، تجمع ماده خشک کل، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد پروتئین را افزایش می‌دهد. کاهش درصد روغن با کاربرد زیاد کودهای نیتروژنه توسط محققان زیادی گزارش شده است (استیر و سیلر، ۱۹۹۰). سید شریفی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش نمودند که افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد را از طریق بزرگ‌تر شدن طبق افزایش می‌دهد و زیادی نیتروژن درصد روغن را کاهش می‌دهد، ولی افزایش عملکرد منجر به افزایش کل محصول روغن در واحد سطح می‌گردد.

گلچین (۱۳۷۹) طی آزمایشی بر روی ارقام آفتابگردان روغنی گزارش نمود که با افزایش مصرف کود نیتروژنه عملکرد دانه و تعداد دانه در طبق افزایش می‌یابد. ماجدی و خادمی (۱۹۹۹) اعلام کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژنه تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه افزایش یافت. عرشی (۱۳۷۳) و اسماعیلی (۱۳۷۹) در بررسی‌های جداگانه‌ای اظهار داشتند که مصرف بیش از حد نیتروژن، درصد روغن آفتابگردان را کاهش می‌دهد. آنان بهترین میزان مصرف کود نیتروژن را صد کیلوگرم در هکتار برآورد نموده و گزارش کردند که با مصرف بیشتر نیتروژن درصد روغن کاهش می‌یابد.

مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی موثر است و مراحل فنولوژیکی در اثر کمبود نیتروژن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در حالی که با افزایش مصرف نیتروژن بیوماس کل افزایش می‌یابد. این امر می‌تواند به دلیل تأثیر زیاد نیتروژن بر گسترش سطح برگ و تداوم بهتر آن باشد (گارسید، ۲۰۰۴). عموماً مصرف کود نیتروژن تا سطح معینی افزایش تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه را موجب می‌شود، که این دو جزء عملکرد نقش آشکاری در افزایش عملکرد دارند (خاروارا و بیندرا، ۱۹۹۲).

بر پایه نتایج حاصل از بررسی مجیری و ارزانی (۱۳۸۲) مصرف کود نیتروژن موجب افزایش طول دوره رشد، ارتفاع بوته، قطر ساقه و قطر طبق گردید. آن‌ها اظهار داشتند که کود نیتروژنه تا سقف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به همراه دارد، در حالی که سطح بالاتر

کودی موجب کاهش آن‌ها می‌شود. نیتروژن علاوه بر تأثیری که بر روی عملکرد دانه می‌گذارد، به دلیل این که یکی از ساختارهای اصلی مولکول‌ها و اسیدهای آمینه می‌باشد، سبب بالا رفتن درصد پروتئین دانه نیز می‌شود (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۷۶).

۱-۶- باکتری‌های محرک رشد گیاه

امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به وجود آورده است، استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی اهمیت فراوانی یافته است. کودهای بیولوژیک، مواد نگهدارنده‌ای از یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه تولید می‌شوند (صالح راستین، ۲۰۰۲).

تلقیح گیاهان با باکتری‌های مفید مربوط به قرن‌ها قبل می‌باشد. به طور مثال کشاورزان از روی تجربه می‌دانستند اگر خاک زیر کشت محصولات لگوم را با خاک گیاهان غیر لگوم مخلوط نمایند، اغلب موجب افزایش عملکرد می‌گردد. در اواخر قرن نوزدهم (۱۸۹۵) اولین پروانه تولید کود بیولوژیک تحت عنوان نیتراژین برای تهیه مایه تلقیح ریزوبیومی به ثبت رسید و به دنبال آن عمل تلقیح لگوم‌ها با کودهای ریزوبیومی در بسیاری از کشورها آغاز گردید (باشان، ۱۹۹۸).

تعداد زیادی از گونه‌های باکتریایی خاک که در ریزوسفر گیاهان زندگی می‌کنند قادرند با مکانیزم-های متفاوتی رشد گیاه را بهبود بخشند. این باکتری‌ها در مجموع ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه[1] نامیده می‌شوند. این اصطلاح اولین بار در سال ۱۹۷۸ توسط اسکروت و کلوپر وضع گردید و تا سال‌های پس از آن تنها برای انواعی از باکتری‌های ریزوسفری استفاده می‌شد که به طور غیر مستقیم و از طریق کنترل عوامل بیمارگر گیاهی و کمک به حفظ سلامت گیاه، شرایط تشدید رشد گیاه را فراهم می-ساختند. از طرف دیگر مطالعات اولیه PGPR تنها بر روی محصولات ریشه‌ای مانند سیب زمینی، تربچه و چغندر قند بوده است اما بررسی‌های بعدی محدوده وسیع‌تری از محصولات کشاورزی را در بر گرفته که شامل غلات و گیاهان لگوم نیز می‌باشد. انواع PGPR به خوبی شناخته شده شامل باکتری‌های متعلق به جنس‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، باسیلوس، سودوموناس، آرتروباکتر و انتروباکتر می‌باشند (رودریگوئز و فراگا، ۱۹۹۹). باکتری‌های محرک رشد گیاه علاوه بر نقش بسیار مهم خود در موازنه نیتروژن بیوسفر می‌توانند به صورت‌های متفاوت دیگری نیز مثل توانایی حل فسفات‌های معدنی نامحلول، توانایی حل فسفات‌های آلی نامحلول، توان تولید سیدروفور، تولید فیتوهورمون‌ها و...افزایش رشد و عملکرد گیاهان را موجب شوند.

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

۱-۶-۱- توانایی حل فسفات‌های معدنی نامحلول

گزارش‌های متعددی وجود دارد که توانایی سویه‌های مختلف باکتریایی را برای انحلال ترکیبات معدنی فسفات‌های نامحلول نشان می‌دهد (گولدستین، ۱۹۸۶). مکانیزم اصلی انحلال فسفات‌های معدنی در نتیجه اثر اسیدهای آلی تولید شده به وسیله باکتری‌های خاک تشخیص داده شده است. تولید اسیدهای آلی موجب اسیدی شدن محیط اطراف سلول‌های باکتری شده و در نتیجه فسفر عنصری می‌تواند در اثر جایگزینی یون H^+ با یون‌های کلسیم در محیط آزاد گردد (ایلمر و اسچینر، ۱۹۹۵). از میان اسیدهای آلی به نظر می‌رسد که اسید گلوکونیک فراوان‌ترین عامل در انحلال فسفات‌های معدنی باشد (دلال، ۱۹۷۷). هالدر (۱۹۹۰) نشان داد که اسیدهای آلی جدا شده از محیط کشت باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم موجب انحلال فسفات‌های معدنی می‌گردد، در ضمن مقدار فسفات‌های حل شده در نتیجه اثر این اسیدها در محلول‌های فاقد سلول باکتری تقریباً مشابه مقدار فسفات‌های انحلال یافته در محیط‌های کشت حاوی سلول‌های باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بوده است.

۱-۶-۲- توانایی حل فسفات‌های آلی نامحلول

خاک حاوی طیف وسیعی از مواد آلی است که می‌تواند به عنوان یک منبع فسفر مورد استفاده گیاه قرار گیرد. برای اینکه فسفر آلی به فرم قابل جذب گیاه در آید باید ابتدا از طریق هیدرولیز مواد آلی به فرم معدنی تبدیل گردد. معدنی شدن اغلب ترکیبات آلی فسفره توسط آنزیم‌های فسفاتاز که فسفرهیدرولازها نیز نامیده می‌شوند انجام می‌گیرد (رودریگوئز و فراگا، ۱۹۹۹). توانایی باکتری‌های خاکزی از جنس‌های مختلف ریزوبیوم، سودوموناس‌ها و باسیلوس‌ها در تولید مقادیر قابل توجه آنزیم‌های فسفاتاز ثابت شده است (کیرچنر، ۱۹۹۳).

۱-۶-۳- توانایی تولید سیدروفور

سیدروفورها[1] ترکیب‌های آلی با وزن مولکولی کم و لیگاندهای شیمیایی با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای پیوند شدن با آهن III هستند. نقش باکتری‌های مولد سیدروفورهای میکروبی در افزایش رشد گیاه می‌تواند به صورت غیر مستقیم و از طریق بیوکنترل عوامل بیمارگر گیاهی و یا تحریک مستقیم رشد گیاه به واسطه افزایش جذب آهن توسط گیاه باشد. در سال‌های اخیر توانایی تولید سیدروفور توسط سویه‌های متعددی از گونه‌های مختلف باکتری‌های ریزوبیومی به اثبات رسیده است(گوئرینات، ۱۹۹۱).

1-Siderophores