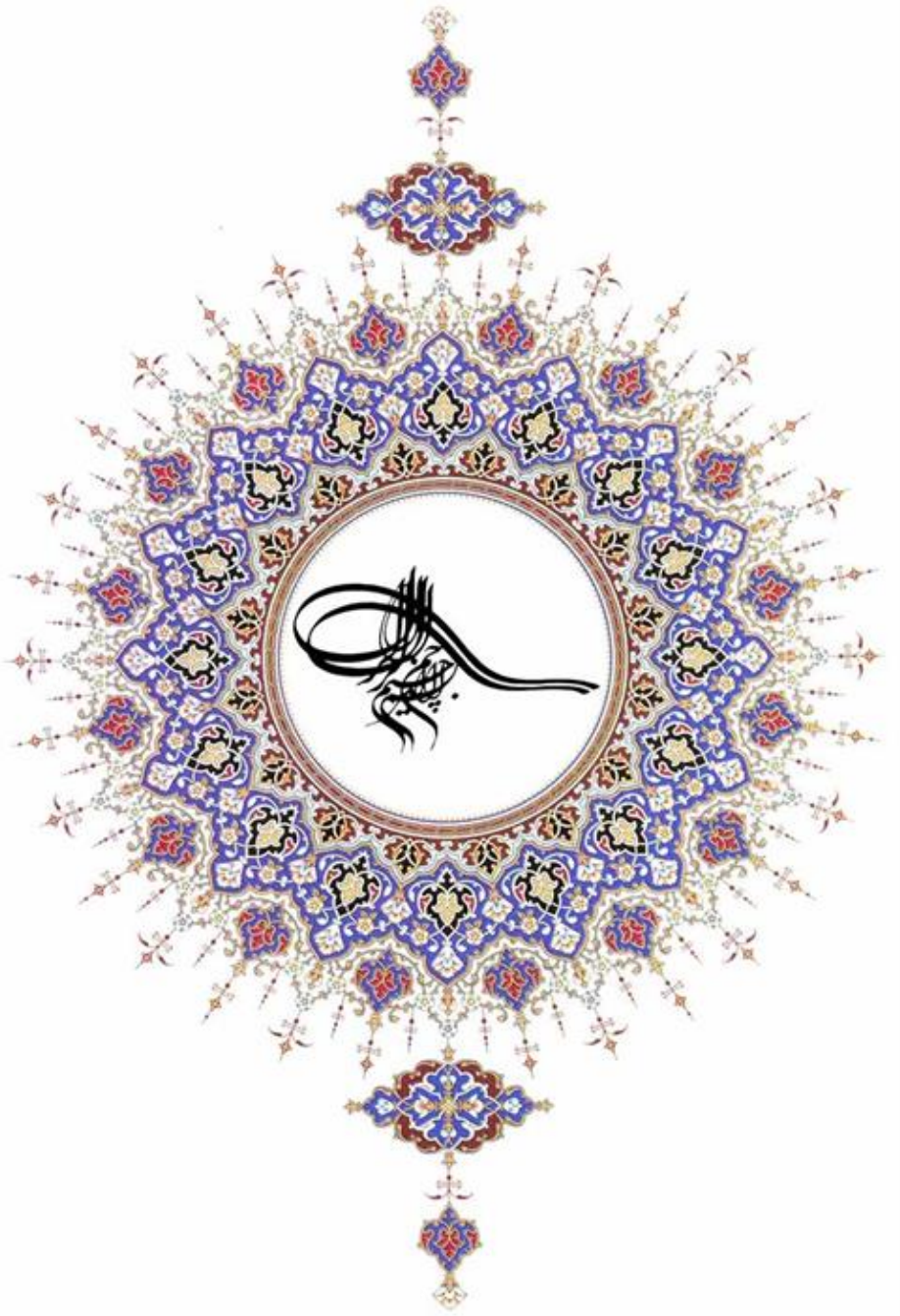

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبدکاووس

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی
گروه تولیدات گیاهی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد (M.Sc)
در رشته کشاورزی اکولوژیک

بررسی اثر باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر در سطوح مختلف کود نیتروژنی بر روی عملکرد برنج (*Oryza Sativa* L.)

حمید غفاری کومله

اساتید راهنما
دکتر عبداللطیف قلی‌زاده
دکتر عباس بیابانی

اساتید مشاور
دکتر علیرضا فلاح نصرت‌آباد
مهندس محمد محمدیان

۱۳۹۲

تعهدنامه

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه گنبد کاووس مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات و امکانات دانشگاه انجام می‌شود، بنابر این به منظور رعایت حقوق دانشگاه، کلیه دانش آموختگان نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلا بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب مجوز نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان نامه در قالب مقالات مجلات علمی پژوهشی، همایش ها و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه گنبد کاووس الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان نامه به هر شکلی (مقاله، کتاب، ثبت اختراع و ابداع) باید با کسب اجازه استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **حمید غفاری کوملە** دانشجوی رشته **کشاورزی اکولوژیک** مقطع **کارشناسی‌ارشد** دانشگاه گنبد کاووس تعهدات فوق را قبول کرده و ملزم به رعایت کلیه مفاد آن می‌باشم.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضا

تاریخ

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم؛

به پاس تمام حمایت‌ها، دلسوزی‌ها و زحمات بی‌دریغشان،

آنان که در تمام مراحل زندگی‌ام مرا از

محبت بی‌دریغ خود محروم نساختند،

و به خواهران عزیزم؛

که وجودشان شادی‌بخش و مهربانی و صفایشان مایه آرامش من

است.

و به تمام آزادمردان و زنانی که نیک می اندیشند و عقل و منطق را پیشه خود نموده

و جز رضای الهی و پیشرفت و سعادت جامعه، هدفی

ندارند؛

دانشمندان، بزرگان، و جوانمردانی که جان و مال خود را در حفظ و اعتلای این مرز و

بوم فدا نموده و می نمایند.

تقدیر و تشکر:

حمد و سپاس پروردگار بی همتا را، به اندازه همه سپاسی که نزدیکترین فرشتگان و گرامی ترین بندگان و پسندیده ترین ستایش کنندگان او را ستایش کرده اند؛ که جز با لطف و مدد او این اثر حاصل نمی-گشت. آنچه توانستم از لطف آن یگانه هستی بخشیست که بر این بنده حقیر خود منّت نهاد و به مدد خود یاریم نمود.

از زحمات و حمایت های پدر و مادر عزیزم که مرا در تمام مراحل زندگی و تحصیلم و از جمله اجرای این اثر پژوهشی یاری نمودند صمیمانه قدردانی نموده و سپاسگزارم. از اساتید راهنمای گرامیم؛ آقایان دکتر عبداللّطیف قلی زاده و دکتر عباس بیابانی به پاس زحمات و راهنمایشان کمال تشکر و قدردانی را داشته و از اینکه مفتخر بودم تا در معیّت این بزرگواران، اثر حاضر را به انجام برسانم، به خود می بالم. همچنین از اساتید مشاور گرانقدر، آقایان دکتر علیرضا فلاّح و مهندس محمّد محمّدیان به پاس راهنمایی ها و

مساعدتی که در طول اجرای این طرح پایان نامه به بنده مبذول داشتند صمیمانه تشکر و قدردانی کرده؛ سلامتی و توفیق روز افزون همه این عزیزان را از خداوند منّان خواستارم.

در پایان بر خود لازم می دانم از مساعدت، حسن نظر و همراهی مسؤلین و اساتید محترم دانشگاه گنبد کاووس، مسؤلین و پرسنل محترم معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران، دوستان گرامی و همه عزیزانی که به نحوی مرا در به انجام رساندن این اثر پژوهشی یاری نمودند، به ویژه دوست و برادر عزیزم، مهندس ایمان عشقی صمیمانه تشکر نموده، مراتب قدردانیم را ابراز بنمایم.

حمید غفاری کوملە

پائیز ۱۳۹۲

چکیده

به منظور مطالعه اثر کاربرد باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر در سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، آزمایشی به صورت گلدانی در معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) در سال زراعی ۱۳۹۱، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با ٤ تکرار بر روی رقم پرمحصول شیرودی به اجرا درآمد. عوامل مورد بررسی شامل سه عامل باکتری سودوموناس (A) در چهار سطح ۱- شاهد (بدون مصرف باکتری) و ۲- سودوموناس پوتیدا-۱ ۳- سودوموناس پوتیدا-۲ و ٤- سودوموناس فلوروسنس و باکتری ازتوباکتر (B) در دو سطح ۱- شاهد (بدون ازتوباکتر) و ۲- مصرف باکتری ازتوباکتر کروکوکوم و سطوح مختلف کود نیتروژن (C) در چهار سطح شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن) و مصرف ۸۰، ۱٤۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در هر کیلوگرم خاک گلدان بودند. در این آزمایش صفات تعداد پنجه، پنجه بارور، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد خوشه‌چه پر، تعداد کل دانه در خوشه، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، غلظت نیتروژن برگ، غلظت نیتروژن دانه و غلظت کلروفیل برگ مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سه عامل باکتری سودوموناس و ازتوباکتر و سطوح مختلف کود نیتروژن، در تمامی صفات مورد بررسی به غیر از میزان کلروفیل برگ، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ نشان دادند. نتایج برای صفت عملکرد دانه نشان داد که اثرات ساده و یا متقابل تیمارها به جز اثر متقابل سودوموناس و ازتوباکتر اختلاف معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین اثرات متقابل برای صفت عملکرد دانه نشان داد که تیمار مصرف سودوموناس پوتیدا-۱ به همراه مصرف ازتوباکتر و مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم کود نیتروژنی، با ۱۰٤/۱ گرم در گلدان، بیشترین عملکرد را دارا بود که نسبت به تیمار شاهد ۱٦۳/۲۷ درصد عملکرد بیشتری داشت. همچنین تیمارهای سودوموناس پوتیدا-۲، همراه با مصرف ازتوباکتر و نیز بدون مصرف ازتوباکتر و بدون مصرف کود نیتروژنی کمترین میانگین را به خود اختصاص دادند. بر اساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد کاربرد باکتری‌های محرک رشد به همراه کود نیتروژنی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد برنج نقش مفید و مؤثری داشته باشد.

کلمات کلیدی: ازتوباکتر، برنج، سودوموناس، نیتروژن.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- کلیاتی درباره برنج و اهمیت موضوع..... ۳

۱-۲- گیاهشناسی برنج..... ٤

۱-۳- نیتروژن..... ٥

۱-٤- تثبیت بیولوژیکی نیتروژن مولکولی..... ٦

۱-٥- اهمیت بیولوژیکی تثبیت نیتروژن..... ۷

۱-٦- باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن..... ۷

۱-۷- ریزوسفر..... ۸

۱-۸- باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)..... ۸

۱-۹- رقابت ریزوباکترها..... ۹

۱-۱۰- تثبیت نیتروژن در شرایط غرقاب شالیزاری..... ۱۰

۱-۱۱- ازتوباکتر..... ۱۰

۱-۱۲- سودوموناس..... ۱۱

۱-۱۳- اهداف و فرضیات..... ۱۱

۱-۱۳-۱- فرضیه‌ها..... ۱۱

۱-۱۳-۲- اهداف..... ۱۲

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- رویکرد بررسی منابع..... ۱۵

۲-۱-۱- تحقیقات صورت گرفته در خصوص نقش و جایگاه عنصر غذایی نیتروژن در گیاه زراعی برنج و چگونگی مصرف آن..... ۱۵

۲-۱-۲- تحقیقات صورت گرفته در خصوص نقش و جایگاه استفاده از کودهای زیستی و میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن در گیاه زراعی برنج..... ۱۷

۲-۱-۳- روش‌های به کار رفته در تحقیقات به منظور ارزیابی کارایی و میزان جذب نیتروژن مصرفی و نیز استعمال باکتری‌های محرک رشد..... ۲۵

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- موقعیت جغرافیایی و اقلیمی محل اجرای طرح ۲۹

۳-۲- مشخصات خاک مورد آزمایش ۲۹

۳-۳- معرفی رقم ۳۰

۳-٤- مراحل اجرای طرح ۳۱

۳-۵- صفات مورد بررسی ۳۲

۳-۵-۱- تعداد کل پنجه (بارور و غیر بارور) ۳۲

۳-۵-۲- تعداد پنجه بارور ۳۲

۳-۵-۳- تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی ۳۲

۳-۵-٤- ارتفاع بوته ۳۳

۳-۵-۵- وزن خشک گیاه (اندام هوایی) ۳۳

۳-۵-٦- تعداد خوشه‌چه پر در خوشه ۳۳

۳-۵-۷- تعداد دانه در خوشه ۳۳

۳-۵-۸- عملکرد بیولوژیک ۳۳

۳-۵-۹- عملکرد دانه ۳۳

۳-۵-۱۰-شاخص برداشت ۳٤

۳-۵-۱۱-وزن صد دانه ۳٤

۳-۵-۱۲-غلظت نیتروژن تیمارها(دانه) ۳٤

۳-۵-۱۳-غلظت نیتروژن تیمارها(برگ) ۳٤

۳-۵-۱٤-محتوای کلروفیل برگ ۳٤

۳-٦- روش اندازه‌گیری نیتروژن کل (میکروکجلدال) ۳۵

فصل چهارم: نتایج و بحث

٤-۱- تعداد کل پنجه ۳۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

٤-٢- تعداد پنجه بارور ٤٢
٤-٣- روز تا ٥٠ درصد گلدهی ٤٥
٤-٤- ارتفاع بوته ٤٦
٤-٥- وزن خشک اندام هوایی ٥٠
٤-٦- تعداد خوشه‌چه پر در خوشه ٥١
٤-٧- تعداد کل دانه در خوشه ٥٤
٤-٨- عملکرد بیولوژیک ٥٤
٤-٩- عملکرد دانه ٥٨
٤-١٠- وزن صد دانه ٥٩
٤-١١- شاخص برداشت ٦٢
٤-١٢- محتوای کلروفیل برگ ٦٣
٤-١٣- غلظت نیتروژن دانه ٦٨
٤-١٤- غلظت نیتروژن برگ ٦٩
٤-١٤- بررسی ضرایب همبستگی بین صفات عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی ٧٢
نتیجه‌گیری کلی ٧٧
پیشنهادات ٧٨
ضمائم ٧٩
منابع ٨٧

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: مشخصات خاک مورد استفاده در طرح..... ۳۰
جدول ۳-۲: خصوصیات عمومی برنج رقم شیرودی..... ۳۰
جدول ٤-۱: تجزیه واریانس داده‌های حاصل از بررسی صفات اندازه‌گیری شده در برنج رقم شیرودی..... ٤۰
جدول ٤-۲: مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس، ازتوباکتر و کود نیتروژنی .. ۷٤
جدول ٤-۳: ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی برنج رقم شیرودی..... ۷٦

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ٤-١- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت تعداد کل پنجه..... ٤٣

شکل ٤-٢- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت تعداد پنجه بارور..... ٤٤

شکل ٤-٣- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت روز تا ٥٠ درصد گلدهی..... ٤٨

شکل ٤-٤- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت ارتفاع نهایی بوته..... ٤٩

شکل ٤-٥- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت وزن خشک اندام هوایی..... ٥٢

شکل ٤-٦- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت تعداد خوشه‌چه پر در خوشه..... ٥٣

شکل ٤-٧- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت تعداد دانه در خوشه..... ٥٦

شکل ٤-٨- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت عملکرد بیولوژیک..... ٥٧

شکل ٤-٩- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت عملکرد دانه..... ٦٠

شکل ٤-١٠- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت وزن صد دانه..... ٦١

شکل ٤-١١- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت شاخص برداشت..... ٦٥

شکل ٤-١٢- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر برای صفت غلظت کلروفیل برگ..... ٦٦

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ٤-١٣- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت غلظت کلروفیل برگ..... ٦٦
شکل ٤-١٤- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و کود نیتروژنی برای صفت غلظت کلروفیل برگ..... ٦٧
شکل ٤-١٥- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت غلظت نیتروژن دانه..... ٧٠
شکل ٤-١٦- نمودار مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف باکتری‌های سودوموناس و ازتوباکتر و کود نیتروژنی برای صفت غلظت نیتروژن برگ..... ٧١

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کلیاتی درباره برنج و اهمیت موضوع

در بین گیاهان زراعی، برنج گیاهی است که به علت نیاز زیادی که اغلب مردم جهان به آن دارند، در سطح بسیار وسیعی از زمین‌های زراعی کشورهای مختلف جهان کشت می‌گردد (خدابنده و همکاران، ۱۳۸٤). سطح برداشت این محصول در جهان بر اساس آمار ارائه شده از سوی فائو[1] در سال ۲۰۱۰ میلادی ۱۵۳٦۵۰۵۸۲ هکتار و در ایران ٥٦۳٥۱۷ هکتار و میزان متوسط عملکرد آن در جهان حدود ٤۳۷۳ کیلوگرم در هکتار و در ایران حدود ٤۰٦۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (فائو، ۲۰۱۲). کشت و کار برنج در جهان و تولید آن از نظر کیفیت و کمیت دارای اهمیت خاصی است، زیرا برنج گیاهی است که دانه آن برای تأمین غذای نیمی از مردم جهان به کار می‌رود (خدابنده و همکاران، ۱۳۸٤).

در دهه‌های اخیر تولید محصولات کشاورزی از جمله برنج عمدتاً متکی به مصرف نهاده‌های شیمیایی بوده که منجر به مشکلات عمده زیست محیطی شده است. تخریب منابع آب و خاک، آلودگی هوا و آب به وسیله آفت‌کش‌ها، کودهای شیمیایی و افزایش مقاومت آفات و بیماری‌ها به انواع سموم شیمیایی تنها بخشی از مشکلات زیست محیطی ناشی از کشاورزی رایج مبتنی بر مصرف نهاده‌های شیمیایی هستند (سعیدنژاد و همکاران، ۱۳۸۸). سمیت مستقیم کودهای شسته شده از مزارع، نسبت به آفت‌کش‌ها کمتر است. اما اثرات آنها خسارت اکولوژیکی برابری با آفت‌کش‌ها دارد. در اکوسیستم‌های آبی و دریایی نیز ورود کودهای شیمیایی سبب رشد بیش از حد جلبک‌ها شده و باعث

1 - Food and Agriculture Organization (FAO)

اوتریفیکاسیون و مرگ بسیاری از انواع میکروارگانیسم‌ها می‌شود. نیترات‌های ناشی از کودها نیز در بسیاری از مناطق، آلاینده اصلی آب آشامیدنی به شمار می‌آیند (کوچکی، ۱۳۸۰).

یکی از راهکارهای رفع این مشکل، استفاده از اصول کشاورزی پایدار در اکوسیستم‌های زراعی می‌باشد. از آنجا که مدیریت خاک از عوامل اصلی در نیل به کشاورزی پایدار محسوب می‌شود، لذا جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی خصوصا کودهای نیتروژن و فسفات با کودهای بیولوژیک، بشر را در دستیابی به این هدف و تولید پایدار محصولات کشاورزی یاری می‌نماید. مصرف کودهای بیولوژیک بدون نگرانی از اثرات سوء زیست محیطی غالباً موجب بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و حاصلخیزی خاک‌ها را افزایش می‌دهد (سعیدنژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

۱-۲- گیاهشناسی برنج

برنج (*Oryza Sativa* L.) گیاهی یکساله و علفی، ریشه‌های برنج افشان و قوی بوده که به عمق زیاد خاک نفوذ نکرده و در لایه فوقانی خاک در عمق ۲۰-۲۵ سانتی‌متری قرار می‌گیرند. ساقه برنج مانند اغلب غلات توخالی و استوانه‌ای صاف است. هر بوته برنج معمولا ٤ تا ٥ پنجه تولید می‌نماید و از هر کدام ٤ تا ٥ ساقه به وجود می‌آید. اصولاً قدرت تولید پنجه در برنج خیلی زیاد است (خدابنده، ۱۳۸٤). ریشه برنج سطحی و افشان بوده و حداکثر در عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتری خاک نفوذ می‌نماید. در این گیاه به غیر از ریشه‌های جنینی از محل گره‌ها نیز ریشه نابجا به وجود می‌آید. گل‌آذین در برنج به صورت پانیکول بوده و فرق آن با گل‌آذین سنبله در این است که در هر پانیکول، هر سنبلک دارای دم باریک و بلندی می‌باشد و به همین دلیل به آن خوشه‌سنبل هم گفته می‌شود. هر خوشچه دارای محور کوچکی به نام محور سنبله است که روی آن یک گل در محور برگک ثانویه که گلوم‌های نازا نام دارد تشکیل می‌شود. گل‌دهی در برنج از نوک گل‌آذین شروع شده و به سمت پایین ادامه می‌یابد.

برنج یکی از گیاهان مخصوص کاشت و رشد و نمو در نواحی مرطوب استوایی و مناطق نسبتا گرم و یا معتدل است و در مناطقی که بارندگی سالانه حدود ۱۰۰۰ میلی‌متر باشد بخوبی از خود سازگاری نشان داده و محصول مناسبی از نظر کمیت و کیفیت تولید می‌کند. از نظر عرض جغرافیایی در بیشتر نقاط دنیا از استوا تا ٤٥ درجه عرض شمالی تا ٤٥ درجه عرض جنوبی رشد می‌نماید. ارتفاع از سطح دریا تأثیر چندان زیادی در رشد برنج ندارد. تنها عامل محدود کننده کشت برنج سرما

می‌باشد؛ که به همین دلیل کشت آن در مناطق سرد امکان‌پذیر نبوده و بیشتر در مناطق نیمه گرمسیر به عمل می‌آید (خدابنده، ۱۳۸٤).

۱-۳- نیتروژن

ازت یا نیتروژن، ۷۹ درصد اتمسفر را تشکیل می‌دهد. ازت اتمسفر (N_2) یا ازت ترکیب شده در رسوبات آلی خاک، هیچ‌کدام قابل استفاده مستقیم برای رشد گیاه نیستند. فقط اشکال اکسید شده (مثل NO_3^-) و احیا شده (مثل NH_4^+) ازت قابل استفاده هستند. پیوند هیدروژنی که باعث احیای ازت می‌گردد می‌تواند به وسیله رعد و برق، یا بوسیله موجودات تثبیت کننده ازت و یا به صورت تجاری به وسیله فرآیندهای هابر – بوش به وجود آید. آمونیوم به وسیله باکتری‌های تولید کننده نیترات اکسید شده و به نیترات تبدیل می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸٦). ازت یک جزء لازم ساختمانی اسیدهای آمینه، آمیدها و نوکلئوتیدها و نوکلئوپروتئین‌ها است و برای تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و بنابراین رشد گیاه ضروری است. ازت در گیاه متحرک است و در مواقع کمبود ازت به بافت‌های جوان انتقال می‌یابد. به همین دلیل کمبود ازت ابتدا در برگهای پیرتر آشکار می‌گردد.

کمبود ازت مانع از فرآیندهای رشد گیاه گردیده، باعث کوتاه ماندن، زرد شدن و کاهش عملکرد ماده خشک می‌گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸٦). در حالت کمبود شدید ازت، برگ‌ها می‌میرند. به جز در مورد برگ‌های جوان که سبزتر هستند، برگ‌ها کوتاه، باریک، راست و دارای رنگ سبز متمایل به زرد لیمویی هستند. تمام مزرعه به رنگ زرد به نظر می‌رسد. کمبود ازت اغلب در مراحل حساس رشد مثل پنجه‌زنی و ظهور سنبله جوان اتفاق می‌افتد. کمبود ازت منجر به کاهش پنجه‌زنی، کوچک شدن برگ‌ها و کوتاهی قد گیاه می‌گردد (میرنیا وهمکاران، ۱۳۸٤). مقدار مصرف کودهای ازتی در خاک‌های رسی کمتر و در خاک‌های شنی بیشتر است. استفاده از کود اوره که دارای ٤٦ درصد ماده ازتی قابل جذب است؛ بیشتر از کودهای دیگر در برنج‌کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. کود اوره بهترین و مناسبترین ماده ازتی برای مزارع برنج محسوب می‌شود. مقدار مصرف کود ازت با توجه به نوع خاک، واریته یا رقم، شرایط اقلیمی و اکولوژیکی متغیر است (اخوت و همکاران، ۱۳۷٦).

١-٤- تثبیت بیولوژیکی نیتروژن مولکولی

بعد از فتوسنتز، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن یعنی احیاء نیتروژن مولکولی اتمسفر (N_2) به دو مولکول آمونیاک، دومین فرآیند بیولوژیکی بسیار با اهمیت در سطح کره زمین به شمار می‌رود. اکوسیستم‌های طبیعی در غیاب کودهای شیمیایی یا کودهای حیوانی، به تبدیل بیولوژیکی نیتروژن اتمسفری به اشکال قابل استفاده برای گیاه و رشد میکروبی متکی هستند که این کار بوسیله اکثر پریوکاریوت‌ها صورت می‌گیرد. تثبیت مولکولی نیتروژن منحصراً توسط پریوکاریوت‌ها صورت می‌گیرد که عبارتند از: بسیاری از جنس‌های باکتری‌ها، سیانوباکترها و اکتنومیست فرنکیا. باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌توانند به صورت موجوداتی مستقل و آزادزی و یا با درجه‌های مختلفی از پیچیدگی در ارتباط با باکتری‌ها، گیاهان و حیوانات وجود داشته باشند. این روابط از ارتباط ضعیفی نظیر همیاری تا ارتباط همزیستی پیچیده تغییر می‌کند که در آنها باکتری و گیاه میزبان در سطح مولکولی با هم اتصال پیدا کرده و نقش‌های فیزیولوژیکی را تقسیم می‌کنند. مرکز همه این سیستم‌ها در پریوکاریوت تثبیت کننده نیتروژن دارای آنزیم پیچیده نیتروژناز است که مسئول تبدیل نیتروژن مولکولی به آمونیاک می‌باشد. فقط پریوکاریوت‌های خاص، نیتروژن مولکولی را تثبیت می‌کنند. موجوداتی که از نیتروژن اتمسفری به عنوان تنها منبع نیتروژن برای رشد استفاده می‌کنند، دیازوتروف نامیده می‌شوند (لکزیان، ١٣٨٤).

تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط کمپلکس آنزیمی نیتروژناز صورت می‌گیرد که بهتر است آن را کمپلکس نیتروژناز نامید، زیرا از دو جزء پروتئینی تشکیل شده است که هر یک متشکل از چندین زیر واحد می‌باشند. تثبیت مولکولی نیتروژن توسط پروکاریوت‌ها صورت می‌گیرد که عبارتند از: بسیاری از جنس‌های باکتری‌ها، سیانوباکترها و اکتنومیست فرنکیا. باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌توانند به صورت موجوداتی مستقل و آزادزی و یا با درجه‌های مختلفی از پیچیدگی در ارتباط با میکروب‌ها، گیاهان و حیوانات وجود داشته باشند. این روابط از ارتباطات ضعیفی همچون همیاری تا ارتباطات همزیستی پیچیده تغییر می‌کند (لکزیان، ١٣٨٤).

۱-۵- اهمیت بیولوژیکی تثبیت نیتروژن

یک اصل اساسی در کشاورزی و فیزیولوژی گیاهی این است که گیاهان برای تولید بیوماس یا عملکرد بالا به مقادیر نسبتاً زیادی نیتروژن نیاز دارند. تمامی اشکال حیات برای ساختن پروتئین و مواد بیوشمیایی دیگر به نیتروژن احتیاج دارند و اغلب نیتروژن یک ماده غذایی محدود کننده برای رشد گیاهی و میکروبی در خاک‌ها به شمار می‌رود. در سیستم‌های طبیعی، نیتروژن مورد نیاز برای رشد گیاهان ار خاک، باران یا دیگر نزولات جوی و یا از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن تأمین می‌شود. برآورد دقیق میزان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بسیار مشکل است، اما محدوده این مقادیر از ۱۰۰ تا ۱۸۰ میلیون تن در سال گزارش شده است. فرآیندهای بیولوژیکی ٦٥ درصد از نیتروژن مورد استفاده در کشاورزی را تأمین می‌کنند (بوریس و رابرت، ۱۹۹۳ به نقل از لکزیان، ۱۳۸٤). گرچه تصور می‌شود که بیشتر این مقدار از طریق تثبیت همزیستی حاصل شده باشد؛ اما تثبیت غیر همزیستی و تثبیت همیاری در بعضی محصولات نظیر نیشکر و سورگوم که مسیر فتوسنتزی C_4 دارند و در اکوسیستم‌های خاصی که نیتروژن یک عامل محدود کننده رشد گیاه است؛ اهمیت خاصی پیدا می‌کنند. از آنجایی که برنج در خاک‌های غرقابی کشت می‌شود، از فعالیت باکتری‌های دیازوتروف آزادزی و سیانوباکتری‌ها بهره فراوانی می‌برد. تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌تواند به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی آمونیاکی گران قیمت مطرح شود. گرچه در سیستم‌های کشاورزی با عملکرد بالا تنها اکتفا به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن دشوار است؛ اما با توجه به افزایش جمعیت، احتمالا همیشه استفاده مدبرانه از کودهای شیمیایی نیاز خواهد بود (لکزیان، ۱۳۸٤).

۱-٦- باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن

موجوداتی که از نیتروژن اتمسفری به عنوان تنها منبع نیتروژن برای رشد استفاده می‌کنند، دیازوتروف نامیده می‌شوند. از بین تقریبا ۱۰۰۰۰ جنس باکتریایی که تا کنون نامگذاری شده‌اند، فقط در حدود ۱۰۰ جنس از آنها جزء گونه‌های دیازوتروف واقعی هستند. این گونه‌ها، گونه‌هایی هستند که همه نوع اشکال فیزیولوژیکی را نشان می‌دهند و در همه محیط‌های فیزیولوژیکی نیز وجود دارند (لکزیان، ۱۳۸٤).