دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک

ارزیابی مدیریت تلفیقی تغذیه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

نگارنده: **احمد فدایی**

استادراهنما:

دکتر احمد غلامی

اساتید مشاور:

دکتر محمودرضا رمضانپور

دکتر حمید عباس‌دخت

شهریور۱۳۹۶

تقدیم:

پدر و مادر عزیزم، روحشان قرین رحمت الهی باد.

همسرم، صبوری و شکیبایی در طی مسیر راه را بر من آسان نمود.

فرزندان خوبم، امیر رضا و امیر محمد محبت و همکاریشان راهگشای کارم بود.

سپاسگزاری:

به نام آن خدایی که نام او راحت روح است و پیام او مفتاح فتوح، سلام او در صباح مومنان را صبوح است و ذکر نام او مرهمی بر دل مجروح و مهر او بلانشینان کشتی نوح.

اکنون که با توکل بر خداوند بزرگ موفق به انجام پایان نامه شده‌ام بر خود دانسته که مراتب و سپاسگزاری و قدردانی خودم را به گرانقدرانی که در این مسیر یاریم نموده‌اند عرض نمایم.

جناب آقای دکتر احمد غلامی استاد راهنمای بزرگوار که همواره از مساعدت و راهنمایی های شان کسب بهره نموده‌ام.

جناب آقای دکتر محمود رضا رمضانپور استاد مشاور اول ارجمند و گرانقدر که تمام اقدامات پژوهشی و آزمایشگاهی در به سرانجام رساندن این رسالت نامه مرا یاری نموده اند.

جناب آقای دکتر حمید عباس دخت استاد مشاور دوم در زمان دانش آموختگی و مراحل پایان نامه لطف خود را از بنده دریغ ننموده‌اند.

جناب آقای دکتر برادران فیروز آبادی و دکتر منوچهر قلی پور زحمت داوری این رسالت نامه را کشیده اند.

استادان عالیقدر در دوران دانش آموختگی در دانشکده کشاورزی بطام جناب آقای دکتر عامریان، دکتر حمیدرضا اصغری، دکتر حسن مکاریان، دکتر درخشان، سرکار خانم دکتر موجرلو، دکتر منوچهر قلی پور، دکتر مهدی برادران فیروز آبادی، دکتر محمود رحیمی، دکتر فرهاد قربانی، افتخار شاگردی شان را داشته‌ام.

لازم میدانم از همکاران عزیزم در سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران و همچنین مدیریت محترم شرکت زراعی دشت ناز کمال تشکر را داشته باشم.

تعهد نامه

اینجانب **احمد فدایی**دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **اکولوژیک** دانشکده **دانشکده کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **ارزیابی مدیریت تلفیقی تغذیه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم**تحت راهنمائی **دکتر احمد غلامی** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی و ارزیابی مدیریت تلفیقی تغذیه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در استان مازندران (دشت ناز) در سال زراعی ۱۳۹۶ - ۱۳۹۵ بر روی رقم N-87-20 (احسان) در سه تکرار اجراء و توسط آزمون LSD بررسی گردید. فاکتور اصلی شامل دو سطح ۱- مصرف کودالی قبل از کاشت ۲- عدم مصرف کودآلی، فاکتور فرعی شامل ۹ تیمار۱- شاهد(بدون مصرف کود) ۲- مصرف فسفر برآساس آزمون خاک ۳- مصرف کود شیمیایی بر عرف زارع (اوره ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار، سوپر فسفات تریپل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار و ۳۰۰ کیلو گرم سولفات پتاسیم) ۴- تلقیح بذر با سودموناس فلورسنس (کود زیستی حل کننده فسفر خاک) ۵- تلقیح بذر + مصرف فسفر ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک ۶- تیمار ۵ + محلولپاشی با نیتروژن (نیترو ماک) ۷- تیمار ۵ + محلولپاشی با پتاس (پتاس ماک) ۸- تیمار ۵ + محلولپاشی با پتاس (پتاس ماک) و نیتروژن (نیترو ماک) ۹- تیمار ۵ + نیتروژن و پتاس و فسفر(بالانس ماک) بوده است.

نتایج نشان داد مصرف نیتروژن و کودآلی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر بیشتر صفات مورد بررسی داشته است. تلقیح بذر باکتری سودوموناس‌فلورسنس همراه با عوامل مدیریت تغذیه‌ای باعث افزایش صفات مورد مطالعه در مقایسه با کاربرد جداگانه کود سوپر فسفات تریپل گردید. بیشترین تعداد پنجه مربوط به تیمار مصرف کودالی + تلقیح بذر + مصرف کود فسفر بود و همچنین بیشترین میزان شاخص سطح برگ به ترتیب مربوط به تیمار ۸ و عدم مصرف کودالی و کود شیمیایی است. بیشترین میزان پتاس و فسفر برگ مربوط به تیمار ۹ می‌باشد. میزان عملکرد دانه در تیمار مدیریت تلفیقی با ۶۲ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد به میزان ۸۹۳۶ کیلوگرم در هکتار بوده است.

کلمات کلیدی: احسان، کود، بذر، صفات رویشی، باکتری همزیست، گرامینه.

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه وکلیات ۱

مقدمه: ----------۲

۱-۱- فیزیولوژی ----------۳

۱-۲- نیاز اکولوژی ----------۴

۱-۲-۱- شرایط اقلیمی مطلوب برای رشد و نمو گندم ----------۴

۱-۲-۲- عوامل محیطی و محدودیت رشد گندم ----------۵

۱-۲-۳- خاک ----------۶

۱-۲-۴-رطوبت ----------۶

۱-۲- ۵- دما ----------۷

۱-۲-۶- نور ----------۸

۱-۴- سطح زیرکشت و تولیدگندم در استان مازندران ---------- ۱۰

۱-۵- اهمیت اقتصادی گندم ---------- ۱۱

فصل دوم سابقه تحقیق ۱۳

۲-۱-کودهای آلی ---------- ۱۴

۲-۲- مشکلات و محدودیتهای استفاده از کودهای آلی ---------- ۱۴

۲-۳- کودهای زیستی ---------- ۱۵

۲-۳-۱-سودوموناس فلورسنت (*Pseudomonoas flouresence*) ---------- ۱۶

۲-۴- کودهای شیمیایی ---------- ۱۶

۲-۴-۱- نیتروژن(N) ---------- ۱۷

۲-۴-۱-۱-علایم کمبود ---------- ۲۰

۲-۴-۱-۲- نیتروژن در خاک ---------- ۲۲

۲-۴-۱-۳- نیتروژن درگیاه ---------- ۲۵

۲-۴-۲- فسفر (P) ---------- ۲۶

۲-۴-۳- پتاسیم (K) ---------- ۲۷

۲-۴-۱-۳- علایم کمبود ---------- ۲۸

۲-۴-۱-۴- سولفات پتاسیم ---------- ۲۹

۲-۵- تاثیرکودهای شیمیایی درچرخه غذایی ---------- ۲۹

۲-۶- کود زیستی ---------- ۳۱
۲-۶-۱- تاریخچه کودهای زیستی ---------- ۳۱
۲-۶-۲- ضرورت تولید و ترویج کودهای زیستی محرک رشد گیاه ---------- ۳۱
۲-۷- باکتریها ---------- ۳۲
۲-۷-۱- حرکت باکتری درخاک ---------- ۳۲
۲-۷-۲- اثر باکتری‌های افزاینده رشد بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاهان ---------- ۳۲
۲-۷-۳- باکتری‌های حل‌کننده فسفات و افزاینده رشد ---------- ۳۴
۲-۸- انواع کودهای زیستی ---------- ۳۶
۲-۸-۱- سودوموناس‌ها بهعنوان باکتری‌های محرک رشد ---------- ۳۷
۲-۸-۲- جایگاه کودهای زیستی فسفاته و ضرورت توسعه آن در کشاورزی ---------- ۳۷
۲-۹- میکروارگانیسم‌های خاکزی و نقش آنها در افزایش انحلال فسفر ---------- ۳۸
۲-۱۰- تاثیر همزیستی باکتریایی بر روی عناصر غذایی ---------- ۳۹
۲-۱۱- جذب عناصر غذایی ---------- ۳۹
۲-۱۲-تاثیر باکتری بر رشد و عملکرد گیاهان ---------- ۴۰
۲-۱۳- مکانیزم های تحریک رشد گیاه ---------- ۴۲
۲-۱۴- حلالیت فسفر ---------- ۴۳
۲-۱۵- تاثیر باکتری بر جذب عناصر غذایی ---------- ۴۳
۲-۱۶- اثرمیکرو ارگانیسم های محرک رشد بر روی جذب فسفر ---------- ۴۵
۲-۱۷- سازوکارهای احتمالی در این مورد بهصورت زیر مطرح هستند ---------- ۴۶

فصل سوم مواد و روش ها **٤٧**

۳-۱- روش انجام کار ---------- ۴۸
۳-۲- آزمون خاک ---------- ۵۰
۳-۳- عملیات کاشت و داشت ---------- ۵۰
۳-۴- عملیات برداشت ---------- ۵۱
۳-۵- تجزیه اندامهای گیاهی ---------- ۵۱
۳-۶- تجزیه و تحلیل آماری ---------- ۵۴

فصل چهارم نتایج و بحث **٥٥**

۴-۱- وزن هزار دانه (گرم) ---------- ۵۶
۴-۱-۲- ارتفاع بوته ---------- ۵۷
۴-۱-۳- تعداد سنبله ---------- ۵۹
۴-۱-۴- تعداد دانه در سنبله ---------- ۶۰

۴-۱-۵- عملکرد دانه ---------- ۶۲
۴-۱-۶- عملکرد زیستی ---------- ۶۴
۴-۱-۷- تعداد پنجه (بوته)----------۶۶
۴-۱-۸- شاخص سطح برگ ---------- ۶۸
۴-۱-۹- غلظت پتاسیم در برگ ---------- ۶۹
۴-۱-۱۰- غلظت فسفر در برگ ---------- ۷۱
۴-۱-۱۱- غلظت نیتروژن در برگ ---------- ۷۲
۴-۱-۱۲- فسفر باقیمانده در خاک ---------- ۷۳

منابع **۷۷**

فهرست جدول ها

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکو شیمیائی خاک محل آزمایش ----------۵۰
جدول پیوست ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد اندازه گیری تحت تأثیر سطوح مختلف کودآلی و مدیریت تغذیه ----------۷۵
جدول پیوست۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد اندازه گیری تحت تاثیر سطوح مختلف کودآلی و مدیریت تغذیه ----------۷۶

فهرست شکل ها

شکل۱-۱- میزان تولید گندم در کشورهای قاره آسیا در سال ۲۰۱۴(فائو، ۲۰۱۷) ---------- ۱۰
شکل ۴-۱- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر وزن هزار دانه گیاه گندم ---------- ۵۷
شکل ۴-۲- اثر متقابل سطوح کودآلی و شیمیایی بر ارتفاع بوته گیاه گندم---------- ۵۸
شکل ۴-۳- اثر سطوح مختلف کودآلی بر تعداد سنبله ---------- ۶۰
شکل ۴-۴- اثر سطوح مختلف کود شیمیایی بر تعداد سنبله---------- ۶۰
شکل ۴-۵- اثر متقابل سطوح کود آلی و کود شیمیایی بر تعداد دانه در سنبله ---------- ۶۲
شکل ۴-۶ - اثر متقابل سطوح کود آلی و شیمیایی بر عملکرد دانه ---------- ۶۴
شکل ۴- ۷- اثر متقابل سطوح کودآلی و شیمیایی بر عملکرد زیستی ---------- ۶۶
شکل ۴-۸- اثر سطوح کود آلی بر تعداد پنجه ---------- ۶۸
شکل ۴-۹- اثر سطوح کود شیمیایی بر تعداد پنجه ---------- ۶۸
شکل ۴-۱۰- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر شاخص سطح برگ ---------- ۶۹
شکل ۴-۱۱- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر غلظت پتاسیم در برگ ---------- ۷۰
شکل ۴-۱۲- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر غلظت فسفر در برگ ---------- ۷۲
شکل ۴-۱۳- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر غلظت نیتروژن در برگ---------- ۷۳
شکل ۴- ۱۴- اثر سطوح کود شیمیایی بر فسفرباقیمانده در خاک ---------- ۷۴

فصل اول

مقدمه وکلیات

مقدمه:

کشاورزی یکی از بخش‌های عمده و حیاتی ایران و جهان است که در برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی نقش بسیار حساسی را دارا می‌باشد (نصیری و همکاران، ۱۳۸۱). غلات به‌طور مستقیم و غیر مستقیم بیشترین اهمیت را در تغذیه انسان دارند و در این بین گندم مهم‌ترین نقش را ایفاء می‌کند (اکبری و همکاران، ۱۳۹۰).

در بین غلات، گندم (*Triticum aestivum L.*) بیشترین سطح زیر کشت در جهان را به‌خود اختصاص داده است. در ایران سطح زیر کشت این محصول در سال ۲۰۱۴ میلادی معادل ۷/۳ میلیون هکتار با میانگین عملکرد دانه ۱۴۵۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. این گیاه به‌عنوان مهم‌ترین منبع تأمین کالری (۱۸/۴درصد) و پروتئین (۲۰/۵ درصد) بیش از ۴/۵ میلیارد مردم ۹۴ کشور در حال توسعه را تامین می‌کند که در رژیم غذایی روزانه مردم ایران از اهمیت بالایی برخوردار است. در حال حاضر، تولید غلات جهان در سال ۲۰۱۶ میلادی ۲۵۲۱ میلیون تن است برابر ۷/۹ درصد تولید غلات و ۵/۳ درصد از کل گندم استحصالی ایران محسوب می‌شود و به بزرگترین و مهم‌ترین منبع غذایی بشر تبدیل شده است (فائو، ۲۰۱۷).

لائورو و همکاران، (۲۰۰۴) گندم در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کند و در حقیقت سازگارترین گونه غلات است. زمین‌های زیادی در سرتاسر جهان در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، به کشت آن اختصاص داده شده است، زیرا گندم غذای اصلی انسان است که به‌طور مستقیم مورد مصرف قرار می‌گیرد. به این ترتیب سطح کشت و تولید جهانی آن از سایر محصولات بیشتر است. گندم منبع اصلی کربوهیدرات غذای انسان را تشکیل داده و از لحاظ تهیه نان و ارزش نانوایی، آرد هیچ یک از غلات به پای آرد گندم نمی‌رسد. در ایران مانند بسیاری از کشورهای جهان، نان حاصله از گندم مهم‌ترین ماده غذایی روزانه مردم را تشکیل می‌دهد و نقش عمده‌ای در تأمین

انرژی و پروتئین مورد نیاز بدن به‌عهده دارد. نان گندم یکی از ضروری‌ترین مواد غذایی و قوت اصلی اکثریت مردم کشورمان را تشکیل می‌دهد. طبق آمار مختلف متوسط سهم مصرف نان در تامین انرژی مورد احتیاج انسان حدود ۴۰ درصد می‌باشد. به‌دلیل محتوای بسیار زیاد دانه از مواد پروتئینی و هیدرات کربن و نیز نسبت میان آنها که برای انسان بسیار عالی و مفید می‌باشد، امکان نگهداری دانه به‌مدت طولانی و حمل آنها به مسافت‌های خیلی زیاد بدون اینکه تغییراتی در آنها بوجود بیاید، میسر است و همچنین امکان کشت موفق آن در شرایط آب و هوای کاملا متفاوت (سرد و معتدل، خشک و گرم و...) و ارتفاعات خیلی بالا تا ۴۰۰۰ متری امکان پذیر است. در سال‌های اخیر محصول گندم به‌طور اساسی اضافه شده است، دلیل این‌کار استفاده از واریته‌ها یا ارقام پر محصول و اتخاذ روش‌های کشت جدید بوده است. ارزیابی وضعیت آینده غلات به‌ویژه گندم به‌دلیل اهمیت آن در تغذیه مردم جهان، توجه بسیاری از محققان و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی را به خود معطوف کرده است. برآورده‌ها نشان می‌دهند در مقیاس جهانی برای تأمین نیاز گندم تا سال ۲۰۲۰ میلادی، لازم است تولید این محصول نسبت به سال ۲۰۰۰ به میزان ۴۴ درصد افزایش یابد (بی نام، ۱۳۷۷. غلات در آئینه آمار مرکز آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی).

۱-۱- فیزیولوژی

گندم جزء غلات سردسیری می‌باشد و درجه حرارت مناسب برای جوانه‌زنی آن ۵-۱ درجه سانتی‌گراد است. در شرایط معمولی بذر گندم در مدت ۶-۴ روز جوانه می‌زند و ریشه‌چه اولین اندامی است که از پوسته بذر بیرون می‌آید. اولین قسمتی‌که در سطح خاک ظاهر می‌گردد برگ می باشد. وظیفه اصلی آن حفاظت از برگ‌های جوان رویشی در هنگام خروج از خاک می‌باشد و قدرت فتوسنتز در آن بسیار ضعیف است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۳). در مدت زمان کوتاهی بعد از خروج برگ از خاک اولین برگ حقیقی و سپس برگ‌های بعدی ظاهر می‌گردند. با بالارفتن درجه حرارت، مرحله‌ی ساقه‌روی از تشکیل اولین گره در قسمت پایین ساقه شروع و تا تشکیل غلاف در

قسمت فوقانی ادامه می‌یابد. طویل شدن ساقه با طویل شدن میان گره‌ها انجام می‌گیرد که با افزایش تعداد برگ همراه است (خدابنده، ۱۳۷۹). هر بوته‌ی گندم معمولاً دارای چندین ساقه است. نخستین ساقه‌ای که پس از کاشت بذر از خاک بیرون می‌آید، ساقه‌ی اصلی نامیده می‌شود و ساقه‌های فرعی که بعداً ظاهر می‌شوند را پنجه می‌نامند. نخستین پنجه هنگامی ظاهر می‌شود که ساقه‌ی اصلی دارای سه برگ کاملاً باز شده باشد. چند روز بعد از ظهور سنبله در گندم مرحله‌ی گلدهی فرا می رسد (امام، ۱۳۸۶). گلدهی گندم با باز شدن کلاله و آزاد شدن دانه‌های گرده از کیسه‌ی بساک پرچم‌ها همراه است. گلدهی از قسمت میانی محور اصلی سنبله شروع و به دو طرف بالا و پایین سنبله ادامه می‌یابد. در یک سنبله عمل باروری تقریباً پس از ۶ روز و در تمام سنبله‌های یک بوته بعد از ۱۰ روز به اتمام می‌رسد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۳).

۱-۲- نیاز اکولوژی

۱-۲-۱- شرایط اقلیمی مطلوب برای رشد و نمو گندم

گندم (*Triticum aectivum L.*) به‌دلیل ارزش غذایی و طیف نسبتا گسترده‌ی سازگاری به شرایط متفاوت آب و هوایی در مقایسه با سایر محصولات کشاورزی، در سطوح وسیع‌تری کشت می شود. زراعت گندم در اقلیم معتدل و خنک می باشد و از نظر جغرافیایی، بین ۳۰ و ۶۰ درجه عرض شمالی و ۲۷ تا ۴۰ درجه عرض جنوبی متمرکز شده است. گندم در مناطقی که میزان بارندگی بین ۲۵۰ تا ۱۷۵۰ میلی‌متر باشد قدرت رشد و تولید محصول را دارد. کشت گندم در ارتفاع از سطح دریا های آزاد تا ۴۵۷۰ بالاتر ثبت و گزارش شده است (مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، ۱۳۸۳). بهترین مناطق برای کشت گندم در خاک مناطق با میزان بالایی از هوموس، تهویه کافی و مواد کامل است (خسروی، ۱۹۹۷). این گیاه به مقدار زیاد و در سطح وسیعی از اراضی کشاورزی دنیا و حتی در نواحی خشک کشت گردیده و به اندازه کافی محصول تولید می‌کند. ارزش اقتصادی این محصول چه از نظر تولید و یا از نظر تغذیه، بیش از سایر محصولات کشاورزی دنیا می‌باشد، حتی در مناطقی که

به‌دلیل تغییرات شرایط اقلیمی و خشکی، امکان تولید هیچ نباتی نباشد، می‌توان گندم تولید کرد. در ایران نیز مهم‌ترین گیاه زراعی به‌شمار رفته و افزایش محصول آن مورد توجه بوده و از لحاظ تامین غذای اصلی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. کشت گندم در درجه اول به منظور تغذیه انسان و در جایگاه بعدی برای تغذیه دام و مصارف صنعتی است. گندم منبع اصلی غذای انسان بوده و با پائین رفتن سطح زندگی، میزان اتکاء به آن افزایش می‌یابد. اهمیت گندم بیشتر مربوط به خواص فیزیکی و شیمیایی موادی است که دانه آن‌را تشکیل می‌دهند. این خواص موجب تخمیر و یا ور آمدن خمیر می شود. از نظر پخت نان نیز، آرد گندم بر سایر غلات برتری دارد (خدابنده، ۱۳۹۱ و امام، ۱۳۸۲).

۱-۲-۲- عوامل محیطی و محدودیت رشد گندم

رشد و نموگندم، تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر درجه حرارت، درجه روز رشد، فراهمی آب، نور، طول روز و خواص فیزیکی و شیمیایی و حاصلخیزی خاک قرار گرفته و با محدود شدن آنها رشد و نمو گندم نیز محدود می‌گردد. اقلیم عبارتست از شرایط جوی یک منطقه در طول یک‌دوره بلند مدت. با توجه به این تعریف می‌توان گفت رشد گیاه مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی است که تحت تاثیر عوامل محیطی و به ویژه درجه حرارت قرار می‌گیرد. در بعد منطقه‌ای نیز دما عامل مهمی می‌باشد به‌طوری که پراکنش و رقم مناسب در هر منطقه در ارتباط با درجه حرارت، و عمدتا به وسیله عواملی مانند طول دوره‌ی عاری از یخبندان، حداقل درجه حرارت زمستان و طول روز در دوره‌ی رشد و حداکثر درجه حرارت بلافاصله قبل از برداشت تعیین می‌شود. برای رشد و نمو رضایت بخش دانه، فصل رشد سرد و مرطوب لازم است در حالی که برای رسیدن دانه یک دوره ۶ تا ۸ هفته‌ای با آسمان صاف و هوای گرم و خشک با متوسط درجه حرارت ۱۸ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد ضروری است. حرارت بالاتر از ۳۲ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد در هر زمان رشد را متوقف می‌کند. گندم در اوایل فصل کشت و ظهور جوانه‌ها و پنجه‌زدن نسبت به حرارت

بالا حساس است. همچنین حرارت‌های بالا در زمان انتقال از رویشی به زایشی، ساقه‌رفتن، ظهور سنبله و گرده‌افشانی به گیاه صدمه می‌زند (وهاب زاده و سعیدی، ۱۳۷۸).

۱-۲-۳- خاک

گندم می‌تواند در طیف وسیعی از شرایط خاک رشد کند، ولی به‌طور کلی خاک‌های مناسب برای زراعت آن، خاک‌های شنی‌لومی، لومی، رسی‌لومی، هوموسی، رسی آهکی و رسی عمیق با زهکشی خوب می‌باشند (کاظمی، حمداله. ۱۳۷۴؛ کوچکی، ۱۳۶۸). در شرایط آبی، نوسانات عملکرد گندم تا حد نسبتاً کمی تحت تأثیر بافت خاک قرار می‌گیرد، ولی در شرایط دیم، میزان عملکرد گندم اصولاً در خاک‌های ریز بافت بیشتر از خاک‌های درشت بافت است، زیرا ظرفیت نگهداری آب در خاک‌های ریز بافت بیشتر از خاک‌های درشت بافت می‌باشد. به‌علاوه، ذرات این نوع خاک‌ها با توجه به نیروی مکش نسبتاً زیادی که نسبت به آب دارند آب قابل مصرف را در سراسر دورهٔ رشد به‌تدریج در اختیار گندم قرار می‌دهند (سرووللی و همکاران، ۲۰۰۶؛ گدرولی و همکاران، ۱۹۹۱). خاک اسیدی برای زراعت گندم مناسب نیست و مطلوب‌ترین pH برای تولید گندم از ۷ تا ۸/۵ می‌باشد (آلیاری، ۱۳۷۹).

۱-۲-۴-رطوبت

گندم اصولاً زیاد به خشکی مقاوم نیست و می‌تواند دوره‌های طولانی خشکی را تحمل کند ولی این گیاه از طریق کاهش سلول‌های خود می‌تواند به خشکی سازگار شود. در نتیجه، ارتفاع ساقه کوتاه و اندازه برگ و روزنه‌ها کوچک می‌شود. این کاهش رشد، باعث کاهش سطح تعرّق می‌گردد و در نتیجه گیاه تا حدی از تأثیرات سوء کمبود رطوبت مصون می‌ماند (کارولی و همکاران، ۲۰۰۶؛ گلدستین و همکارانّ، ۱۹۹۱). در آب و هوای سرد به‌ویژه اگر دورهٔ رشد با بارندگی زیاد همراه باشد، دانه‌ها نرم گشته و دارای مقدار زیادی نشاسته و درصد کمی از پروتئین می‌شوند. آردی که از این گندم به‌دست می‌آید دارای کیفیت نانوایی خوبی نمی‌باشد و اصولاً برای تهیه کیک و شیرینی مورد استفاده قرار می‌گیرد (گیلک و همکاران، ۱۹۹۵). کمبود رطوبت در مرحلهٔ پنجه‌زنی، تعداد پنجهٔ هر

بوته و در نتیجه میزان عملکرد را کاهش می‌دهد. به همین ترتیب، کمبود رطوبت در مرحلهٔ تشکیل گل آذین از تعداد سنبلچه‌های هر سنبله و یا از تعداد گلچه‌های هر سنبلچه می‌کاهد. در مرحلهٔ گلدهی، کمبود رطوبت موجب عقیمی گرده می‌شود. به‌طورکلی، می‌توان گفت کمبود آب در هر یک از مراحل رشدی گیاه، میزان عملکرد را با کاهش تعداد دانه در هر سنبلچه و تشکیل دانه‌های لاغرتر تقلیل می‌دهد (تصاعدی و همکاران، ۱۳۷۶؛ ساک ماک و همکاران، ۲۰۰۶).

۱-۲- ۵- دما

گندم در مراحل مختلف رشد به مقادیر متفاوت دما نیاز داشته و به طورکلی در برابر سرما و گرما مقاومت نسب از خود نشان می‌دهد. بذر این گیاه هر گاه در شرایط مناسب رطوبت و اکسیژن قرار گیرد. در دمای ۳ تا ۴ درجهٔ سانتی‌گراد شروع به جوانه‌زدن می‌نماید. ولی در ابتدای رشد، به‌ویژه در ارقام پائیزه هرگاه دمای محیط به حدود ۴- تا ۵- درجه سانتی‌گراد تنزل نماید رشد گندم متوقف شده و به‌خواب می‌رود. در چنین شرایطی، هیچگونه فعالیت رشدی صورت نمی‌گیرد. در مناطق گرم، گندم با توجه به واریته قادر است گرمای ۵۰ تا ۵۵ درجهٔ سانتی‌گراد را تحمل نماید. با اینکه متوسط تحمل گندم در برابر سرما حدود ۱۰- تا ۱۷- درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد، ولی نژادهای پاییزهٔ مقاوم به سرما که در مناطق سرد کشت می‌شوند، می‌توانند سرمای تا ۳۵- درجهٔ سانتی‌گراد را نیز تحمل نمایند (ساروخانی و همکاران، ۱۳۷۹). بذر گندم در دمای ۴ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد جوانه می‌زند، ولی دمای بهینه ۲۲ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (کلوپر و همکاران، ۱۹۸۹). دمای محیط رشد در پنجه‌زدن گندم بسیار مؤثر است. دمای پایین‌تر در مرحلهٔ پنجه‌زنی تعداد پنجه‌ها را افزایش و دمای بالاتر از تعداد آنها می‌کاهد (کاک ماک و همکاران، ۲۰۰۶). ولی پنجه‌زنی در دمای ۱۰ تا ۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد بهتر انجام می‌گیرد (اگابردیوا و همکاران، ۲۰۰۲). دمای مطلوب برای گرده‌افشانی ۱۸ تا ۲۴ درجهٔ سانتی‌گراد بوده و حداقل و حداکثر آن به‌ترتیب ۱۰ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (کلوپر

و همکاران، ۱۹۸۹). از مرحلهٔ تشکیل سنبله تا رسیدن دانه نیز میانگین دما نباید کمتر از ۱۴ و بیشتر از ۲۴ درجه سانتی‌گراد باشد (ساروخانی و همکاران، ۱۳۷۹).

۱-۲-۶- نور

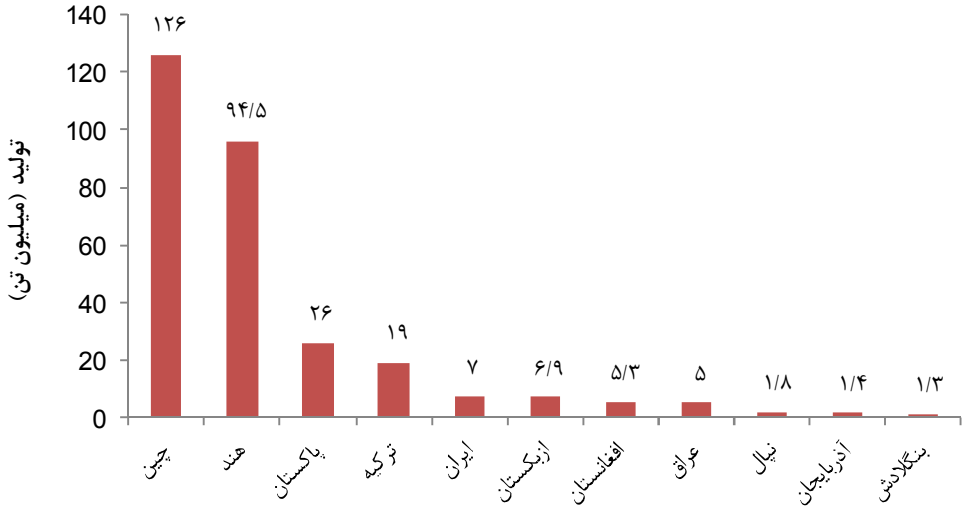
گندم طبیعتاً گیاهی روز بلند است، به‌طوری که روزهای بلند گلدهی آن‌را تسریع می‌کند. ولی، برخی از واریته‌ها ممکن است در روزهایی با طول ۸ ساعت نیز گل بدهند. روزهای کوتاه به افزایش رشد رویشی کمک کرده و موجب تأخیر در سنبله‌رفتن می‌شود. سرما نیز بخشی از اثر روزهای بلند را خنثی می‌کند. به‌طور کلی، گندم غالباً زمانی که در مراحل اولیهٔ رشد با دمای کم و در مراحل آخر رشد با دمای زیاد و روز بلند مواجه باشد، به‌سرعت گل داده و تولید دانه می‌کند (گیلک و همکاران، ۱۹۹۵). هر قدر طول روز بیشتر باشد، رشد و نمو گل آذین سریعتر انجام می‌گیرد و به احتمال زیاد تعداد گلچه‌های بارور افزایش پیدا می‌کند (کالپر و همکاران، ۱۹۸۹). شدت نور در رشد و نمو گندم مؤثر است، به‌طوری که شدت نور بالا می‌تواند طول دورهٔ کاشت تا برداشت را کوتاه‌تر نماید. تراکم زیاد بوته در واحد سطح موجب عدم پخش نور در لابه‌لای بوته‌ها شده و قسمت‌های پایین بوته‌ها به‌علت عدم استفاده از نور زرد می‌شود که نتیجهٔ آن خوابیدگی گیاه تحت تاثیر عوامل باد، باران، تگرگ و غیره می‌باشد (کائور و همکاران، ۱۹۸۰). در شدت‌های کم نور، تعداد پنجه‌های هر بوته محدود می‌شود و اگر شدت نور بیشتر باشد تعداد آن افزایش می‌یابد (سروولی و همکاران، ۲۰۰۶).

۱-۳- سطح زیرکشت و تولید گندم در جهان و ایران

سطح زیر کشت و تولید گندم در جهان از سایر غلات بیشتر است. این سطح جهان ۲۲۱/۵ میلیون هکتار با میانگین عملکرد ۳۲۱۰ کیلوگرم در هکتار بوده که در دوره زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ متوسط تولید گندم (گندم نان *T.aestivum* و گندم دروم *T.turgidum*) ۶۷۴ میلیون تن نسبت به ۲۰ سال گذشته افزایش ۲۴ درصدی داشته است. همچنین طبق آخرین آمار موجود در سال ۲۰۱۳ میزان تولید جهانی ۷۱۳ میلیون تن و مصرف معادل ۶۹۶ میلیون تن می‌باشد (فانو، ۲۰۱۳).

گندم عمدتاً بین ۳۰ تا ۶۰ درجهٔ عرض شمالی و ۲۵ تا ۴۰ درجهٔ عـرض جنـوبی در منـاطقی بـا بارندگی ۲۵۰ تا ۱۳۰۰ میلی‌متر در سال تولید می‌شود. ولی بیش از ۷۵ درصـد تولیـد آن در منـاطقی با بارندگی ۳۷۵ تا ۸۷۵ میلی‌متر و بیشتر در مناطق معتدل شمالی متمرکز است در دهـه‌هـای اخیـر، میزان تولید گندم در جهان افزایش چشم‌گیری داشته که بیشتر مربوط به افـزایش عملکـرد در واحـد سطح بوده است. (مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، ۱۳۸۳). سطح زیر کشـت گنـدم در ایـران ۷/۳ میلیون هکتار با میانگین عملکرد ۱۴۵۲ کیلوگرم در هکتار و میزان کل تولید گندم ۱۳/۵ میلیون تن بود. در حال حاضر چین با تولید ۱۲۶ میلیون تن بزرگترین کشور تولید کننده گندم در جهان بـه-شمار می‌رود (شکل.۱-۱) و کشورهایی هم‌چون، ایالات متحده امریکا، کانادا، فرانسه، اسـترالیا، روسـیه و... به‌عنوان صادر کنندگان عمده گندم و کشورهایی نظیر مصر، برزیل، اندونزی، الجزایر، ژاپـن و... بـه-عنوان وارد کنندگان عمده گندم به‌شمار می‌آیند (سازمان خوار و بار جهانی، ۲۰۱۷).

ایران از نظر سطح زیر کشت دارای رتبه ۱۰ و از نظرتولید رتبه ۱۵جهان را دارد (فائو، ۲۰۱۷). استان کردستان با ۵۸۶۱۱۱ هکتار بیشترین سطح زیر کشت (از بین ۳۲ استان کشور) و استان قم با ۹۱۰۰ هکتار کمترین سطح زیر کشت را دارد. همچنین بیشترین میزان تولید با ۱۲۷۶۶۴۰ تن به استان خوزستان و کمترین میزان تولید با ۱۲۷۱۵ تن به استان گیلان تعلق دارد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۵). گندم در سطح جهانی نزدیک به ۱۷ درصد زمین‌های زراعی را اشغال کرده است (امام، ۱۳۸۲). در سال ۲۰۱۰ میلادی کل سطح برداشت شده گندم در جهان ۲۱۶/۷۷ میلیون هکتار، میانگین عملکرد دانه ۳۰۰۵ کیلوگرم در هکتار و کل گندم تولید شده ۶۵۱/۴ میلیون تن بود (بیدادی و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۱-۱- میزان تولید گندم در کشورهای قاره آسیا در سال ۲۰۱۴(فائو، ۲۰۱۷)

۱-۴- سطح زیرکشت و تولیدگندم در استان مازندران

استان مازندران با سطح زیر کشت ۶۶۶۹۹ هکتار و میزان تولید ۲۱۰۴۱۱ تن، رتبه ۱۶ تولید گندم را نسبت به کشور، به‌خود اختصاص داده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۵).

از کل سطح زیر کشت گندم استان مازندران ۱۸/۵۴ درصد آن آبی و ۸۱/۴۶ درصد به‌صورت دیم می‌باشد. از جمع ۲۲ شهرستان استان، فقط ۱۴ شهرستان شامل بهشهر، نکاء، ساری، گلوگاه، میاندرود (محل اجرای تحقیق) جویبار، بابل، قائمشهر، بابلسر، نوشهر، نور، رامسر، سوادکوه و چالوس نسبت به کشت این محصول اقدام می‌نمایند که شهرستان بهشهر با سطح زیر کشت ۱۵۳۴۶ هکتار و میزان تولید ۴۰۶۶۷ تن بیشترین و شهرستان چالوس با سطح زیرکشت ۷ هکتار و میزان تولید ۱۵تن کمترین سطح زیر کشت و تولید را به‌خود اختصاص داده است. شایان ذکر است که ۷۱/۴۹ درصد گندم استان در شهرستآن‌های ساری، نکاء و بهشهر تولید و سهم سایر شهرستآن‌ها ۲۸/۵۱ درصد می-باشد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۵).

۱-۵- اهمیت اقتصادی گندم

مصرف سرانه گندم در ایران۱۶۵/۲ کیلوگرم در سال است که این نظر ایران در رتبه ششم جهان قرار گرفته است. آمار (فائو) نشان می‌دهد، در سطح جهان تونس بالاترین مصرف سرانه گندم را به‌خود اختصاص داده است، به‌طوری که هر تونسی طی یک سال ۲۱۶ کیلوگرم گندم مصرف می-کند. پس از این کشور، الجزایر با ۲۱۰ کیلوگرم در رتبه دوم و ترکیه با مصرف ۱۹۸ کیلوگرم در رتبه سوم جای گرفته اند. سرانه مصرف گندم در مصر نیز ۱۸۵ کیلوگرم و در مراکش ۱۹۱ کیلوگرم اعلام شده است. میزان سرانه مصرف گندم در ایران بیش از دو برابر متوسط جهانی است. سرانه مصرف گندم حدود ۶۷/۱ کیلوگرم در سال است و این رقم برای کشورهای در حال توسعه ۶۰/۱ در سال است و این رقم برای کشورهای دیگر به این شرح است: چین ۶۴/۹ کیلوگرم، عربستان ۹۸/۳ کیلوگرم، کانادا ۷۹/۷ کیلوگرم، آمریکا ۸۰/۵ کیلوگرم، اتحادیه اروپا ۱۱۰ کیلوگرم و استرالیا ۸۲/۷ کیلوگرم است (فائو، ۱۳۹۴). در راستای افزایش تولید در واحد سطح، در کنار استفاده از ارقام پر محصول، اعمال سایر عملیات به‌زراعی خصوصاً مدیریت بهینه کود و آب، نیز از ضروریات می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۸۳). کشت‌های پی‌درپی و نا منظم باعث شده که مواد غذایی در خاک‌های کشاورزی جهان کاهش یابد (احمدیان و همکاران، ۲۰۰۶). بهبود حاصلخیزی خاک یکی از استراتژی‌های مهم در افزایش محصولات است (کاستاگنو و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش عملکرد غلات عمدتاً ناشی از بکارگیری فناوری‌های جدید در رابطه با به‌نژادی و عملیات به‌زراعی و به‌خصوص مصرف بهینه کودهای شیمیایی، آبیاری و استفاده از آفت‌کش‌ها بوده است. در نیم قرن آینده تولید مواد غذایی برای تغذیه جمعیت روز افزون جهان بسیار دشوارتر از نیم قرن گذشته خواهد بود. طی نیمه دوم قرن بیستم کشاورزان جهان تولید غلات را تقریباً سه برابر افزایش دادند. هدف، کشاورزان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه به‌طور فراوان از کودهای شیمیایی، سموم و آفت‌کش‌ها استفاده می‌نمایند که نتیجه مصرف آنها مسمومیّت انسان، دام و آبزیان می‌باشد. مجموعه این مسائل، ضرورت تجدید

نظر در روش‌های افزایش تولید محصول و لزوم فراهم سازی شرایط برای استفاده بیشتر از فرآیندهای مفید طبیعی و کاربرد کودهای زیستی را ایجاب می‌کند. کودهای زیستی بیشتر به‌صورت مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت انبوه از یک یا چند نوع ریزجاندار مفید خاکزی و یا فرآورده‌های متابولیکی آنها می‌باشند که به‌منظور فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان استفاده می‌شوند (احمد و همکاران، ۲۰۱۴).

فصل دوم

سابقه تحقیق

۲-۱-کودهای آلی

کودهای آلی فرآورده‌ی جانبی به دست آمده از فرآوری ماده‌های جانوری و گیاهی که دارای مقدار کافی عناصر غذایی است و ارزش کود دارد. که منشاء شیمیایی صنعتی نداشته باشند. این منابع شامل کودهای دامی، پسماندهای آلی (آب و لجن فاضلاب) انواع کمپوست‌ها، بقایای گیاهی، کود سبز، مواد زائد هستند کودها و موادآلی علاوه بر نقشی که در تغذیه گیاه زراعی و حاصلخیزی خاک دارند ساختمان و کیفیت خاک را بهبود می بخشند که گاه اهمیت آنها در بهبود و ویژگی‌های ساختمانی خاک مهم تر از اثرات آنها در تامین نیازهای غذایی گیاه زراعی است (اصول کشاورزی زیستی، ۱۳۸۴). در مناطق فقیر و در کشورهایی که یارآنه‌ای برای کود شیمیایی در اختیار کشاورزان قرار ندارد، انگیزه‌های زیادی برای مصرف کودهای آلی وجود دارد. به اعتقاد اودراگو و همکاران، (۲۰۰۱) در این حالت، عواملی که در پذیرش کود دامی توسط کشاورزان نقش دارند عبارتند از: فقر مواد غذایی خاک، قیمت بالا و عدم دسترسی به کود شیمیایی، کاهش عملکرد محصولات زراعی، ناتوانی در باز پرداخت وام خرید کود شیمیایی، مشاهده نتایج مثبت کاربرد کود دامی در مزارع دیگران.

۲-۲- مشکلات و محدودیت‌های استفاده از کودهای آلی

آلودگی‌های زیست محیطی، به‌علت وجود عوامل بیماری‌زا و تجمع فلزات سنگین در آنهاست. به گزارش آدک و همکاران، (۲۰۰۵) در سال ۲۰۰۰ در حدود ۱/۳۴ میلیون نفر بیمار ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده در انگلستان و ولز گزارش شده است. که مهم‌ترین عوامل ایجاد کننده‌ی این بیماری‌ها، باکتری‌ها به‌ویژه *Escherichia coli*، *Salmonella*، *Campylobacter* و *Listeria* هستند. مهم‌ترین‌های منبع ورود این باکتری‌ها به زنجیره غذایی انسان، کودهای آلی است که در زمین‌های کشاورزی مصرف می‌شوند. به همین دلیل از سال ۱۹۹۹ کاربرد کودهای آلی به‌شکل خام و تیمار

نشده در بریتانیا ممنوع شده است. این باکتری‌ها بین ۳ تا ۶ ماه در کود دامی به‌شکل فعال و زنده باقی می-مانند، بنابر این نباید از آنها بلافاصله در مزرعه استفاده کرد (پروولو، ۲۰۰۵). افیونی و همکاران، ۱۹۹۱) نشان دادند که استفاده از لجن فاضلاب به‌عنوان کودآلی باعث غلظت مس، روی و سرب در خاک و اندام‌های گیاهی شد.

۲-۳- کودهای زیستی

کود زیستی مادهای جامد، مایع یا نیمه جامد که حاوی تعداد مکفی از یک یا چند موجود زنده-ی مفید خاکزی بوده و قادر است به نحوی در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مؤثر باشد مانند ریزجاندران تثبت کننده و حل‌کننده نیتروژن و فسفر و پسماندهای آلی (آب و لجن فاضلاب) هستند. کودها و موادآلی علاوه بر نقشی که در تغذیه گیاه زراعی و حاصلخیزی خاک دارند، ساختمان و کیفیت خاک را نیز بهبود می‌بخشند که گاه اهمیت آنها در بهبود ویژگی‌های ساختمانی خاک، مهم تر از اثرات آنها در تامین نیازهای غذایی گیاه زراعی است (ساردویی، ۱۳۷۷؛ کلباسی و گندمکار، ۱۳۷۶). کودهای زیستی یا بیولوژیک به مواد حاصلخیز کننده‌ای گفته می‌شود که حاوی تعداد کافی از یک یا چند گونه از ریزجانداران مفید خاک‌زی و یا فراورده‌های متابولیک آنها است که روی مواد نگه دارنده مناسبی به‌منظور تامین عناصر غذایی گیاه عرضه می‌شوند (تیلاک، ۱۹۸۲). مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، و هزینه‌های تولید و مصرف آنها و اثرات سویی که بر چرخه‌های زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارند از علل رویکرد به‌کاربرد کودهای زیستی است (تیلاک، ۲۰۰۲). بیش از یک قرن است که باکتری‌هایی که رشد گیاه و تولید آن را افزایش می-دهند شناخته شده‌اند. مایه تلقیح گونه‌های خاصی از این ریزجانداران در برخی از کشورهای جهان به-طور رایج استفاده می‌شود (احمدزاده، ۱۳۷۹). استفاده از باکتری‌های مناسب برای بهبود رشد گیاه و کاهش آلودگی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و افت کش‌ها در بسیاری از مناطق دنیا مرسوم است (بارتل، ۱۹۹۷؛ گلیک، ۱۳۷۴). گونه‌های سودوموناس فلورسنت یکی از ترکیبات مهم جمعیت‌های

باکتریایی ریزسفر است (بنیزری و همکاران، ۲۰۰۱). چندین مطالعه روی جمعیت باکتریایی محیط ریشه‌ای گیاهان نشان داده که سودوموناس‌های فلورسنت گروه مهمی از ریزباکتری‌ها را تشکیل می-دهند (ولاساک و همکاران، ۱۹۹۲).

۲-۳-۱-سودوموناس فلورسنت (*Pseudomonoas flouresence*)

گروه مهمی از سودوموناس‌ها مانند گونه های سودوموناس‌فلورسنت، سودوموناس پوتیدا و سودوموناس ائروژینوزا خاصیت فلورسنتی دارند. وجه تمایز سودوموناس‌های فلورسنت از سایر سودوموناس‌ها، تولید، پیگمانی است که در برابر نور طول موج کوتاه فرابنفش (۲۵۴ نانومتر) بویژه در شرایط کمبود آهن خاصیت فلورسنتی دارند. سودوموناس‌های فلورسنت برای تلقیح بذر و ریشه محصولات سیب زمینی (*Solanu tuberosum L.*)، چغندرقند (*Beta vulgaaris L.*)، گندم (*Tritcum aestivum L.*) و برخی دیگر از محصولات استفاده شده (دولینگ و اگارا، ۱۹۹۴؛ والر و کوک، ۱۹۸۶). ولاساک و همکاران (۱۹۹۲) گزارش نمودند که تلقیح بذر گندم با *P.fluorescence* موجب افزایش رشد گیاهچه شده آنها نشان دادند که از ۶۴ سویه سودوموناس فلورسنت مورد آزمایش، ۱۷سویه موجب افزایش رشد در گیاهچه‌های گندم شد (دولینگ واگارا، ۱۹۹۴). فریتاس و جرمیدا، (۱۹۹۲) نشان دادند که در شرایط گلخانه‌ای برخی سودوموناس‌ها رشد گندم زمستانه را افزایش می‌دهند. والر و کوک، (۱۹۸۶) نیز افزایش در ارتفاع بوته، تعداد پنجه‌ها و عملکرد دانه گندم تلقیح شده با سودوموناس‌های فلورسنت را گزارش کردند.

۲-۴- کودهای شیمیایی

برخورد منطقی با علم تغذیه گیاهی بیش از یک قرن قدمت دارد. یافته‌های اولیه نشان داد که گیاهان برای رشد و عملکرد مطلوب نیاز به ۱۶ عنصر در حد مناسب دارند. فقدان هر یک از عناصر غذایی به تنهایی موجب توقف رشد گیاه می‌گردد و برای عملکرد مطلوب نه تنها مقدار، بلکه نسبت

بین مقادیر این عناصر حائز اهمیت است با مصرف صحیح کودهای شیمیایی و بکارگیری سایر عوامل موثر متوسط عملکرد محصولات در واحد سطح در کشورهای توسعه یافته هر بیست سال دو برابر شده است. اما در کشور ایران در سال‌های اخیر مصرف کودهای شیمیایی بر پایه و اساس علمی استوار گردیده است و توجه به نیازهای واقعی گیاهان از کودهای آلی و نیتروژن، فسفات آمونیوم سوپر فسفات تریپل و پتاسه و ریز مغذی‌ها به‌صورت محلولپاشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به روند روبه رشد و تنوع کودی در کشور و بهینه سازی مصرف انواع کودها، آشنایی با خصوصیات و ویژگی-های کودهای جدید امری ضروری است (وزارت جهاد کشاورزی ایران، ۲۰۰۴)

۲-۴-۱- نیتروژن(N)

از مهم‌ترین کودهایی که در زراعت گندم استفاده می‌شود، کود نیتروژن است. این کود با ۴۶ درصد نیتروژن ارزان‌ترین و پر مصرف‌ترین کود دنیاست. نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی پر مصرف می‌باشد که در ساختمان مولکول‌های پروتئینی گوناگون، آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سیتوکروم‌ها نقش دارد (هاسجاوا و همکاران، ۲۰۰۸). نیتروژن علاوه بر ایفاء نقش در تشکیل پروتئین-ها، یک جزء لازم مولکول کلروفیل هم هست. عرضه کافی نیتروژن با رشد رویشی زیاد و رنگ سبز تیره ارتباط دارد. نیتروژن جزء سازنده مولکول‌های کلروفیل بوده و بنابراین نقش مهمی در فتوسنتز ایفاء می‌کند (فاگریا ، ۲۰۰۹). نیتروژن پر مصرف‌ترین عنصر غذایی در تغذیه گیاهان می‌باشد و میزان دسترسی گیاهان زراعی به آن از عوامل مهم تعیین کننده تولیدات کشاورزی است. میزان کود نیتروژن مورد نیاز برای نیل به عملکردهای بهینه، با توجه به نوع گیاه، ظرفیت بالقوه تولید محصول، توانایی خاک در تأمین نیتروژن، شرایط آب و هوایی و شرایط زراعی مشخص می‌گردد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). نیتروژن در خاک کاملا متحرک است بنابر این علائم کمبود آن در برگ‌های پیر مشاهده می‌شود (حسندخت، ۱۳۸۶). این عنصر در تولید پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و کوآنزیم‌ها نقش اساسی دارد و در تولید پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و کوآنزیم‌ها نقش اساسی دارد (بارکر و

پیلبام، ۲۰۰۷). وجود مقادیر فراوان نیتروژن قابل استفاده در خاک در مراحل اولیه‌ی رشد گیاه باعث افزایش رشد و در نتیجه بالغ شدن سریع گیاه می‌گردد، لکن در صورتی که در تمامی دوره رشد گیاه فراوان باشد اغلب منجر به طولانی شدن فصل رشد می‌گردد. اثر متقابل نیتروژن قابل دسترس و دیگر عوامل مؤثر در رشد اهمیت زیادی در استفاده از نیتروژن توسط گیاه دارد. مصرف کود، زمانی عملکرد دلخواه را به‌دنبال خواهد داشت که سایر عوامل مؤثر در رشد، عامل محدود کننده نباشند. میزان آب قابل دسترس از جمله عوامل مهم تأثیر گذار بر کارآیی مصرف نیتروژن است. میزان نیتروژن قابل دسترس برای گیاه تحت تأثیر مقدار آب خاک و نیتروژن خاک دارد (استیر و همکاران، ۱۹۹۰). نیاز گیاهان به این عنصر در مراحل اولیه‌ی رشد بسیار زیاد است و با افزایش سن گیاه، کاهش می‌یابد (بنتوجونز، ۱۹۹۶). نیتروژن به‌صورت یون‌های آمونیوم و نیترات توسط ریشه‌ها جذب می‌شود (فاگریا، ۲۰۰۹). نیتروژن جذب شده توسط گیاه به‌صورت آمید در می‌آید و آمید با اسید ترکیب شده و تولید اسید آمینه می‌کند (حسندخت، ۱۳۸۶). نیتروژن مانند سایر عناصر توسط آوندهای چوب به برگ‌ها منتقل و در آنجا از طریق یک واکنش متابولیکی به ترکیبات آلی (آمینو اسید ها) تبدیل شده و در نهایت این ترکیبات از طریق آوندهای آبکش در سایر بخش‌های گیاه توزیع می‌گردند (مرکریو، ۲۰۰۷). زمان کاربرد کود در خاک به اقلیم، عناصر غذایی و گیاه بستگی دارد (تیسدل و نلسون، ۱۹۷۴). در ایران کودهای نیتروژنه عمدتاً قبل از کشت به‌خاک داده می‌شود، به‌دلیل پویایی کود نیتروژنه و رشد محدود ریشه در اوایل فصل رشد، گیاه قادر به استفاده از این مقدار نیتروژن نبوده و این عمل باعث افت بازدهی کودی و آلودگی محیط زیست می‌شود (ملکوتی، ۱۳۷۹). یکی از راه‌های کاهش مصرف کودهای نیتروژنه، اندازه‌گیری نیترات پای بوته است بدین معنی که قبل از کاشت کود نیتروژنه مصرف ننموده و پس از حدود یک‌ماه از زمان کاشت، از طریق اندازه‌گیری نیترات پای بوته، نسبت به رفع نیاز کود نیتروژنه محصولات زراعی به‌صورت تقسیط اقدام می‌شود. هدف اصلی از اعمال این روش کاهش مصرف کودهای نیتروژنه از طریق تعیین حد بحرانی نیترات پای بوته و افزایش راندمان کودهای نیتروژنه از طریق تصحیح زمان مصرف کودهای نیتروژنه(بدون آن که افتی در

عملکرد و کیفیت محصول مطرح شود) می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۷۵). در آزمایش باتگن و التری (۱۹۸۹) شرایط آب و هوایی سال‌های مختلف روی جذب نیتروژن توسط گندم تاثیر داشت. تفاوت در نیتروژن باقی‌مانده در خاک و درجه حرارت در اوایل بهار تعیین کننده مقدار و الگوی جذب نیتروژن توسط قسمت‌های مختلف گیاه است. در آزمایش آنها همچنین سطح بحرانی غلظت نیتروژن گیاه ۳۹/۵ گرم در کیلوگرم خاک در مرحله رشد ۳۰ زادوکس بود. واگن و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که تجزیه بافت گیاه می‌تواند یک روش تشخیص موثر برای تعیین کفایت یا کمبود نیتروژن در مراحل اولیه رشد گندم زمستانه سخت قرمز باشد. مرحله رشد در اواخر پنجه‌زنی و در اوایل ساقه‌رفتن بهترین مراحل برای نمونه برداری از گیاه است. آنها سطح بحرانی غلظت نیتروژن ۳۲ گرم نیتروژن در کل گیاه و ۳۸ گرم نیتروژن برای برگ‌ها را در مرحله رشدی پنجه‌زنی و سطح بحرانی غلظت نیتروژن ۲۷ گرم نیتروژن در کل گیاه و ۳۵ گرم نیتروژن برای برگ‌ها را برای مرحله رشدی اوایل ساقه رفتن بدست آوردند. در آزمایش روت و همکاران، (۱۹۸۹) سه روش تست نیتروژن بافت گیاه (غلظت نیترات ساقه، غلظت نیتروژن کجلدال کل گیاه و نیتروژن جذب شده توسط گیاه) در مراحل رشدی از ۲-۳ برگی تا قبل از ساقه‌رفتن، را مورد ارزیابی قرار دادند. آنها مشاهده کردند که غلظت نیتروژن کل گیاه در برابر عملکرد نسبی کمترین تغییرات را دارد و روش مناسبی برای توصیه کودی در شرایط پنسیلوانیا است. غلظت کل گیاه برای تولید ۹۰ درصد از حداکثر عملکرد دانه گندم بترتیب ۳۹، ۳۵، ۲۶/۵ گرم نیتروژن برای مراحل رشدی ۴ برگی تا ۶ برگی بدست آمد. در آزمایش بلیدو و همکاران، (۲۰۰۶) روش تقسیط نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار برای مراحل کاشت، پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن در شرایط دیم مدیترانه ای بر روی گندم دوروم ارزیابی شده و آنها مشاهده کردند که متوسط نیتروژن برداشت شده تغییراتی بین ۱۲/۷ درصد وقتی در زمان کاشت به‌کار رفت تا ۴۱/۶ درصد زمانی بترتیب در مراحل زمان کاشت و زمان ساقه رفتن داشت. آنها توصیه کردند که کود نیتروژن را باید به‌صورت سرک و بین مرحله پنجه‌زنی تا ساقه‌رفتن به منظور ارتقاء کارایی استفاده از نیتروژن و کاهش هدر روی از طریق شستشو و رواناب سطحی استفاده کرد. فیضی اصل و ولیزاده، (۱۳۸۳) در بررسی تاثیر

زمان و میزان مصرف نیتروژن روی گندم گزارش کردند که در تمامی سال‌های آزمایش (۷۵ تا ۱۳۷۱) کاربرد کل نیتروژن در پائیز به میزان ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد. با افزایش بارندگی در سال زراعی و فصول مختلف، افزایش عملکرد در تیمار مذکور در مقایسه با حالت‌های مختلف تقسیط کود نیتروژن، به‌صورت تصاعدی افزایش یافت و کاربرد کود نیتروژن به‌صورت سرک شاخص برداشت را پائین آورد. آنها مصرف سرک کود نیتروژن را به‌دلیل افزایش یافتن تصعید آن به‌صورت آمونیاک، نبودن زمان کافی جهت جذب توسط گیاه در مراحل اولیه رشد، نبودن زمان کافی برای تبدیل شدن آن به نیترات را دلایل کاهش یافتن عملکرد دانستند.

۲-۴-۱-۱-علایم کمبود

کمبود نیتروژن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک به‌علت بارندگی اندک، دمای زیاد، عدم تناوب زراعی مناسب، پوشش گیاهی ناچیز و مصرف کم کودهای آلی به‌وقوع می‌پیوندد. در شرایط کمبود نیتروژن، رشد بوته در ذرت متوقف و رنگ برگ‌ها زرد می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۳). نیتروژن عملکرد دانه ذرت را از طریق کاهش تعداد و وزن دانه‌ها تحت تاثیر قرار می‌دهد. اولین نشانه کمبود نیتروژن به‌صورت زرد شدن برگ‌ها یا رنگ پریدگی (کلروز) به‌ویژه در برگ‌های پیر در پایین گیاه مشاهده می‌شود (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۴). در شرایط کمبود شدید نیتروژن، این گونه برگ‌ها به‌طورکامل زرد و سپس از گیاه جدا می‌شوند. برگ‌های جوان‌تر در ابتدا علائم کمبود را نشان نمی‌دهند، زیرا نیتروژن از برگ‌های پیرتر به‌طرف آنها منتقل می‌شود. کمبود نیتروژن در گیاه می‌تواند منجر به باریک شدن و اغلب چوبی شدن ساقه شود. این چوبی شدن ممکن است ناشی از ساخت بیش از حد کربوهیدرات‌ها باشد. زیرا این مواد دیگر نمی‌توانند در ساخت اسیدهای آمینه یا سایر ترکیبات نیتروژن مورد استفاده قرار گیرند (کافی و همکاران، ۲۰۰۲). مقادیرکم موادآلی در خاک‌های این نواحی باعث شده که نیتروژن موجود در خاک، به‌ندرت بتواند نیاز محصول را تأمین نماید (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۴). لذا، با توجه به اهمیت تغذیه نیتروژنی مناسب و کم بودن ذخایر قابل

دسترس آن در خاک، جهت حصول عملکرد بهینه، کاربرد کودهای نیتروژن‌دار در غالب موارد اجتناب ناپذیر است. از طرف دیگر، مصرف بیش از نیاز نیتروژن از طریق طولانی‌تر کردن دوره رشد رسیدن محصول را به تأخیر انداخته و هم چنین سبب رشد بیش از حد ساقه و کاهش قطر آن شده و خطر خوابیدگی بوته را افزایش می‌دهد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۹). هم‌چنین مصرف بیش از حد توصیه شده کودهای نیتروژنه علاوه بر این که افزایش عملکرد را به‌همراه ندارد، موجب آلودگی آب‌های زیر زمینی نیز می‌شوند، چنانچه در حال حاضر آبشویی نیترات از زمین‌های زراعی، مهم‌ترین عامل آلودگی آب‌های زیر زمینی است و در مناطق کشاورزی جهان میزان نیتروژن نیتراته در آب‌های زیر زمینی که به‌عنوان منبع آب آشامیدنی مورد بهره برداری قرار می‌گیرند بیش از حد مجاز می‌باشد (بهاتنگار و همکاران، ۱۳۹۰). مشکل اصلی در مصرف این کود در ایران میزان بالا تلفات پس از مصرف است. در مرحله اول به‌علت حلالیت زیاد (۱۰۸۰ گرم در هر لیتر آب در۲۰ درجه سانتی‌گراد) سریعاً شسته و در زراعت برنج بخش قابل توجهی از دسترس گیاه خارج می‌گردد. چنانچه این کود در سطح خاک پاشیده شود در طول یک یا دو روز توسط واکنش انزیمی اوره–آز تبدیل به کربنات آمونیوم می-شود که بسیار ناپایدار است و در شرایط قلیایی بودن خاک و گرمی و خشکی هوا بخش عمده‌ای از نیتروژن به‌صورت آمونیاک متصاعد می‌گردد. استفاده صحیح و به‌موقع آن در افزایش تولید اقتصادی گندم و حفظ محیط زیست در مقابل آلودگی زیست محیطی مهم است. مصرف زیاد آن می‌تواند باعث افزایش خوابیدگی گندم و حساسیت بیشتر به بیماری‌ها و در نتیجه کاهش در عملکرد دانه گردد. در زمان استقرار اولیه، گندم نیاز زیادی به نیتروژن نداشته و مصرف زیاد آن می‌تواند باعث هدر روی آن گردد. مصرف نیتروژن در مرحله پنجه‌زنی نیز در حالتی که سطح مزرعه به‌خوبی سبز نشده باشد و تعداد کافی بوته در واحد سطح نباشد از طریق افزایش پنجه‌زنی مفید خواهد بود. مصرف نیتروژن در زمان رشد سریع گندم به‌دلیل جذب زیاد آن کمتر هدر خواهد رفت و اقتصادی خواهد بود. بنابر این مصرف نیتروژن به‌مقدار کافی و در زمان مناسب باعث افزایش در عملکرد دانه گندم خواهد شد. لذا جا دارد تا بین نسبت‌ها و زمآن‌های تقسیط نیتروژن، به‌خصوص روش کاربرد آن کود به‌صورت سرک

تناسبی بر قرار باشد، این الگو در سال‌های اخیر در مناطقی از آمریکا رواج دارد (ملکوتی، ۱۳۷۹). نیتروژن، مهمترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاهان به شمار می‌آید و اثر عمدهٔ آن در کنترل رشد است. به‌علاوه، در سنتز اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک دخالت مستقیم دارد. نیتروژن به شکل‌یون‌های آمونیم و نیترات جذب گیاه شده و بعد به ترکیبات نیتروژن‌دار دیگر تبدیل می‌شود (دوبیلایر و همکاران، ۲۰۰۲). نیتروژن موجبات شادابی، رنگ سبز طبیعی، نمو سریع گیاه، افزایش رشد ساقه‌ها و برگ‌ها را فراهم آورده و مقدار محصول و درصد پروتئین دانهٔ گندم را بالا می‌برد. برای بالا بردن بازده مصرف نیتروژن بهتر است آن را در۲ یا ۳ نوبت به‌خاک اضافه کرد، زیرا احتیاج گندم در مرحلهٔ پنجه‌زدن، ساقه‌رفتن و تشکیل گل‌آذین زیادتر از سایر مراحل رشد می‌باشد. بر اثر کمبود این عنصر در خاک، ابتدا رنگ برگ‌های گندم سبز مایل به‌زرد و حتی زرد شده و اندام‌های گیاه باریک می‌گردند، رنگ ساقه سبز روشن و برگ‌ها به‌تدریج از نوک به‌طرف قاعده خشک شده و سرانجام دانه‌ها کوچک و چروکیده باقی می‌مانند. به‌علاوه، رشد طولی ساقه‌ها کم می‌شود. هرگاه در مرحلهٔ تولید پنجه نیتروژن کافی در اختیار گیاه نباشد، پنجه به‌خوبی تشکیل نمی‌شود. مصرف بیش از حد نیتروژن در گندم، زردی و سوختگی نوک برگ‌ها، نمو غیر طبیعی در موقع جوانی، خوابیدگی بوته، کم شدن مقاومت در برابر سرما و بیماری‌ها و آفات، دیررسی دانه‌ها، چروکیدگی دانه‌ها و کاهش کیفیت محصول را باعث می‌گردد (تصاعدی وکیانی‌راد، ۱۳۷۶). مصرف نیتروژن در گندم برای پنجه‌زنی مهم تلقی می‌شود و موجب افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن دانه‌ها می‌گردد (ولچ و همکاران، ۱۹۹۱).

۲-۴-۱-۲- نیتروژن در خاک

مقدار نیتروژن خاک تابع عوامل مختلف از جمله آب و هوا، نوع پوشش گیاهی و فعالیت موجودات زنده می‌باشد. عوامل رطوبت و دما به‌صورت نمایی بر افزایش یا کاهش مقدار نیتروژن در لایهٔ سطحی خاک تأثیر می‌گذارند. بنابر این، خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک از نظر نیتروژن فقیر می‌باشند. زیرا که در این مناطق مقدار موادآلی که عمده‌ترین منبع ذخیرهٔ غذایی محسوب می-

شود، ناچیز می‌باشد. نیتروژن در خاک بدو صورت، معدنی و آلی یافت می‌شود. گرچه نیتروژن به‌صورت گاز N_2 در محیط خاک وجود دارد؛ لکن، چون به‌طور مستقیم قابل استفاده برای گیاهان نمی‌باشد، بنابر این در حاصلخیزی خاک و تأمین نیازهای غذایی گیاه از اهمیت چندانی برخوردار نیست. نیتروژن معدنی به‌صورت‌های اکسید نیترو NO_2، اکسید نیتریک NO_2، دی اکسید نیتروژن NO_2، آمونیاک NH_3، آمونیوم NH_4^+، نیتریت NO_2^- و نیترات NO_3^- در خاک یافت می‌شود. چهار ترکیب اول به‌صورت گازی بوده و در زندگی گیاه مؤثر نمی‌باشند، ولی ترکیب‌های NO_3^- و NH_4^+ از نظر تغذیهٔ گیاه دارای اهمیت هستند. آمونیوم، معمولاً به صورت یونی و به‌شکل قابل تبادل و تثبیت شده در سطح کانی‌های رس و به مقدارکم در محلول خاک یافت می‌شود. جمع کل آمونیوم، نیتریت و نیترات از ۲ درصد کل نیتروژن موجود در خاک تجاوز نمی‌کند. بیش از ۹۵ درصد نیتروژن خاک به‌شکل آلی است.۲۰ تا ۴۰ درصد از این مقدار به‌صورت ترکیبات پروتئین (مشتقات اسیدهای آمینه) و ۵ تا۱۰ درصد به‌صورت قندهای آمینه و ترکیبات گلوکز بوده و بقیه که هنوز چندان شناخته نشده‌اند در قالب ترکیبات لیگنینی و آمونیومی همراه با مواد کربنی یافت می‌شوند. فرض کلی بر این است که قسمت عمدهٔ اسیدهای آمینه خاک به‌صورت پروتئین و پپتید می‌باشد. به هر حال، نیتروژن آلی به هر شکلی که در خاک موجود باشد می‌تواند به کمک میکروارگانیزم‌ها مقدار قابل توجهی نیتروژن را برای رشد و نموگیاه عرضه کند. به عبارت دیگر، موادآلی به منزلهٔ ذخیره و انبار برای این عنصرحیاتی گیاه به‌شمار می‌آید. نیتروژن عمدتاً به‌صورت نیترات و درشرایط احیایی نیز به‌شکل آمونیوم جذب گیاه می‌گردد نیتروژن $CO(NH)_2$، به‌طور مستقیم و از طریق ریشه یا برگ جذب گیاه می‌گردد (اساره و همکاران، ۱۹۹۵). چرخهٔ نیتروژن شامل مراحل تثبیت، معدنی شدن، نیتراتی شدن، آلی شدن و نیترات زدایی است. بدیهی است که مقداری از نیتروژن به‌صورت تصعید و شستشو از دسترس گیاه خارج می‌شود. منابع عمدهٔ تأمین نیتروژن شامل مواد آلی خاک، کود حیوانی، بقایای محصول، آب باران، تثبیت نیتروژن با کمک موجودات غیر همزیست، تثبیت نیتروژن به کمک باکتری‌های همزیست و کودهای نیتروژنه می‌باشد (اساره و همکاران، ۱۹۹۵). منابع عمدهٔ مصرف و نیز تلفات

نیتروژن شامل برداشت به‌وسیلهٔ محصول، تثبیت آمونیوم، فرسایش، شستشوی نیترات و تلفات به-صورت گاز آمونیاک و اکسید نیتروژن (تصعید و نیترات‌زدایی) می‌باشند (امیری و همکاران، ۱۳۹۲). نظر به اینکه مصرف به‌وسیلهٔ گیاه و همچنین اتلاف آن از طریق آبشویی و تصعید بیشتر از مقداری است که به‌وسیلهٔ منابع عمدهٔ تأمین نیتروژن تهیه می‌گردد؛ بنابر این بعد از تأمین نیتروژن از منابع طبیعی و تثبیت شده به وسیلهٔ موجودات ذره بینی برای تهیهٔ ما بقی نیتروژن مورد نیاز گیاه بایستی به‌مصرف کودهای شیمیایی توسّل جست (اسراه و همکاران، ۱۹۹۵). خاک‌ها را از نظر مقدار کل نیتروژن می‌توان به سه دستهٔ فقیر، متوسط و غنی تقسیم می‌شود (زرین‌کفش، ۱۳۶۸).

۱- خاک‌های فقیر: در این خاک‌ها میزان نیتروژن کل کمتر از یک در هزار می‌باشد و اکثر خاک‌های ایران متعلق به این دسته هستند. ۲ـ خاک‌های متوسط: در این خاک‌ها میزان نیتروژن کل در حدود ۱/۵ در هزار است.۳ـ خاک‌های غنی: در این خاک‌ها میزان نیتروژن کل بیش از ۱/۵ در هزار می‌باشد.

با در نظرگرفتن عوامل اقتصادی و محیطی، می‌توان با دادن کمترین میزان تلفات، بازدهی نیتروژن را به حداکثر مقدار ممکن رساند. حداکثر بازده نیتروژن هنگامی حاصل می‌گردد که مقدار و زمان مصرف کود هماهنگ با نیاز گیاه باشد. نیل به این هدف از طریق اعمال روش‌های مناسب پخش کود که تلفات نیتروژن را به کمترین مقدار می‌رسانند و همچنین استفاده از باز دارندگان نیترات سازی و پوشاندن کودها (مثلاً با گوگرد) میسر می‌گردد. تمهیدات فوق، در صورتی مؤثر خواهد بود که زمان دقیق مصرف کود نیتروژنه نیز در مزرعه مراعات شود (اوگ و همکاران، ۲۰۰۱). روش‌های زیر برای افزایش بازدهی کودهای نیتروژنه توصیه می‌گردند. افزایش میزان نیتروژن خاک، جلوگیری از تلفات ناشی از فرسایش، کاهش تلفات آبشویی، جلوگیری از تلفات به‌شکل گاز، استفاده از ارقام پر محصول و کار آمد از نظر مصرف نیتروژن، مصرف میزان صحیح کود، مخلوط کردن کود با خاک، مصرف کود سرک در مرحلهٔ مناسب رشد، تأمین رطوبت کافی، کنترل بیماری‌ها، حشرات و علف‌های هرز و استفاده از کود سبز و بقولات در تناوب زراعی (حاجیلو و همکاران، ۱۳۸۹). توصیه‌های کودی

برای محصولی معین باید بر پایهٔ آگاهی از نیاز گیاه، وضعیت مقدار مواد غذایی در خاک و امکان تغییر آنها در طول زمان رشد انجام گیرد. از این‌رو، الگوهای جذب نیتروژن و زمان مصرف کود برای هر محصول معین باید دقیقاً مشخص شود (اوگ[1] و همکاران، ۲۰۰۱). درصد بازیافت نیتروژن نیز بسته به خصوصیات خاک، روش‌ها، مقادیر و زمان مصرف و سایر عملیات مدیریتی تغییر می‌نماید (وزارت جهاد کشاورزی- نشریه ۸۳۱۳۸۳).

۲-۴-۱-۳- نیتروژن درگیاه

نقش عناصر معدنی برای رشد گیاهان، از قرن‌ها پیش مورد توجه بوده است. تغذیهٔ معدنی هنوز هم یکی از مهمترین عوامل تعیین کنندهٔ محصول می‌باشد. از بین محدودهٔ وسیعی از عناصر، تنها ۱۶ عنصر برای رشد و نمو گیاهان عالی به‌عنوان عناصر ضروری شناخته شده‌اند که عبارتند از: کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، مس، آهن، منگنز، بُر، مولیبدن و کلر. علاوه بر این سیلیس، کبالت، سدیم و وانادیم نیز برای رشد برخی از گیاهان مورد نیازمی‌باشند (اوگ و همکاران، ۲۰۰۱). در بیوشیمی گندم، نیتروژن در ترکیب مواد بسیار مهم و مختلفی از جمله پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، نوکلئوتیدها و اسیدهای نوکلئیک، کلروفیل و بسیاری از دیگر اجزای سازندهٔ سلول شرکت دارد و برای تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و بنابر این رشد گیاه کاملاً ضروری هستند (خاوازی، ملکوتی، ۱۳۷۸). اغلب گیاهان بخش عمدهٔ نیتروژن مورد نیاز خود را به‌صورت یون نیترات جذب می‌کنند، این یون شکل غالب جذبی نیتروژن به‌وسیلهٔ بسیاری گیاهان زراعی به‌غیر از برنج را تشکیل می‌دهد. گندم نیز معمولاً نیتروژن خاک را به‌صورت یون نیترات جذب می‌کند، گرچه می‌تواند مقداری از آن‌را به‌صورت یون آمونیوم نیز جذب نماید. نیتروژن مستقیماً از طریق برگ و ریشهٔ گیاه قابلیت جذب دارد (خواجه پور، ۱۳۶۵؛ لسانی و مجتهدی، ۱۳۷۰). انتقال مجدد ذخایر نیتروژن ریشه‌ها، ساقه‌ها و برگ‌ها به‌سوی دانه‌های در حال توسعه اغلب در زمان گرده افشانی آغاز می‌شود و بنابر این برای توسعه دانه‌ها اهمیت قابل ملاحظه‌ای دارد. برای مثال، در گندم بهاره ممکن است ۷۰

[1] ..Auge

درصد نیتروژن دانه از انتقال مجدد نیتروژن از سایر بخش‌های گیاهی تأمین شود (گری گوری و همکاران، ۱۹۸۱). در گندم پاییزه این مقدار ممکن است به بالاتر از ۸۲ درصد برسد (والدرن و فلاوردی، ۱۹۷۹). هارپر و همکاران (۱۹۸۷) برای گندم پاییزه این مقدار را ۵۰ درصد گزارش کردند. به‌طور کلی، در بسیاری از گیاهان زراعی، نیتروژن به‌مقدار زیادی از برگ‌های پیرتر به برگ‌های جوان-تر یا از ساقه‌ها و برگ‌ها به میوه‌ها یا اندام‌های ذخیره‌ای انتقال می‌یابد. انتقال مجدد نیتروژن معمولاً در طول مراحل آخر رشد گیاه زراعی اتفاق می‌افتد و برگ‌های در حال توسعه، میوه‌ها و اندام‌های ذخیره‌ای را قادر می‌سازد از نیتروژن بیشتری برخوردار باشند. انتقال مجدد نیتروژن در داخل گیاه عمدتاً به شکل فراورده‌های هیدرولیزی پروتئینی و پپتیدی مثل اسیدهای آمینه ازطریق آوند آبکش صورت می‌گیرد (مایاک و همکاران، ۲۰۰۴؛ سرمدنیا، کوچکی، ۱۳۶۸). مسیرهای احتمالی هدر روی نیتروژن از اندام‌های هوایی گندم شامل هدر روی از طریق ریزش برگ‌ها و اندام‌های هوایی، آبشویی و شسته شدن مواد نیتروژنه از برگ‌ها (نیترات، اسیدهای آمینه)، انتقال از اندام‌های هوایی به ریشه‌ها و خاک و هدر روی به‌صورت گاز از اندام‌های هوایی (آمونیاک، آمین‌های فرار، اکسیدهای نیتروژن) می‌باشند (هوکر و همکاران.۱۹۸۰؛ وتسلر و همکاران.۱۹۸۰).

۲-۴-۲- فسفر (P)

فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر حیاتی است که به اشکال معدنی و آلی در طبیعت وجود دارد. کمبود فسفر نه تنها در شدت میزان رشد گیاه تاثیر دارد، بلکه روی تشکیل میوه، دانه و کیفیت آن نیز بسیار موثر است (سینگ و همکاران، ۲۰۰۳). در تغذیه گیاهان، فسفر یکی از عناصر غذایی پر مصرف بوده و کمبود آن در گیاهان دومین مشکل عمده حاصلخیزی خاک در سراسر دنیا هست (لیندزی و همکاران، ۱۹۸۹). فسفر از عناصر مورد نیاز در تولید محصول می‌باشد (احتشامی و همکاران، ۱۳۸۶). چادهری و کورشی (۱۹۸۲) در آزمایشی بیان داشتند فسفر افزوده شده به خاک-

های رسی، لوم رسی، لومی، لومی شنی و شنی لومی به‌مدت یک‌ماه در انکوباتور قرار داده شد، به‌ترتیب ۷۱، ۶۲، ۵۶، ۲۹ و ۲۹ درصد تثبیت شده است.

۲-۴-۳- پتاسیم (K)

پتاسیم یکی از عناصرغذایی ضروری پر مصرف و فراوان‌ترین کاتیون جذب شده در بیشتر گیاهان است که نقش مهمی در رشد و توسعه آنها ایفاء می‌کند. پتاسیم در فعالیت آنزیم‌ها، حفظ تورژسانس سلول، افزایش فتوسنتز، کمک در انتقال قند و نشاسته، کمک در جذب نیتروژن و سنتز پروتئین ضروری است. علاوه بر متابولیسم گیاه، پتاسیم باعث بهبود کیفیت محصول می‌شود زیرا پتاسیم در افزایش دانه، و وزن دانه، افزایش مقاومت به بیماری نقش داشته و علاوه بر آن منجر به افزایش مقاومت گیاه در مقابل استرس‌ها می‌شود (طباطبایی، ۱۳۸۸). نقش پتاسیم در گیاه بیشتر کاتالیزوری بوده و کمبود آن مقاومت گیاه را در برابر آفات و بیماری‌ها و تنش‌های غیر زنده کاهش می‌دهد. پتاسیم موجب تسهیل نفوذ آب در سلول‌های گیاهی شده و سبب کنترل عمل باز و بسته شدن روزنه های برگ در هنگام تبخیر و تعرق می‌شود. پتاسیم در شرایطی که در حد نیاز موجود باشد، مقاومت گیاهان را در برابر بیماری‌ها و آفات افزایش می‌دهد. مقادیر کافی پتاسیم برای ساختن مواد حفاظتی و موانع جلوگیری کننده ازگسترش بیماری‌ها و جبران صدمات وارده تا حدودی به‌علت افزایش ضخامت دیواره بیرونی سلول‌های اپیدرمی باشد. البته برای تاثیر پتاسیم، لازم است دیگر عناصر غذایی به‌ویژه روی هم به‌مقدار کافی وجود داشته باشد. این عنصر به‌طور عمده در سه شکل مختلف در خاک وجود دارد که شامل پتاسیم قابل استفاده، تثبیت شده و پتاسیم موجود در مواد معدنی خاک می‌باشد. در بین سه شکل مختلف پتاسیم در خاک، غلظت پتاسیم موجود در محلول خاک معمولا بسیار کم است (گلدشتاین، ۱۹۹۴). پتاسیم در خاک به شکل‌های مختلف محلول، تبادلی، غیر قابل تبادل و ساختمانی وجود دارد. بین این اشکال رابطه تعادلی وجود دارد که در تغذیه گیاه از اهمیت زیادی برخوردارمی‌باشد (جونستون و گلدین، ۱۹۹۰). این روابط، سطح پتاسیم محلول و قابل

دسترس گیاه را تحت تاثیر قرارمی‌دهند. اگر چه پتاسیم محلول و تبادلی به‌عنوان دو شکل قابل دسترس برای گیاه تلقی می‌شوند، بر اساس مطالعات و تحقیقات انجام شده، دو شکل پتاسیم تثبیت شده و ساختاری نیز می‌توانند در تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه نقش داشته باشند (کوکس و همکاران، ۱۹۹۰). از روش‌های رایج تعیین پتاسیم قابل استفاده گیاه و نیاز کودی، عصاره‌گیری با استفاده از کاتیون‌های جانشین شونده از جمله استات آمونیوم می‌باشد ولی در بعضی ازخاک‌ها به‌ویژه خاک‌های غنی از کانی‌های میکا، به‌علت وجود مواضع اختصاصی جذب پتاسیم و نگهداری مقدار زیادی پتاسیم با جذب قوی، تنها بخشی از این پتاسیم با عصاره گیر استات آمونیوم استخراج می‌شود که این موضوع احتمالاً یکی از دلایل همبستگی ضعیف بین پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم و پاسخ گیاه به-کوددهی پتاسیم است (عباسلو و ابطاهیی، ۲۰۰۸). سه عامل اصلی خاک در کنترل سرعت فراهمی پتاسیم برای جذب توسطریشه گیاه شامل شدت پتاسیم در محلول خاک، قدرت بافری پتاسیم در خاک است (منگل، ۱۹۷۸).

۲-۴-۱-۳- علایم کمبود

اگر چه کمبود پتاسیم مثل کمبود نیتروژن و فسفر گسترده نیست اما بسیاری از خاک‌ها که در ابتدا از نظر این عنصر غنی بودند به‌علت برداشت متوالی محصول، رواناب، آبشویی و فرسایش خاک با کمبود این عنصر مواجه شده‌اند (شنگ و هانگ، ۲۰۰۲). برخی از تحقیقات نشان داده‌اند که پتاسیم باعث کاهش صدمات ناشی از بیمارهای باکتریایی می‌گردد (منگل و کیرکبی، ۲۰۰۷). پتاسیم از اجزای تشکیل دهندهٔ مواد ساختاری گیاه نیست ولی برای سنتز آمینواسیدها و پروتئین‌های حاصل از یون‌های آمونیوم ضروری است. همچنین، تأمین پتاسیم برای انجام فرایند فتوسنتز مورد نیاز می‌باشد و این عنصر در مکانیسم انتقال سایر عناصر غذایی از غشای سلولی دخالت دارد (یساری و همکاران، ۱۳۹۲). پتاسیم مقاومت گیاه را در برابر سرما، خشکی، بیماری‌های گیاهی و آفات افزایش داده و موجب زیادتر شدن مواد قندی و نشاسته‌ای، بزرگی دانه‌ها و افزایش کیفیت دانه می‌گردد. کمبود این

عنصر در گندم نخست سبب زردی نوک و حاشیهٔ برگ‌های جوان و سپس قهوه‌ای شدن و سوختگی برگ‌ها می‌شود. سا قه‌ها ضعیف و نهایتاً دانه‌ها چروکیده می‌گردد. کمبود پتاسیم اصولاً مقاومت گیاه را در برابر بیماری‌های قارچی کاهش می‌دهد. در صورت عدم وجود پتاس، نیتروژن به‌صورت معدنی در گیاه جمع شده و به مواد آلی نیتروژن‌دار تبدیل نمی‌گردد (جونز و داراه، ۱۹۹۶). پتاسیم علاوه بر کمک به انجام فتوسنتز، در نقل و انتقال مواد ساخته شده نیز مؤثر است به‌طوری که اضافه کردن پتاسیم کافی، سرعت انتقال مواد نیتروژنه را از اندام‌های رویشی به دانهٔ گندم افزایش می‌دهد (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۳؛ واگار و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۴-۱-۴- سولفات پتاسیم

این کود یکی از گران‌ترین کودهای پتاسیمی در دنیا است و محتوی۵۲ - ۵۰ درصد اکسید پتاس به‌صورت (K_2O) و ۱۸ درصد گوگرد می‌باشد. با توجه به بنیان سولفات آن برای خاک‌های آهکی کود مناسبی است و برای گیاهانی که در مقابل کلر حساس هستند از این کود استفاده می‌شود.

۲-۵- تاثیرکودهای شیمیایی درچرخه غذایی

اگر چه کاربرد کودهای شیمیایی در ابتداء تاثیر بسزائی در افزایش عملکرد دارد لیکن استفاده بیش از حد این نهاده‌ها منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شده و تخریب محیط زیست را در پی خواهد داشت. علاوه بر این، کارایی مصرف کودهای شیمیایی هم اکنون از لحاظ تئوری به بالاترین سطح خود رسیده است بدین معنی که استفاده بیش از این از کودهای شیمیایی به سختی می‌تواند عملکرد را افزایش دهد (آحمد، ۱۹۹۵). هر ماده معدنی که عناصر مورد نیاز گیاه را از نظر مقدار و کیفیت تأمین کند و باعث بهبود وضعیت گیاه از لحاظ رشد، عملکرد و مقاومت به بیماری‌ها شود، کود شیمیایی نامیده می‌شود و شامل کودهای نیتروژنه، فسفاته، پتاسه، کامل ماکرو، گوگردی و ریزمغذی‌ها می‌باشند (صباغ، ۱۳۸۴). کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌داری روی تولید غذا در جهان

داشته و یکی از اجزاء مهم در کشاورزی امروزه هستند. پیش بینی‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد از افزایش تولید در محصولات کشاورزی به‌کاربرد کودهای شیمیایی مربوط می‌شود (جهانبان و لطفی‌فر، ۱۳۹۰). کشت‌های پی‌درپی و نامنظم باعث شده که مواد غذایی در خاک‌های کشاورزی جهان کاهش یابد (احمدیان و همکاران، ۲۰۰۶). بهبود حاصلخیزی خاک یکی از استراتژی‌های مهم در افزایش محصولات است (کاستاگنو و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش عملکرد غلات عمدتاً ناشی از بکارگیری فناوری‌های جدید در رابطه با به‌نژادی و عملیات به‌زراعی و به‌خصوص مصرف کودهای شیمیایی، آبیاری و استفاده از آفت‌کش‌ها بوده است. در نیم قرن آینده تولید مواد غذایی برای تغذیه جمعیت روز افزون جهان بسیار دشوارتر از نیم قرن گذشته خواهد بود. طی نیمه دوم قرن بیستم کشاورزان جهان تولید غلات را تقریباً سه برابر افزایش دادند و از ۶۳۱ میلیون تن در سال ۱۹۵۰ به ۱۸۳۵ میلیون تن در سال ۲۰۰۰ رساندند (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۹۱). از طرفی دیگر در طی همین مدت مساحت زمین‌های زیر کشت آبی در جهان ۳ برابر شده و از۹۰ میلیون هکتار در سال۱۹۵۰ حدود ۲۷۰ میلیون هکتار در سال ۲۰۰۰ رسیده است و مصرف کودهای شیمیایی در همین مدت از ۱۴ میلیون تن به ۱۴۱ میلیون تن یعنی ۱۰ برابر افزایش یافته است. سیستم‌های کشاورزی متداول نشان داده‌اند که اگر چه به کمک کودهای شیمیایی و سموم، در کوتاه مدت می-توان به عملکردهای بالایی دست یافت ولی پایداری حاصلخیزی خاک و سلامت خاک زراعی در این سیستم‌ها زیر سوال است (میردریکوند و همکاران، ۱۳۹۴). مصرف کودهای شیمیایی در کشور ایران نامتعادل بوده است و تطابقی با نیاز واقعی گیاه ندارد (ملکوتی، ۱۳۷۵). مجموع مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم از۲/۸ میلیون تن در سال ۲۰۰۰ میلادی به ۳/۱ میلیون تن در سال ۲۰۰۹ میلادی رسیده و این در حالی است که نسبت مصرف کودی در این سال‌ها به ترتیب از ۲۰(k) – ۴۰(p) - ۱۰۰ (N) به ۶ (K) - ۴۵ (P) - ۱۰۰ (N) تغییر یافته است. با توجه به این‌که نسبت جذب عناصر غذایی از خاک عمدتاً ۸۰- ۱۵۰- ۱۰۰ است می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۸۹).

۲-۶- کود زیستی

۲-۶-۱- تاریخچه کودهای زیستی

امروزه جنبه‌های کاربردی زیست شناسی خاک با هدف استفاده از پتانسیل ریزجانداران مفید خاکزی به‌منظور تولید حداکثر محصول، علاوه بر تاکید بر بهبود کیفیت خاک و رعایت بهداشت و ایمنی محیط زیست، مورد توجه قرارگرفته است. در سال‌های اخیر کودهای زیستی به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی، به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (وئو و همکاران، ۲۰۰۵) رایج‌ترین نوع کودهای زیستی مورد استفاده در حال حاضر شامل دو گروه باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و کودهای حاوی ریزجانداران حل-کننده فسفات می‌باشد (هوسن و همکاران، ۲۰۰۷) در سال‌های اخیر استفاده از کودهای زیستی با اقبال بیشتری روبرو بوده و جایگاه خود را در کشاورزی پایدار پیدا کرده است. در حال حاضر کودهای زیستی نیتروژنی و فسفاتی در بخش کشاورزی دارای بیشترین موارد استفاده میباشند.

۲-۶-۲- ضرورت تولید و ترویج کودهای زیستی محرک رشد گیاه

در سال‌های اخیر در پی بحران آلودگی‌های زیست محیطی تلاش‌های گسترده‌ای به‌منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی، حذف آلاینده‌ها و حفظ پایداری اکوسیستم طبیعی آغاز شده است (خاوازی و همکاران، ۱۳۸۴). یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است (شارما، ۲۰۰۲). کودهای زیستی در برخی از موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (هن و همکاران، ۲۰۰۶). کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این

میکروارگانیسم‌ها معمولا در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌کنند (وو و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۷- باکتری‌ها

باکتری‌های افزاینده رشد گیاه[۲](PGPR) باکتری‌هایی هستند که از طریق مکانیزم‌های مختلفی از جمله تولید هورمون‌های افزاینده رشد، توانایی حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول، تولید سیدروفور، تثبیت نیتروژن مولکولی و غیره بر رشد گیاه موثر واقع می‌شوند. این باکتری‌ها از طریق ارتباطات ریزوسفری به سطح گیاه متصل می‌شوند (فریدیان و همکاران، ۱۳۹۴).

۲-۷-۱- حرکت باکتری درخاک

برقراری ارتباط بین باکتری‌ها و گیاه میزبان در ابتدا نیازمند حرکت و جابجایی آنها از محل تلقیح به سمت ریشه و اتصال به آن است. مطالعه باکتری‌ها نشان می‌دهد که حرکت فعال خود باکتری در قا بلیت حرکت به‌سمت ریشه و کلونیزاسیون نقش مهمی ایفا می‌نماید (تورو و همکاران، ۱۹۹۷). باکتری‌های *Azospirillum* می‌توانند از فاصله۳۰ سانتی متری به‌صورت افقی خود را به-مجاورت ریشه برسا نند (باشان و هولگویین، ۱۹۹۷). ساروار و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که وجود بذر و یا ترشحات ریشه در محیط، حرکت سویه‌های مختلف *Pseudomonas* را به‌سمت ریشه سویا تحریک می‌نماید

۲-۷-۲- اثر باکتری‌های افزاینده رشد بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاهان

تولید انواع مختلفی از تنظیم کننده‌های رشدگیاهی توسط باکتری‌های افزاینده رشد یکی از مهم‌ترین روش‌های تأثیرباکتریهای محرک رشد گیاهی بر بهبود رشد گیاهان گزارش شده است (دسالامن و همکاران، ۲۰۰۱). تخمین زده شده است که ۸۰ درصد باکترهای ایزوله شده از ریزوسفر

[2] --Plant Growth promoting Rhizobacteia.

قادر به تولید اکسین‌ها (IAA) هستند. حضور اکسین و ترکیبات مرتبط در محیط رشد بسیاری از باکتری‌های افزاینده رشد اثبات شده است. مطالعات نشان داده است که باکتری‌های محرک رشد گیاهی از طریق سنتز هورمون اکسین قادر به تحریک رشد گیاه می‌باشند (پتن و گلیک، ۱۹۹۶). انواع ریزجانداران قادرند سیتوکینین را از پیش ماده آدنین[۳](ADE) تولید نمایند (نیتو و فرانکن برگر، ۱۹۸۹). تولید سیتوکینین از آدنین و الکل ایزوپنتیل (IA,ADE) در حضور*Azotobacter* و *Pseudomonas* در محیط کشت به اثبات رسیده است (نیتو و فرانکن برگر، ۱۹۸۹). کاربرد توأم ادنین و الکل ایزوپنتیل (ADE، IA[۴]) و *Azotobacter* تأثیر معنی‌داری بر رشد ذرت در مقایسه با شاهد نشان داد که بیانگر توانایی باکتری در تبدیل ادنین و الکل ایزوپنتیل (ADE+IA) به سیتوکینین قبل از جذب از طریق ریشه گیاه است (نیتو و فرانکن برگر، ۱۹۹۱؛ گوتیرز مانرو و همکاران، ۲۰۰۱). انواعی از GA را شناسایی نمودند که*Bacillus* sp. تولید کرده و تأثیر مثبتی بر طویل شدن ریشه و اندام‌های هوایی در درختچه توسکا یا رزدار(*Alnus glutinosa*) داشت. بسته به‌میزان غلظت، فرآیندهای فیزیولوژیکی طبیعی و مرحله رشدی گیاه، این ترکیب می‌تواند اثر تحریک کنندگی و یا بازدارندگی داشته باشد. تحقیقات (گلیک و همکاران، ۱۹۹۸) نشان داد که برخی از انواع باکتری‌های افزاینده رشد، آنزیم*deaminase* ACC را تولید می‌کنند. آنزیم ACC پیش ماده تولید اتیلن در گیاهان به‌شمار می‌رود. به این ترتیب فعالیت ACC deaminase، کاهش تولید اتیلن در ریشه را به همراه داشته و لذا رشد ریشه بیشتر می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که باکتری‌های ریزوبیومی می‌توانند از افزایش غلظت اتیلن در گیاهان لگوم و غیرلگوم جلو گیری نموده و سبب کاهش اثرات منفی این هورمون در رشد و توسعه اندام‌های گیاهی به‌ویژه ریشه شوند (گلیک، ۱۹۹۵).

[3] -Adenin
[4] .. Leaf Area

۲-۷-۳- باکتری‌های حل‌کننده فسفات و افزاینده رشد

باکتری‌ها به‌عنوان اجزای حیاتی خاک‌ها محسوب می‌شوند. آنها از طریق فعالیت‌های زیستی مختلف در اکوسیستم‌های خاکی باعث پویایی چرخش عناصر غذایی و پایداری آن جهت تولید محصول می‌شوند (احمد و همکاران، ۲۰۰۹؛ چاندلر و همکاران، ۲۰۰۸). برخی از محققان معتقدند در نظام‌های زراعی تلقیح توأم میکوریز و باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن شامل *Azotobacter* و *Azospirillum* می‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشند (جهان و همکاران، ۲۰۰۷). باکتری‌های افزاینده رشد قادر به بهبود رشد PGPR گیاهان از طریق تأمین مواد مغذی گیاهی، ترشح هورمون‌های رشد گیاهی و اسیدهای آلی می‌باشند و سبب افزایش حاصلخیزی خاک و حفظ سلامت محیط زیست می‌شوند (اسیتکن و همکاران، ۲۰۱۰). این باکتری‌ها به‌دلیل دارا بودن برخی از خصوصیات ذاتی از دیگر گروه‌های باکتریایی متمایز شده‌اند که از جمله این خصوصیات می‌توان به کلنی‌زایی در سطح ریشه و یا زنده ماندن و رشد در سطح ریشه از طریق تکثیر و رقابت با دیگر ریزجانداران‌های موجود در مجاورت ریشه گیاه میزبان، که نتیجه آن تحریک رشد گیاه و یا ایجاد برخی فعالیت‌های محافظتی برای گیاه می‌باشد اشاره نمود (کلوپر، ۱۹۹۴). باکتری‌های افزاینده رشد به دو روش مستقیم و غیر مستقیم باعث تحریک رشد گیاهان می‌گردند. یکی از اصلی‌ترین مکانیسم‌های افزایش رشد گیاهان توسط این باکتری‌ها تولید فیتوهورمون‌ها و سیدروفور می‌باشد (بخشنده و همکاران، ۲۰۱۴). در تحقیقی که توسط مهناز و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد دلیل تحریک رشد گیاهان را تولید ایندول اسید استیک، حل‌کننده فسفات ۱- آمینوسایکلوپروپان ۱- کربوکسیلات دی آمیناز(ACC دی آمیناز) دانستند. مصرف باکتری‌های PGPR جهت تحریک تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های غیر زنده از جمله تنش خشکی به‌عنوان یک استراتژی جذاب توسط محققین زیادی مورد بررسی قرارگرفته است (کاسیم، ۲۰۱۳). باکتری‌های افزاینده رشد از نظر ارتباط با سلول گیاه میزبان ممکن است برون‌سلولی (تنها در منطقه ریزوسفر، و یا در فضای بین

سلول‌های پوسته ریشه وجود دارند) و یا درون سلولی داخل سلول‌های ریشه و یا در درون گره‌های تخصصی ایجاد شده در ریشه گیاه میزبان وجود دارند باشند (گری و اسمیت، ۲۰۰۵؛ فیگیوریدو و همکاران، ۲۰۱۱). آزاد سازی فسفر توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات (PSB) از شکل‌های غیر قابل حل و تثبیت شده، با دسترس بودن فسفر در خاک و انتقال آن به‌درون گیاه مرتبط است (کنگ و همکاران، ۲۰۰۲). بر اساس گزارشات، باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند تا ۸۸ درصد از کل میکرو ارگانیسم‌های حل‌کننده را به‌خود اختصاص دهند (رمضانپور و همکاران، ۱۳۹۱). از جمله باکتری‌هایی که توانایی حل‌کنندگی فسفات بیشتری دارند می‌توان به گونه‌هایی ازجنس‌های، *Burkholderia*, *Bacillus Beijerinckia*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Microbacterium*, *Flavobacterium* *Erwinia* و *Serratia*اشاره کرد (باتاچاریا و جاها، ۲۰۱۲). جنس‌های مختلفی از باکتری‌های حل‌کننده فسفات با تولید اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین می‌توانند فسفر معدنی نا محلول را به‌شکل محلول تبدیل نمایند (زیدی و همکاران، ۲۰۰۹). اما برای محلول کردن فسفر آلی نامحلول این باکتری‌ها معمولاً از طریق تولید آنزیم فسفاتاز باعث هیدرولیز استرهای فسفریک می‌شوند (گلیک، ۲۰۱۲). گزارش‌های متعددی وجود دارد که توانایی سویه‌های مختلف باکتریایی را برای انحلال فسفات‌های معدنی نامحلول همچون تری‌کلسیم فسفات، دی کلسیم فسفات، دی‌هیدروکسی آپاتیت و خاک فسفات نشان می‌دهد (گلدشتاین، ۱۹۸۶). تولید اسیدهای آلی به وسیله باکتری‌های حل‌کننده فسفات‌های معدنی کاملاً ثابت شده و به عنوان مکانیسم اصلی انحلال فسفات‌های معدنی به وسیله باکتری‌های خاک تشخیص داده شده است (رودریگز و فراگ، ۱۹۹۹؛ بخشنده و همکاران، ۲۰۱۴). باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند فسفر مورد نیاز گیاهان را از طریق مکانیسم‌های مختلفی تأمین نمایند (زیدی و همکاران، ۲۰۰۹). یزدانی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات همراه با سایر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، مصرف کودهای فسفاته را تا ۵۰ درصد کاهش داده، بدون اینکه کاهش معنی‌داری در تولید مشاهده گردد.

۲-۸- انواع کودهای زیستی

مهم‌ترین کودهای زیستی عبارتند از باکتری محرک رشد گیاه به گروه نامتجانسی از باکتری‌های ریزوسفری اطلاق می‌شود که با استفاده از یک یا چند مکانیسم خاص به‌طور مستقیم و یا غیر مستقیم موجب بهبود شاخص‌های رشد و نمو گیاه می‌گردند (کلوپر و همکاران، ۱۹۸۹).

افزایش غیر مستقیم رشد گیاه زمانی اتفاق می‌افتد که این باکتری‌ها برخی از اثرات مضر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا (اغلب قارچ‌ها) را با استفاده از یک یا چندین مکانیسم، حذف و یا تعدیل نمایند. باکتری‌های محرک رشد گیاه، با تخلیه ریزوسفر از آهن، رقابت با گونه‌های مضر برای اشغال ریشه، تولید آنزیم‌های لیزکننده دیواره سلولی قارچ‌های بیماریزای گیاهی، ایجاد مقاومت سیستماتیک در گیاه و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های غیر، زنده موجب افزایش رشدگیاه می‌شوند (گلیک، ۱۹۹۵). این باکتری‌ها می‌توانند از طریق تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌هایی مانند اکسین مقاومت گندم را به‌شرایط شوری بهبود بخشیده و به‌همین دلیل استفاده از سویه‌های آنها به‌صورت مایه تلقیح جهت بهبود عملکرد گیاهان به‌ویژه غلات در مناطق خشک قابل توصیه است (ساتوویچ، ۲۰۰۶). افزایش مستقیم رشد گیاه معمولا مستلزم تولید یک ترکیب خاص و موثر بر رشد گیاه و یا تسهیل در جذب عناصرغذایی مورد نیاز گیاه توسط این باکتری‌ها است (گلیک، ۱۹۹۵). مکانیسم‌هایی که باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌توانند از طریق آنها مستقیماً باعث بهبود و افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند عبارتند از: ۱- تثبیت نیتروژن، ۲- حل فسفات‌های کم محلول، ۳- تأمین آهن از طریق تولید سیدروفورهای میکروبی، ۴- تولید فیتوهورمون‌هایی چون اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین-ها، ۵- کاهش اتیلن، ۶- آنزیم‌های موثر در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و ویتامین ها (کلوپر و همکاران، ۱۹۸۹). باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله *Azotobacter*، *Azospirillum* و *Pseudomonas* که از مهم‌ترین ریزوباکتری‌های (PGPR) هستند، رایج‌ترین جنس‌های باکتریایی استفاده شده در تولید کودهای زیستی می باشند (هوسن و همکاران، ۲۰۰۷؛ وسی، ۲۰۰۳) حضور

باکتری‌های محرک رشد در ریزوسفر گیاه از نظر تأمین عناصر ضروری گیاه به‌خصوص نیتروژن و فسفر اهمیت زیادی دارد.

۲-۸-۱- سودوموناس‌ها به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد

باکتری جنس *Pseudomonas* و بالاخص سودوموناس‌های فلورسنت از مهم‌ترین اجزای جامعه باکتری‌های ریزوسفری می‌باشند که مطالعات بسیار زیادی در خصوص صفات PGPR و اثرات مثبت ناشی از تلقیح آنها بر رشد گیاه صورت گرفته است. باکتری‌های جنس سودوموناس متعلق به خانواده *Pseudomonadaceae* بوده و به‌شکل میله‌ای راست یا کمی خمیده دارای تاژک قطبی، بدون اسپور، هوازی، متحرک، شیمیوارگانوتروف و کاتالاز مثبت و گرم منفی هستند. در محیط‌های کشت با مقادیر مناسبی از مواد آلی و pH خنثی و در محدوده دماهای مزوفیلی رشد می‌کنند. گونه‌های شناخته شده در این جنس *P.putida*, *P. fluorescens*, *P. aeruginosa* , *P. aureofaciens*,*P chlororaphis* می‌باشند (پالرونی، ۱۹۸۴).

۲-۸-۲- جایگاه کودهای زیستی فسفاته و ضرورت توسعه آن در کشاورزی

کود زیستی فسفاته حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌باشد که با ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز قادرند فسفر نامحلول خاک (بویژه در مناطقی که کلسیم خاک بالا باشد) را به فرم محلول قابل جذب گیاه تبدیل کند. همچنین استفاده بهینه از انرژی خورشیدی باعث افزایش دوام سطح برگ و فتوسنتز بیشتری می‌شود که منجر به عملکرد بالاتر گیاه می‌شود. کودهای زیستی به‌دلیل توسعه سیستم ریشه ای، باعث جذب سریعتر آب شده که در مقابله با تنش کم آبی تحمل بیشتری دارد (علیجانی و همکاران، ۲۰۰۱). انرژی لازم برای تولید سالانه کودهای شیمیایی فسفاته چیزی بالغ بر ۴ میلیون دلار می‌باشد (گلدشتاین و همکاران، ۱۹۹۳). به‌طور کلی تخمین زده می‌شود فسفات معدنی که با فناوری امروز استخراج می‌شود تا ۱۰۰ سال دیگر به اتمام می‌رسد، بنابر این

انگیزه زیادی برای تامین فسفات از منابع جایگزینی احساس می‌شود. ضرورت یافتن جایگزینی مناسب برای رها سازی فسفات‌های تجمع یافته در خاک زمانی بیشتر احساس می‌شود که بر این امر واقف گردیم که منابع فسفاته موجود در خاک قابلیت‌های تامین فسفات مورد نیاز گیاهان برای تولید بهینه آنها را تا ۱۰۰ سال دارا می‌باشد (گلدستین و همکاران، ۱۹۹۳).

۲-۹- میکروارگانیسم‌های خاکزی و نقش آنها در افزایش انحلال فسفر

با وارد کردن سویه‌های مختلف ریزموجودات حل‌کننده فسفات در محیط ریشه گیاه زراعی و خاک قابلیت فراهمی فسفات از منابع فسفات غیر محلول هم‌چون تری کلسیم فسفات، دی کلسیم فسفات، دی هیدروکسی آپاتیت و خاک فسفات افزایش می‌یابد (گلدستین، ۱۹۸۶). با این روش فسفر بیشتری برای گیاهان زراعی قابل استفاده می‌گردد. در میان انواع باکتری که توان حل‌فسفات آنها ثابت شده است می‌توان جنس‌های فلاوباکتریوم، سودوموناس، باسیلوس، اگروباکتریوم، میکروکوکوس، انتروباکتر و هم‌چنین جنس‌های مختلف باکتری‌های ریزوبیومی را نام برد (کاتنلسون و همکاران، ۱۹۶۲). آزوسپیریلوم در همیاری با گیاهانی مانند گندم، کلزا، سورگوم و ذرت افزایش عملکردی حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد نشان داده که البته این افزایش عملکرد را علاوه بر تولید نیتروژن، به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه از جمله اکسین‌ها نسبت داده‌اند. این باکتری‌ها سبب افزایش تعداد و طول ریشه‌های فرعی و تارهای کشنده و در نهایت افزایش سطح جذب ریشه که نتیجه آن افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه می‌شوند (صالح راستین، ۱۳۷۷). در مورد این باکتری لازم به‌ذکر است که آزوسپیریلیوم یک باکتری مناطق گرمسیری است و هم‌چنین حضور این باکتری در خاک بستگی به pH خاک دارد. محدوده فعالیت این باکتری و تثبیت نیتروژن توسط آن بین pH ۵/۶ و ۷/۲ است که حداکثر میزان تثبیت در محدوده ۶/۷ - ۷ انجام می‌پذیرد. خاک‌های شنی که موادآلی کمی دارند، برای این باکتری مناسب نیستند و به‌طور کلی مواد آلی فراوان کمک زیادی به فعالیت این باکتری در خاک می‌کند (آستارایی و کوچکی، ۱۳۷۵).

۲-۱۰- تاثیر همزیستی باکتریایی بر روی عناصر غذایی

عناصر کم مصرف با وجود اینکه به‌مقدار کم مورد نیاز گیاهان می‌باشند، ولی نقش‌های بر جسته-ای در رشد و نمو گیاهان به عهده دارند که از آن جمله نقش آنها در فعالیت‌های آنزیمی، رشد، تمایز سلولی، تشکیل گل، میوه و بهبود کیفیت محصول را می‌توان ذکر کرد. همچنین نقش اساسی این عناصر به‌خصوص منگنز، مس، روی و بور در تشکیل جدار سلولی و مقاومت گیاهان به آفات و امراض در خور اهمیت است (ملکوتی، ۱۳۷۹).

۲-۱۱- جذب عناصر غذایی

به‌طورکلی، گندم به مصرف کودهای نیتروژنه و فسفره واکنش مثبت نشان می‌دهد. ولی توصیهٔ مقادیر صحیح و مناسب کودهای مختلف بایستی بر مبنای نتایج حاصل از آزمایش‌های خاک شناسی صورت گیرد (کاظمی، حمداله. ۱۹۹۶؛ رودریش و همکاران. ۲۰۰۵). نیتروژن، فسفر و پتاسیم سه عنصر پر مصرف مهم در رشد و نمو گیاه به‌شمار می‌روند. سایر عناصر اصلی نظیر کلسیم، منیزیم، سدیم، گوگرد و کلر نیز مورد نیاز گیاه هستند، ولی بر عکس سه عنصر اول (N.P.K) در سطح وسیع به شکل کود شیمیایی به‌کار برده نمی‌شوند (یزدی‌صمدی و پوستینی، ۱۳۷۳).

کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رها سازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن، جذب عناصر ماکرو و میکرو و غیره تولید می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها در اطراف ریشه مستقر شده و با افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش جذب عناصر توسط گیاه را بهبود می‌بخشند (سینگ و همکاران، ۲۰۱۱). اکنون مسلم است که این باکتری‌ها بیش از یک نقش دارند، یعنی علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌های خاکزی، بهبود ساختمان خاک، تحریک رشد گیاه از طریق تولید هورمون-های گیاهی اکسین، سیتوکینین و جیبرلین افزایش کمی و کیفی محصول و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی از طریق کاهش تولید اتیلن می‌شوند (ورما و همکاران، ۲۰۱۴). از طرفی عناصر

غذایی در اثر شستشو نیترات، تثبیت فسفر، فرسایش خاک و برداشت توسط محصولات کاهش می-یابند. برای حفظ عملکرد بالای گیاهان زراعی لازم است وضعیت عناصر غذایی خاک از راه تناوب صحیح، افزودن موادآلی یا کاربرد کودهای معدنی در حد مطلوب حفظ شود (آشینو و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۱۲-تاثیر باکتری بر رشد و عملکرد گیاهان

ساینی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که افزایش بیوماس و عملکرد دانه سورگوم و نخود زمانی مشاهده شد که ۵۰ درصد کودهای شیمیایی و دامی در تلفیق با میکروارگانیسم‌های مختلف حل‌کننده فسفات مورد استفاده قرار گرفتند. باکتری‌های محرک رشد به گروه نامتجانسی از باکتری-های ریزوسفری اطلاق می‌شود که با استفاده از یک یا چند مکانیسم خاص موجب بهبود شاخص‌های رشد و نمو گیاه می‌گردند (کلوپر و همکاران، ۱۹۸۹). برای اولین بار لیفشیتز و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادند که باکتری‌های PGPR قادرند مستقیماً رشد گیاهان را افزایش دهند. ناگاناندا و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که مصرف کودهای زیستی نیترژونه بر روی گیاه شنبلیله موجب بهبود و تسریع در مرحله جوانه‌زنی و رشد شنبلیله می‌شود. شایان ذکر است که استفاده از کودهای زیستی موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش نیز می‌شود (ساراواناکومار و همکاران، ۲۰۱۱). ساراواناکومار و همکاران (۲۰۰۹) نیز در آزمایشی روی کنجد مشاهده کردند که حداکثر عملکرد دانه در تیمار کاربرد ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفره و حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات به‌دست می‌آید. شریفی و حق نیا (۱۳۸۶) گزارش کردند که تلقیح گندم و سورگوم با نیتروکسین باعث افزایش ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در گیاه شد. کانتوا و مینا (۲۰۰۲) در آزمایشی بر روی خردل نتیجه گرفتند که حداکثر عملکرد دانه در تیمار واجد ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفره و حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات به‌دست می‌آید و این تیمار شرایط تنش خشکی را بهتر از سایر تیمارها تحمل می‌کند. راجندران و همکاران (۲۰۰۸) نیز در

آزمایش خود مشاهده کردند که استفاده همزمان از باکتری ریزوبیوم و باسیلوس به افزایش محتوی کلروفیل برگ منجر می‌گردد. یافته های رودرش و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که کاربرد همزمان باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ تریکودرما باعث افزایش نیتروژن و کلروفیل برگ گردید. به‌نظر می‌رسد فراهمی فسفر تاثیر معنی‌داری بر افزایش کلروفیل برگ داشته است. لیما و همکاران (۱۹۹۹) نیز نشان دادند که کمبود فسفر باعث کاهش کلروفیل برگ و فلورسانس آن می‌گردد. بانچیو و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر ریزوباکتری‌هایی مانند سودوموناس فلورسنس را بر روی آویشن شیرین (*Origanam majorana L.*) مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که شاخص‌هایی از قبیل: افزایش طول گیاه، وزن شاخساره، تعداد برگ‌ها، تعداد گره و وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد تفاوت‌های معنی‌دار را نشان دادند. در مطالعه‌ای اثر سویه‌های باکتری *Azospirillum* و*Azotobacter* به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد به‌همراه کودهای شیمیایی مختلف بر روی کلزا آزمایش شد. نتایج این آزمایش مشخص کرد که در مراحل مختلف رشد کلزا از مرحله گیاهچه تا مرحله رسیدگی، وزن خشک بوته در تیمارهای تلقیح شده باکتری در مقایسه با بوته‌هایی که کودهای شیمیایی دریافت نموده ولی تلقیح نشده بودند به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (پتواردهان و یاساری، ۲۰۰۷). تاثیر مثبت تلقیح با باکتری *Azospirillum* بر ارتفاع بوته، اندازه برگ، طول و حجم ریشه و میزان ماده خشک در انواع مختلفی از غلات ثابت شده است (اوکان، ۱۹۸۵؛ وانی، ۱۹۹۰). گلیک و همکاران (۱۹۹۸) توسعه اولیه‌ی گیاهچه کلزا در شرایط تنش و سرما و شوری در تیمارهای تلقیح شده با *P. Putida* و گونه جهش یافته آن و تیمار بدون تلقیح را مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که سویه اولیه و سویه جهش یافته باکتری باعث افزایش رشد کلزا شد. بررسی‌های واراده و همکاران (۱۹۹۶) به مطالعه اثرات جایگزینی کودهای زیستی فسفر بر پیاز اختصاص داشت. در این بررسی با افزایش دامنه تولید محصول از ۷ به ۴۷ درصد، کارایی مصرف کودهای فسفر در مقایسه با کودهای معدنی به اثبات رسید. نور قلی پور و همکاران (۱۳۸۲) آزمایش روی ذرت، با افزایش عملکرد محصول، نتایج این تحقیق را مورد تائید قرار دادند. تلقیح دانه‌های گندم با شش جدایه دارای آنزیم

ACC دآمیناز میزان تولید در واحد سطح، وزن ریشه، طول ریشه و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش داد (واکور و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج مطالعه شاهرونا و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که استفاده از باکتری‌های جنس *Pseudomonas* سبب افزایش ۲۲/۵ درصدی وزن خشک ذرت در شرایط گلخانه‌ای شده. همین پژوهشگران گزارش کردند در شرایط مزرعه‌ای کاربرد تلفیقی باکتری‌های مذکور همراه با کود شیمیایی نیتروژن تأثیر این باکتری‌ها را به طور قابل توجهی افزایش داد و تولید ماده خشک را نسبت به شاهد ۵۸ درصد افزایش داد (انصاری و ساریخانی، ۱۳۹۲).

۲-۱۳- مکانیزم‌های تحریک رشد گیاه

در تحقیقی به‌منظور اطلاع از صفات محرک رشد گیاهی سودوموناس‌های فلورسنت بومی خاک-های ایران، از تعداد ۴۰ خاک ریزوسفری گندم تعداد ۲۵ سویه سودوموناس فلورسنت، جدا سازی و صفات محرک رشد گیاهی آنها مورد بررسی قرار گرفت، نتایج این تحقیق نشان داد که کلیه‌ی سویه-های مورد مطالعه توانایی تولید اکسین را دارند (سلطانی طولارود و همکاران، ۱۳۸۶). واگار و همکاران (۲۰۰۴) ضمن بررسی اثر تلقیح باکتری‌های حاوی a دآمیناز بر رشد و عملکرد گندم دریافتند که باکتری‌های دارای این آنزیم عملکرد دانه، کاه، وزن ریشه، طول ریشه، تعداد پنجه و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاه و دانه را نسبت به شاهد به طور معنی‌دار افزایش دادند. آنها تمامی این اثرات را به‌دلیل کاهش سطح اتیلن در گیاه در اثر تلقیح با باکتری واجد دآمیناز دانستند و اعلام نمودند که فعالیت آنزیم در جدایه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. محققان اعلام نمودند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و افزایش کارایی آنان سبب افزایش رشد گیاهان به‌واسطه افزایش جذب نیتروژن و فسفر می‌شوند (ماینا‌کس و همکاران، ۲۰۱۲؛ آرودا و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۱۴- حلالیت فسفر

تحقیقات نشان داده‌اند که عمده میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات‌های آلی در ریزوسفر گیاهان متمرکز می‌باشند (گوار، ۱۹۹۰). همچنین بررسی‌ها نشان داده است چندین نوع باکتری خاکزی از گروه باسیلو س‌ها و سودوموناس‌ها و نیز پنسیلیوم و آسپرژیلوس توانایی خود را در تبدیل فسفات غیر محلول به محلول به‌وسیلهٔ تولید اسیدهای آلی نشان داده‌اند (ساروخانی و همکاران، ۱۳۷۹). افضل و اصغری (۲۰۰۸) ضمن بررسی اثر سویه‌ای از سودوموناس و ریزوبیوم به تنهایی و همراه با هم نشان دادند که تلقیح این ریزجانداران به تنهایی میزان فسفر را افزایش داد اما تلقیح هر دو با هم فسفر دانه را افزایش نداد. مایاک و همکاران (۲۰۰۴) مشاهده نمودند که گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه در شرایط شور، فسفر بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده جذب نمودند. آنها جذب فسفر بیشتر و افزایش تحمل گیاه نسبت به شوری را مثبت دانستند. رودرش و همکاران (۲۰۰۵) و جوتور و ردی (۲۰۰۷) تأثیر مثبت این باکتری‌ها در حلالیت فسفر را به اثبات رساندند. علاوه بر توانایی حل‌کنندگی فسفات، این باکتری‌ها با خاصیت ضد پاتوژنی باعث کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک و تحریک رشد رویشی گیاه نیز می‌شوند.

۲-۱۵- تاثیر باکتری بر جذب عناصر غذایی

آزمایش‌هایی که درمورد باکتری‌های حل‌کننده فسفات انجام شده نشان می‌دهند که تلقیح گیاهان زراعی با این باکتری‌ها موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزا عملکرد و جذب عناصر غذایی مخصوصا فسفر شده است (دفریتاس، ۲۰۰۰؛ ساهین و همکاران، ۲۰۰۴) نیتروژن عنصر غذایی کلیدی برای تولید گیاهان زراعی محسوب می‌گردد و از جمله اجزاء اصلی سنتز پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و دیگر ترکیبات سلولی به‌حساب می‌آید.کمبود نیتروژن یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد گیاهان می‌باشد. کود زیستی نیتروکسین حاوی مجموع‌های از موثرترین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌باشد.

تیلاک و همکاران (۲۰۰۵) باکتری‌های موجود در نیتروکسین علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر هورمون اکسین، موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت هوایی گیاهان می‌شوند. محمدورزی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که استفاده تلفیقی از باکتری‌های محرک رشد نیتروکسین و بیوفسفر به همراه کودهای نیتروژنه علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی، منجر به افزایش نیتروژن و فسفر دانه آفتابگردان نسبت به تیمار بدون باکتری شد. فاطما و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی بر روی مرزنجوش گزارش کردند کودهای زیستی نیتروژنه و باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌توانند جایگزین کودهای معدنی نیتروژن و فسفر در زراعت این گیاه شوند .فراهمی عناصر غذایی در ریزوسفر توسط تاثیرات مرکب خصوصیات خاک، گیاه، اثرات متقابل بین ریشه و میکروارگانیسم‌ها و خاک اطراف آن کنترل می‌شود (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۰)؛ جوتور وردی (۲۰۰۷) و جونز و داراه (۱۹۹۶) در آزمایش خود نشان دادند که اسیدهای آلی آزاد شده از ریزجاندارانی نظیر باسیلوس و سودوموناس علاوه بر فسفر، منجر به آزاد سازی منگنز، روی، آهن و منیزیم از کمپلکس‌های موجود در خاک می‌گردند. آنان اظهار داشتند که حلالیت فسفات در خاک در حضور اسیدهای آلی تا ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌یابد. بنابر این فراهمی مواد غذایی بر اثر وجود کودهای زیستی یکی از دلایل افزایش عملکرد می‌باشد. ملکوتی و همکاران (۱۳۸۴) پتانسیل سیدروفور سویه-های بومی سودوموناس‌های فلورسنت در جذب روی را مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور ۲۰۱ جدایه از گونه‌های سودوموناس شامل: *P.fluoresense* ، *Putida aeruginosa* از مزارع گندم مناطق مختلف ایران جداسازی کردند. نتایج حاصل از بررسی آنها نشان داد که در میان سیدروفورگونه‌های مورد مطالعه، کمپلکس سیدروفور *P.pwtiala* بالاترین پتانسیل را در قابلیت جذب روی برای گندم دارد. آنها اشاره نمودند که با توجه به توانمندی *P.pwtiala* در تولید کمپلکس سیدروفورzn بیشترین قابلیت جذب برای گندم را دارد، از این‌رو می‌توان گونه تولید کننده زینکوفور نیز نامگذاری نمود. گلیک و همکاران (۱۹۹۸) اعلام نمودند که شواهدی دال بر افزایش فراهمی عناصر غذایی گیاه در ریزوسفر به‌دلیل فعالیت باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه وجود

دارند. فرایند عمل در این مورد شامل افزایش انحلال عناصر غذایی و یا تولید مواد کلات کننده مانند سایروفورها می‌باشند. روساس و همکاران (۲۰۰۶) فراهمی مواد غذایی براثر وجود کودهای زیستی را یکی از دلایل افزایش عملکرد دانستند. ریحانی تبار و همکاران (۱۳۸۱) نیز گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های سودوموناس در گندم سبب بهبود جذب عناصر آهن و پتاسیم شد. جذب کمپلکس سیدروفور آهن توسط باکتری‌ها به‌حضور گیرنده‌های پروتئینی خاص در سطح غشای سلولی آنها بستگی داشته و توانایی جذب سیدروفورهای مترشحه خود و حتی سیدروفورهای سایر باکتری‌ها، به‌عنوان توان رقابتی آنها در شرایط محدودیت آهن تلقی می‌شود. کرولی (۲۰۰۶) گزارش‌های متعددی در مورد امکان جذب کمپلکس سیدروفور آهن توسط ریشه گیاهان است. و نیز گزارش شده این موضوع اهمیت سیدروفورها را دو چندان می‌کند، آهن در بسیاری از فرآیندها از جمله ذخیره و فعال سازی اکسیژن مولکولی، احیای ریبونوکلئوتیدها و نیتروژن مولکولی، فعال سازی و تجزیه پراکسیدها و انتقال الکترون توسط طیف وسیعی از ناقل‌ها نقش کلیدی دارد (کاتیار، ۲۰۰۴).

۲-۱۶- اثرمیکرو ارگانیسم های محرک رشد بر روی جذب فسفر

مطالعات لیف شیتز و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادکه تحریک رشد رویشی ایجاد شده توسط *Pseudomonas putida* با توانایی آن در تولید هورمون‌های گیاهی و ترکیبات محرک رشد ارتباط داشت. گائور و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که گیاهان گشنیز، شنبلیله و هویج تلقیح شده در یک خاک لوم شنی با کمبود مواد غذایی، در شرایط مزرعه دارای وزن خشک ریشه و اندام هوایی بیشتری بودند. همچنین در گیاهان تلقیح شده کل جذب نیتروژن و فسفر نیز نسبت به گیاهان تلقیح نشده بیشتر بود. محققان مختلف از جمله هارینیکومار و باگرایاگ (۱۹۹۶)؛ و مارشنر و دل (۱۹۹۴)؛ مدینا و همکاران (۱۹۹۸)؛ و سوبرامانیان و کاریت (۱۹۹۷) تاکید دارند که در اکثر موارد تلقیح ریشهٔ گیاهان با این قارچ‌ها منجر به افزایش رشد گیاه می‌گردد نقش عمدهٔ قارچ در این همزیستی‌ها، جذب و انتقال عناصر غذایی بویژه فسفر به گیاه میزبان می‌باشد (شنیروا و کولاو، ۱۹۹۴).

۲-۱۷- سازوکارهای احتمالی در این مورد به‌صورت زیر مطرح هستند

۱- افزایش جذب عناصر غذایی که درخاک تحرک کمی دارند مثل فسفر، روی و مس (الکرکی، ۲۰۰۰). ۲- افزایش نسبی جذب آب که باعث رقیق شدن اثرات یون‌های سمی می‌شود (الکرکی و حماد، ۲۰۰۱؛ خالد والخیدر، ۱۹۹۳). ۳- ایجاد تعادل عناصرغذایی گیاه درشرایط شوری (علی اصغر زاد و همکاران، ۲۰۰۱؛ الکرکی و حماد، ۲۰۰۱). ۴- افزایش غلظت قندهای محلول در ریشه که منجر به کاهش پتانسیل اسمزی ریشه می‌شود (فنگ و همکاران، ۲۰۰۰).

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- روش انجام کار

جهت بررسی و ارزیابی مدیریت تلفیقی تغذیه گندم با استفاده از کودآلی زیست ماک (تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه دارای انالیز کودی:۴۲ درصد مادهآلی، ۵ درصد نیتروژن کل، ۲ درصد فسفر قابل استفاده به شکل P_2O_5 و ۵ درصد گوگرد به شکل سولفات) و باکتریهای سودوموناس فلورسنت با توانایی حلکنندگی فسفر و مقادیر مختلف کود سوپر فسفات تریپل بر عملکرد گندم، آزمایش مزرعهای بهصورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی، در استان مازندران در مزرعهای از دشت ناز ساری با خاک دارای کمبود فسفر، بر روی گندم رقم N8720 (احسان) در سه تکرار به مدت یک سال اجرا گردید.

فاکتور اصلی شامل دو سطح: ۱- مصرف کودآلی زیست ماک قبل از کاشت ۲- عدم مصرف کودآلی زیست ماک. فاکتور فرعی مدیریت تغذیه شامل ۹ تیمار شامل: ۱- شاهد (بدون مصرف کود)، ۲- مصرف فسفر بر اساس آزمون خاک (۱۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل)، ۳- مصرف کود شیمیایی بر اساس عرف زارع (ترکیب نیتروژن ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار، سوپر فسفات تریپل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار و ۳۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم)، ۴- تلقیح بذر با باکتری سودوموناس فلورسنس (به عنوان کود زیستی حلکننده فسفر خاک)، ۵- تلقیح بذر با سودوموناس فلورسنس + مصرف کود فسفر به میزان ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل)، ۶- تلقیح بذر با باکتری سودموناس، مصرف فسفر با ۲۵ درصد کمتر از ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل)، محلول پاشی کود نیتروژن (نیترو ماک، تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی: ۳۵ درصد نیتروژن کل، ۱۰ درصد فسفر قابل استفاده به شکل P_2O_5 و۱۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O)، ۷- تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر با ۲۵ درصد کمتر از ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود پتاس (پتاس ماک، تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی: ۱۵ درصد نیتروژن کل، ۱۵ درصد فسفر

قابل استفاده به شکل P_2O_5 و ۳۳ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O)، ۸- تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر ۲۵ درصد کمتر از ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود نیتروژن (نیترو ماک) و پتاس (پتاس ماک)، ۹- تلقیح بذر و مصرف فسفر با ۲۵ درصد کمتر از ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود با نیتروژن، پتاس، فسفر (بالانس ماک، تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی: ۲۰ درصد نیتروژن کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به‌شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O). لازم به‌ذکر است تیمارهای ۶-۷-۸-۹ محلولپاشی در ۳ مرحله رشدی گیاه یعنی مرحله قبل از پنجه زنی، پایان پنجه زنی و نهایتا اواسط گلدهی (تکمیل بیشتر گل) انجام شد.

این آزمایش شامل ۳ تکرار با ۱۸ واحد آزمایشی در هر تکرار، و ۵۴ کرت بود. طول هر کرت ۶ متر و عرض آن ۱/۵، فاصله بین خطوط کشت ۲۰ سانتیمتر با ۷ ردیف کاشت در هر کرت، بین تیمارهای فرعی ۱ متر و بین تیمارهای اصلی و تکرارها ۲ متر فاصله وجود داشت. قبل از کاشت و اعمال تیمارها، نمونه‌برداری خاک به‌صورت مرکب از مزرعه به‌عمل آمده و خصوصیات فیزیکوشیمیایی شامل بافت، pH، درصد کربن الی، فسفر قابل دسترسی، پتاسیم اندازه‌گیری شد.

اعمال تیمار کود فسفاته قبل از کاشت و خشک کردن بذور تلقیح شده به مدت ۲ ساعت در هوای آزاد، عملیات کاشت انجام گردید. پس از مرحله رشدی گیاه (افزایش در تعداد) گندم، در مرحله رویشی (تولید برگ)، سرک کودهای نیتروژنی و یا پتاسیمی اقدام گردید. جهت مبارزه با علف‌های هرز در چندین مرحله بصورت دستی وجین صورت گرفت. مرحله ۵۰ درصد گلدهی (تکمیل بیشتر گل) در گندم از برگ برای اندازه‌گیری عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نمونه برداری، و در هنگام برداشت، از تعداد پنجه، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، وزن اندام هوایی و عملکرد دانه اندازه‌گیری بعمل آمد در پایان برای تعیین میزان فسفر قابل دسترس گیاه، از خاک هر تیمارها بصورت مرکب از ۳ تکرار نمونه تهیه و اندازه‌گیری شد.

۳-۲- آزمون خاک

ابتدا از زمین مورد آزمایش و از عمق ۳۰ -۰ سانتی‌متری نمونه گیری مرکب انجام شد. پس از آنکه نمونه خاک در هوای آزاد خشک گردید، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل بافت به روش هیدرومتری، pH با استفاده از گل اشباع و قرائت با دستگاه pH و درصد کربن آلی (OC) به روش تیتراسیون بی‌کرومات پتاسیم و فروسولفات آمونیم، فسفر قابل دسترس به روش اولسن با دستگاه اسپکتروفتومتر(Spectrophotometer novaspec ll)، پتاسیم به‌روش استات آمونیم با دستگاه فلیم فتومتر(flame photometer) مدل Jenway PFP7 اندازه‌گیری شد (علی احیائی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲).

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکو شیمیائی خاک محل آزمایش

عمق	SP	EC	pH	T.N.V	O.C	N	P	K	بافت خاک
		ds/m		%					
۰-۳۰	۵/۷۵	۰/۵۱	۷/۸	۲۲	۰/۷۴	۰/۱	۸	۱۸۰	لومی رسی
عناصرمیکرو	آهن		منگنز		روی	مس		بُر	
	mg/kg								
	۵/۷		۳		۰/۶۴	۳/۰۴		۱/۴	

۳-۳- عملیات کاشت و داشت

عملیات کاشت بر اساس دستورالعمل مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان در ۲۸ آبان‌ماه ۱۳۹۵ انجام شد. به‌منظور جلوگیری از اثرات نامطلوب سموم علف‌کش بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها، در این آزمایش هیچگونه علف‌کشی استفاده نشد. وجین علف‌های هرز در مراحل

رشد گندم: چهار برگی، پایان پنجه‌زنی، ساقه‌دهی، سنبله دهی، نهایتا زمان رسیدگی کامل قرار گرفت. آبیاری تکمیلی زمین به‌صورت بارانی بوده است (مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاوزی، ۱۳۸۳).

۳-۴- عملیات برداشت

پس از رسیدگی کامل (زرد شدن کامل پایه سنبله با خوشه) در ۱۵ خردادماه سال ۱۳۹۶ عملیات برداشت انجام گرفت.

۳-۵- تجزیه اندام‌های گیاهی

نمونه‌های برگ از گیاه هر تیمار برای تعیین عناصر فسفر کل (با دستگاه اسپکتروفتومتر) به‌روش خاکستر خشک، نیتروژن، فسفر، پتاسیم (با دستگاه جذب اتمیک مدل Buck scientific 210 VGP) به‌روش خاکستر خشک در گیاه اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵).

اندازه‌گیری نیتروژن به روش کجلدال با دستگاه اسپکتروفتومتر: ابتداء برگ را شستشو، در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک شبانه روز قرار گرفتند. سپس آسیاب شده و به‌صورت پودر در آمدند. پس از طی این مراحل نمونه‌ها جهت تعیین عناصر آماده شدند را با ۰/۳ گرم از گیاه خشک شده در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد عبور داده شده از الک ۰/۵ میلیمتر را به‌دقت توزین کرده و در داخل یک بالن قرار می‌دهیم مقدار ۲/۳ میلیلیتر مخلوط اسید سولفو سالیسالیک اضافه می نمائیم . نمونه را یک شب می‌گذاریم بماند بالن محتوی نمونه را بر روی دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار می‌دهیم سپس دما را به ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانیده و در این مرحله تقریباً هر ۵ دقیقه بالن را از روی حرارت برداشته و صبر می‌کنیم تا سرد شود و ۲ قطره آب اکسیژنه به نمونه اضافه می کنیم و مجدداً نمونه را روی حرارت می‌گذاریم تا زمانیکه بخار سفید رنگ از آن متساعد گردد این عمل را تا جایی ادامه می‌دهیم که رنگ نمونه داخل بالن کاملاً شفاف گردد .صبر می‌کنیم تا بالن ۵۰ میلی‌متری خنک شود سپس آن را برداشته و به حجم می‌رسانیم. در اینجا نمونه گیاهی ما

آماده برا ی مرحله تقطیر می‌باشد. ۵ سی سی از عصاره به حجم رسانده شده را داخل دستگاه می-ریزیم سپس سود ۱۰ نرمال ۲ سی سی و اسید بوریک ۱۵ سی سی داخل بشر ۷۵ یا ۱۰۰ میلی‌متری و با ۲ قطره معرف بروموکروزال اضافه می‌نمائیم تا محلول از بی رنگ به رنگ قرمز آلبالویی آلبالویی) شدت رنگ بسته به مقدار اسید بوریک مصرفی و مقدار معرف متفاوت است (تبدیل شود در اینجا محلول به‌دست آمده را در محل خروج گاز آمونیاک متصاعد شده از نمونه‌ها قرار می‌دهیم که حاصل در واکنش زیر مشهود است:

$BO_3H_3 + 2NH_3 = BO_3(NH_4)_2$ بورات آمونیوم

از زمانی که آمونیاک وارد اسید بوریک می‌شود محلول شروع به تغییر رنگ می‌دهد و هنگامی‌که رنگ محلول به سبز رسید تقریباً ۹۰ درصد آمونیاک نمونه متصاعد شده است که برای اطمینان بیشتر اجازه می‌دهیم آزمایش تا رسیدن حجم بورات آمونیوم به ۷۵ ادامه یابد که این حجم تقریبا ۳ برابر مقدار اولیه اسید بوریک است بورات آمونیوم سبز رنگ را به‌وسیله اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال تیتر می‌کنیم تا ظهور رنگ قرمز آلبالویی (شدت رنگ بسته به مقدار اسید بوریک مصرفی و مقدار معرف متفاوت است).

مقدار اسید سولفوریک مصرفی برای نمونه گیاهی (تفاله چایی)۱۷۰۰ سی سی .

$$4cc * 0.01\ N = 0.04\ meq\ NH4$$

$$17.6\ cc * 28*166.6 = 8.21\ \%\ N\ in\ Tea$$

اندازه‌گیری فسفر در گیاه به روش خاکسترخشک یا Dry Ash ابتداء در روش اسپکتروفتومتری با توجه به اینکه فسفر با معرفی به نام مولیبدات و انادات تشکیل کمپلکس زرد رنگ می‌دهد، می-توانیم در طول موج ۴۵۰ نانومتر جذب را بخوانیم. به روش تخریب بافت گیاهی که ساده ترین و ابتدایی ترین روش عصاره گیری استعصاره برگ گیاه به این شکل که ۲۰ گرم برگ را به مدت ۲ روز

در دمای ۷۰ درجه در انکوباتور قرار داده و بعد از خشک شدن پودر کرد حال ۱ گرم از پودر داخل کروزه ریخته و سپس چند قطره آب به آن اضافه می‌کنیم و ۲ میلی لیتر اسیدنیتریک که به نسبت ۱ به ۲ با آب مخلوط شده است روی خاکستر می‌ریزیم و به کمک یک میله شیشه ای آن را کاملا هم زده تا خوب مخلوط و در آن کاملا حل شود بعد به کمک یک قیف و یک کاغذ صافی محلول را صاف می کنیم، سپس به کمک آمونیاک و کاغذ تورنسول محلول داخل بالون را خنثی می کنیم تا به ph=7 یا کاغذ سبز رنگ شود بعد از اینکه محلول را خنثی کردیم ۲/۵ میلی لیتر اسیدنیتریک ۱به۲ به آن اضافه کرده و هم‌چنین ۷/۵ گرم هم از معرف مولیبدن به آن اضافه می‌کنیم و آن را با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم. بعد از ۱۰ دقیقه جذب آن را توسط دستگاه اسپکتروفتومتری می-خوانیم. با این شکل که ابتدا طول موج دستگاه را روی ۴۵۰ نانومتر تنظیم می‌کنیم، سپس با محلول بلانک صفر می‌کنیم و بعد طول موج‌های محلول استاندارد را غلظت‌های ۲۰ تا ۴۰ ppm را خواندیم و سپس جذب محلول مجهول را که برابر ۱۰۳/ شد ،خواندیم.

اندازه گیری پتاسیم درگیاه یک گرم از ماده خشک را قبلا در ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده (قاسم نژاد و همکاران، ۱۳۹۲) در یک کروز چینی قرارداده و درون کوره الکتریکی گذارده تا خاکستر شود عمل کلسیناسیون ابتداء در ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد، و به‌تدریج در عرض دو ساعت دمای کوره تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد افزایش داد و تا ۴ ساعت در این حرارت نگه داشته تا معدنی شدن کامل نمونه صورت پذیرد (خاکستر حاصل باید رنگ سفید یا خاکستری رنگ یک دست و کم و بیش روشن داشته باشد). نمونه را از کروز، خارج و به دسیکاتور انتقال داده تا سرد شوند. آنگاه به نمونه سرد شده، مقدار ۱۰ میلی لیتر HCI دو مولار را اضافه نمود. و بعد از اتمام فعل و انفعالات، کروز روز را روی اجاق برقی (بن ماری) در در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار داد. تا هضم کامل صورت پذیرد و اولین بخارات سفید خارج گردد. محتویات هر کروزه را با استفاده از کاغذ صافی ریز (واتمن ۴۱) به درون بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری صاف نمود و کروزه و کاغذ صافی ره و کاغذ صافی را چندین بار با چندین بار با آب مقطر آب مقطر بالن به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد.

غلظت عنصر پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر (مدلJENWAY PFP7) اندازه‌گیری شد سری محلول‌های استاندارد و نمونه با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر جهت بررسی پتاسیم قرائت شده در مقایسه منحنی کالیبراسیون حاصل از قرائت سری محلول‌های استاندارد و غلظت پتاسیم در محلول‌ها برحسب میلی گرم در گرم ماده خشک محاسبه شدند (غازان شاهی، ۱۳۷۶: امامی، ۱۳۷۵).

برای اندازه گیری ارتفاع بوته از هر تیمار به صورت تصادفی ۱۰ بوته انتخاب شد، ارتفاع بوته با متر اندازه‌گیری و میانگین‌گیری شد. برای تعیین تعداد سنبله در بوته، از هر تیمار به‌طور تصادفی۱۰ بوته انتخاب و پس از شمارش تعداد سنبله‌ها میانگین‌گیری و تعداد سنبله در متر مربع یادداشت شد. برای محاسبه وزن اندام هوایی، یک متر مربع از هر تیمار را کف بر نموده و براساس کیلوگرم در هکتار توزین شد. وزن هزار دانه از دیگر اجزای عملکرد بود که با جدا کردن دانه‌ها از سنبله تعداد ۱۰۰۰ دانه شمارش و وزن آن بر اساس گرم توزین گردید. نهایتا برای تعیین عملکرد دانه گندم در این آزمایش، از هر کرت دو خط وسط به‌مساحت ۳ متر مربع برداشت برای میزان عملکرد دانه بر اساس کیلوگرم در هکتار توزین شد.

۳-۶- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج با برنامه نرم افزاری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل نهایی قرار گرفت و شکل‌ها با نرم افزارEXCEL رسم شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵ درصد استفاده شد.

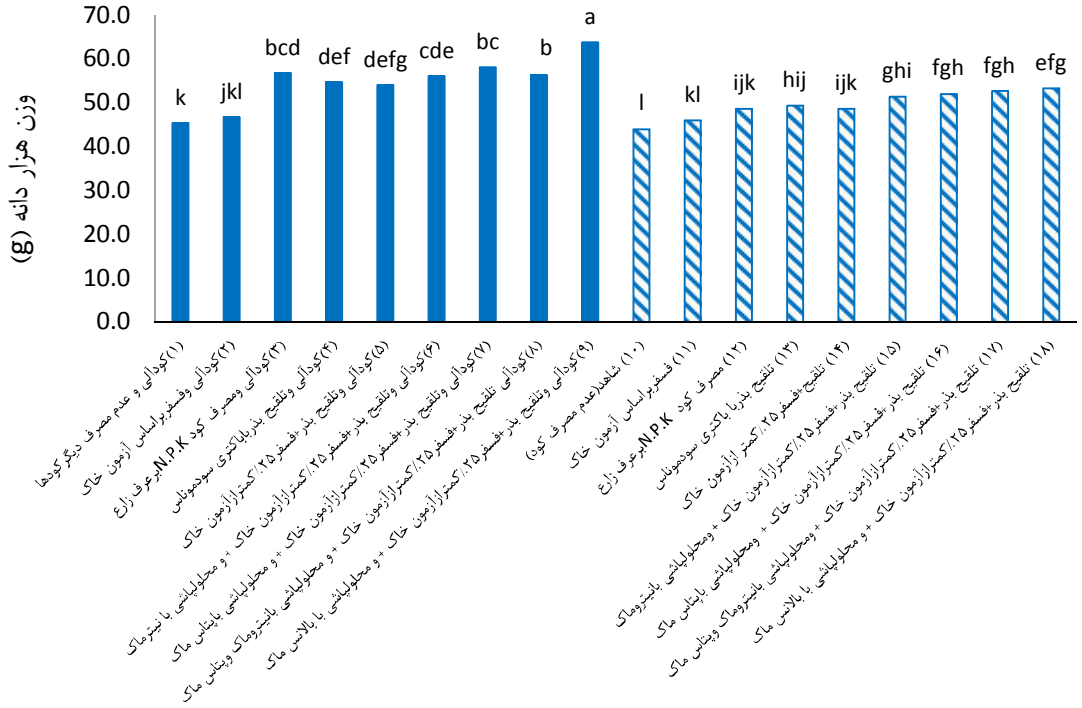
فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- وزن هزار دانه (گرم)

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس تاثیر کودآلی بر وزن هزار دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید، نتایج تجزیه واریانس در مدیریت تغذیه بر وزن هزار دانه و اثر متقابل کودآلی و مدیریت تغذیه حاکی بر معنی دار شدن آن در سطح ۵ درصد شد. (جدول ۱ پیوست). همان‌طور در (شکل۴ – ۱) ملاحظه می‌شود، از نظر میانگین وزن هزار دانه بیشترین وزن هزار دانه به مقدار ۶۳/۷ گرم مربوط به تیمار ۹ مصرف کودآلی و تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر با ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول‌پاشی کود بالانس ماک (تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی ۲۰ درصد نیتروژن کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به - شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O) بوده است. و کمترین آن در میانگین وزن هزار دانه به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به مقدار ۴۴ گرم می‌باشد. نیتروژن موجود در بقایای کود سبز از طریق فرآیندهای تجزیه به‌تدریج آزاد شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد (کلاین و سیلورنیل، ۲۰۰۲). احتیاج گندم در مرحلهٔ پنجه‌زدن، ساقه‌رفتن و تشکیل گل‌آذین زیادتر از سایر مراحل رشد می‌باشد و بر اثر کمبود عنصر نیتروژن در خاک دانه‌ها کوچک و چروکیده باقی می‌مانند و کیفیت محصول نیزکاهش می‌یابد (خدابنده، ۱۳۷۱؛ کریمی، ۱۳۷۱). تایلر و همکاران (۱۹۸۱) اظهار داشتند که مصرف نیتروژن در گندم برای پنجه‌زنی مهم تلقی می‌شود و موجب افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن دانه‌ها می‌گردد. هاتفیلد و همکاران (۲۰۰۴)، سینگ و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که کود نیتروژن از طریق افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد. همچنین بلاچ و آبرا (۲۰۱۱) گزارش دادند که کود سبز مانند (شبدر، یونجه) از طریق افزایش میزان عناصر غذایی قابل دسترس و میزان موادآلی خاک باعث افزایش عملکرد دانه‌ی گندم شد. نمیکسینه و همکاران (۲۰۱۱) نتیجه گرفتند که به ازای هر یک کیلوگرم افزایش نیتروژن خاک در اثر مصرف کود سبز، میزان عملکرد دانه گندم ۱۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. سودمندی

استفاده از کود سبز در افزایش عملکرد دانه گندم در تحقیقات تالگر و همکاران (۲۰۱۰)، و یشانه و آسگلیل (۱۹۹۹)، نیز به اثبات رسیده است. نتایج به‌دست آمده. در این تحقیق با گزارش میرعرب و همکاران (۱۳۹۵)، عموآقایی و همکاران (۱۳۸۲) نیز مطابقت داشت. نیاز گیاهان به نیتروژن در مراحل اولیه‌ی رشد بسیار زیاد است و با افزایش سن گیاه، کاهش می‌یابد (بنتوجونز، ۱۹۹۶).

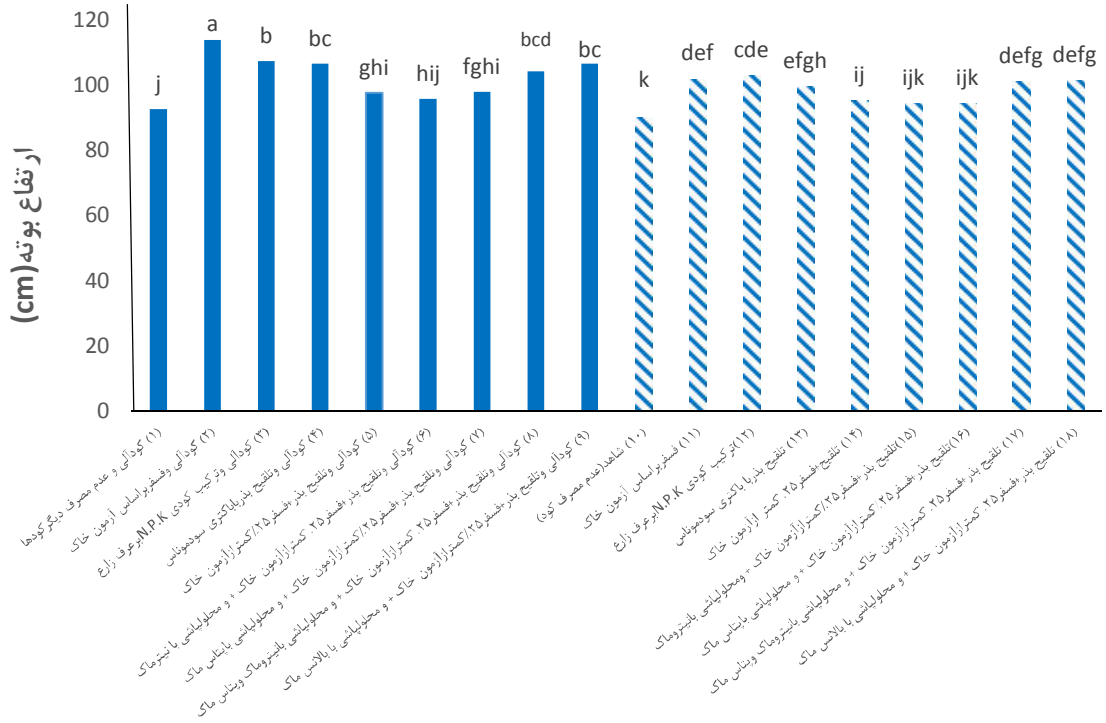


شکل ۴-۱- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر وزن هزار دانه گیاه گندم

۴-۱-۲- ارتفاع بوته

نتایج در جدول تجزیه واریانس نشان داد مصرف کودآلی در سطح ۵ درصد معنی دار شد. عوامل مورد بررسی در مدیریت تغذیه و اثر متقابل مصرف کودآلی و مدیریت تغذیه در سطح ۱ درصد معنی-دار گردید (جدول ۱ پیوست). نمودار مقایسه میانگین‌ها در اثر متقابل سطوح مختلف نشان داد بین تیمارها تفاوت معنی داری در ارتفاع بوته گندم است. در (شکل ۴-۲) این تغییرات مشاهده می‌شود، تیمار ۲ مصرف فسفر بر اساس آزمون خاک (۱۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل) به‌همراه مادآلی با میانگین ۱۱۳/۶ سانتی‌متر بالاترین ارتفاع و تیمار ۱۰ شاهد (بدون مصرف کود) با میانگین ۹۰

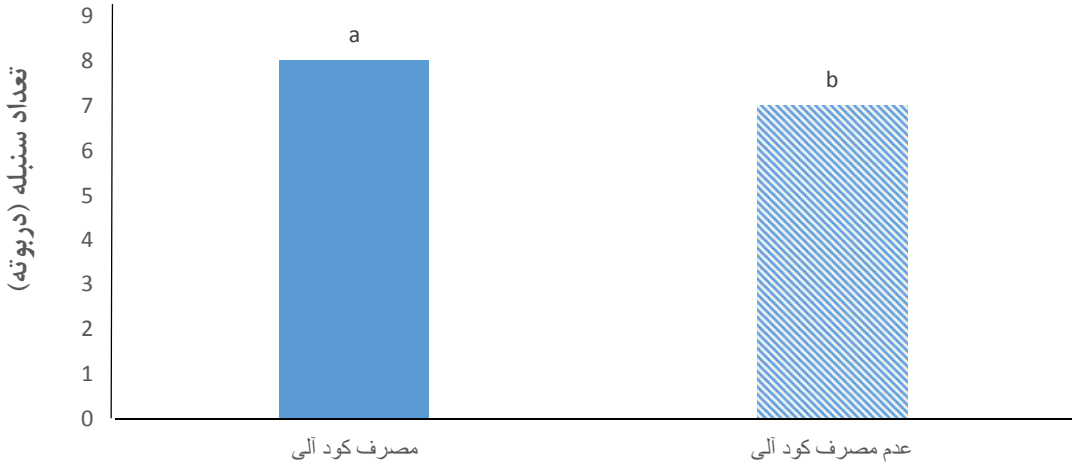
سانتی‌متر ارتفاع پایین تری را دارد. تحقیقات نشان داده موادآلی قابلیت جذب فسفرخاک و فسفر افزوده شده را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، اثر سایر ترکیبات حاصل از تجزیه بقایای آلی بر قابلیت جذب فسفر مورد توجه زیادی قرار گرفته است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ چین و همکاران، ۲۰۰۲). فسفر در گندم سبب افزایش رشد و تولید ریشه‌های قوی و استحکام گیاه در دورهٔ زندگی و افزایش کیفیت دانه‌ها می‌شود (خدابنده، ۱۳۷۱؛ کریمی، ۱۳۷۱). فسفر در سلول‌ها، باعث تقویت تنفس سلولی شده و در نتیجه‌ی آن قندها به واحدهای انرژی تبدیل شده و به بافت‌های گیاه انتقال می‌یابد و باعث افزایش قد بوته‌ها، گلدهی و میوه‌زایی می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷؛ چین و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج فوق با تحقیق میرعرب و همکاران، ۱۳۹۵) مطابقت داشت.



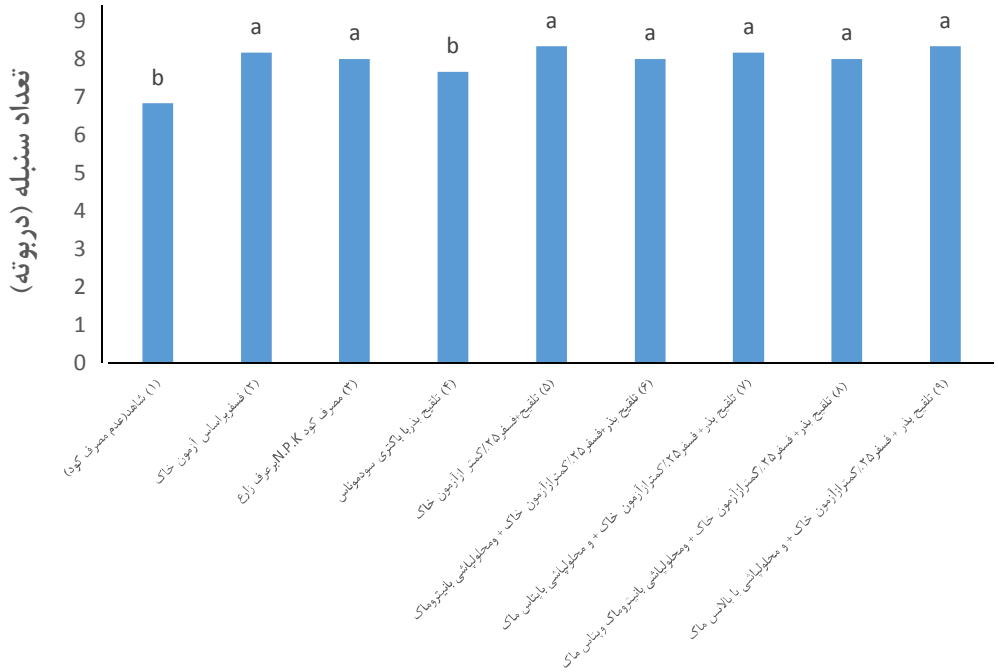
شکل ۴-۲- اثر متقابل سطوح کودآلی و شیمیایی بر ارتفاع بوته گیاه گندم

۴-۱-۳- تعداد سنبله

بررسی تجزیه واریانس بیانگر این است که اثر مصرف کودآلی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. در همان تجزیه واریانسی نشان از معنی‌دار شدن مدیریت تغذیه در سطح ۵ درصد بوده است (جدول ۱پیوست). توجه به اینکه تأثیر مصرف کودآلی یا عدم مصرف کودآلی بر عملکرد زیستی، تیمار مصرف کودآلی با (۸ سنبله) در بوته بیشترین می‌باشد (شکل۴-۳). کود دامی توانسته نسبت به شاهد شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تری را فراهم کند که با ایجاد محیطی بهتر برای باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و فعالیت آنها و همچنین در دسترس بودن عناصر غذایی مورد نیاز از جمله نیتروژن خاک، گیاه گندم رشد بهتر، تعداد پنجه بیشتر و در نهایت تعداد سنبله بیشتری داشته باشد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴). در نمودار مقایسه میانگین سطوح مختلف کود شیمیایی بر تعداد سنبله در بوته، تیمار ۹ مصرف کودآلی و تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و مصرف فسفر ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک (۷۵ کیلو گرم مصرف سوپر فسفات تریپل) و محلولپاشی با بالانس ماک تعداد سنبله بیشتری داشته است. اما در تیمار ۱ شاهد (عدم مصرف کود) تعداد سنبله کمتر بود. (شکل۴-۴) هر چند تعداد سنبله در سایر تیمارها تفاوت محسوس نبود است. به‌عبارتی مصرف مناسب کودهای دامی و شیمیایی از جمله نیتروژن و باکتری ازتوباکترکروکوم از طریق فراهم آوردن جذب بیشتر مواد غذایی سبب افزایش میزان فتوسنتزگردیده که این مسئله در نهایت به افزایش تعداد سنبله در متر مربع می‌انجامد (مرادی، ۱۳۹۴). با توجه به مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل کودآلی و مدیریت تغذیه‌ای بر این صفت معنی دار نبوده. تعداد و وزن سنبله‌های گندم در اثر مصرف همزمان باکتری و ماده‌آلی به‌ویژه کود دامی به مراتب بیشتر از مایه تلقیح به تنهایی بوده است و همچنین حضور ماده‌آلی برای رشد و فعالیت باکتری ضروری دارد (خسروی و محمودی، ۱۳۹۲).



شکل ۴-۳- اثر سطوح مختلف کودآلی بر تعداد سنبله



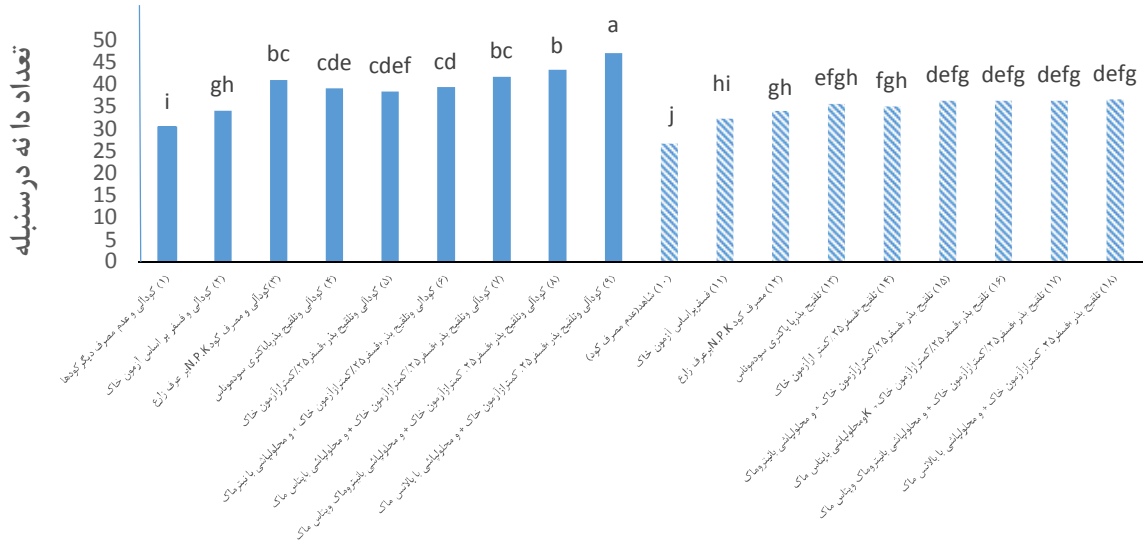
شکل ۴-۴- اثر سطوح مختلف کود شیمیایی بر تعداد سنبله

۴-۱-۴- تعداد دانه در سنبله

توجه به جدول تجزیه واریانس تاثیر مصرف کودآلی بر تعداد دانه در سنبله، مدیریت تغذیه و اثر متقابل کودآلی و مدیریت تغذیه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱ پیوست). همان‌طور که در

(شکل۴-۵) مشاهده می‌شود، بیشترین میانگین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار ۹ مصرف کودآلی و تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر با ۲۵ درصد کمتر از ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود بالانس ماک (ماک تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی ۲۰ درصد ازت کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O می‌باشد) **به** تعداد ۴۷ دانه و کمترین میانگین مربوط به تیمار ۱ شاهد (عدم مصرف کود) به تعداد ۲۶/۶ عدد می‌باشد. این موضوع توانایی کودهای زیستی را در استفاده از سطوح کود شیمیایی بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی و دامی نیز تعداد دانه قابل قبولی تولید کند، اسیدایندولاستیک در کنار سیتوکنین که توسط ازتوباکتر تولید می-شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نو به خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد (سلیمانی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۲). سوجاتها و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که مصرف توأم کودهای آلی و زیستی نسبت به مصرف جداگانه آنها با تأمین بهتر عناصر غذایی و در کنار بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، شرایط را برای افزایش جذب این عناصر، بهبود تولید و عرضه مواد پرورده به بلال به عنوان اصلی‌ترین مخزن گیاه فراهم می‌آورد. نتایج این تحقیق با نتایج ملکی و همکاران (۱۳۸۹) برابری داشت. آنها دریافتند که تیمار مصرف کودآلی بیشترین تاثیر را بر تعداد دانه در سنبله داشته است. با کاهش فرآورده‌های فتوسنتزی، تعداد دانه‌های پر، کاهش و فرآیند پر شدن دانه به تأخیر می‌افتد. این محققان معتقدند که ظرفیت منبع عامل محدود کننده در پر شدن دانه است. بنابر این می‌توان بیان نمود که شرایط تغذیه‌ای و فتوسنتز گیاه پس از مرحله گلدهی اهمیت زیادی در پر شدن دانه دارد. ونکاتسوارلو (۱۹۷۶) نتایج این تحقیق با نتایج مصلحی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که کمبود نیتروژن در طول فصل رشد از علل اصلی کاهش تعداد دانه در سنبله باشد (مرادی و همکاران (۱۳۹۴). جفروی و دموتس ماینتردا (۲۰۰۴) نشان دادند که کمبود نیتروژن

در طول رشد سنبله و یا بعد از گرده‌افشانی باعث کاهش وزن خشک سنبله و نیز تعداد دانه در سنبله شد. بنابر این عامل اصلی تعداد دانه، میزان نیتروژن بوده است.



شکل ۴-۵- اثر متقابل سطوح کود آلی و کود شیمیایی بر تعداد دانه در سنبله

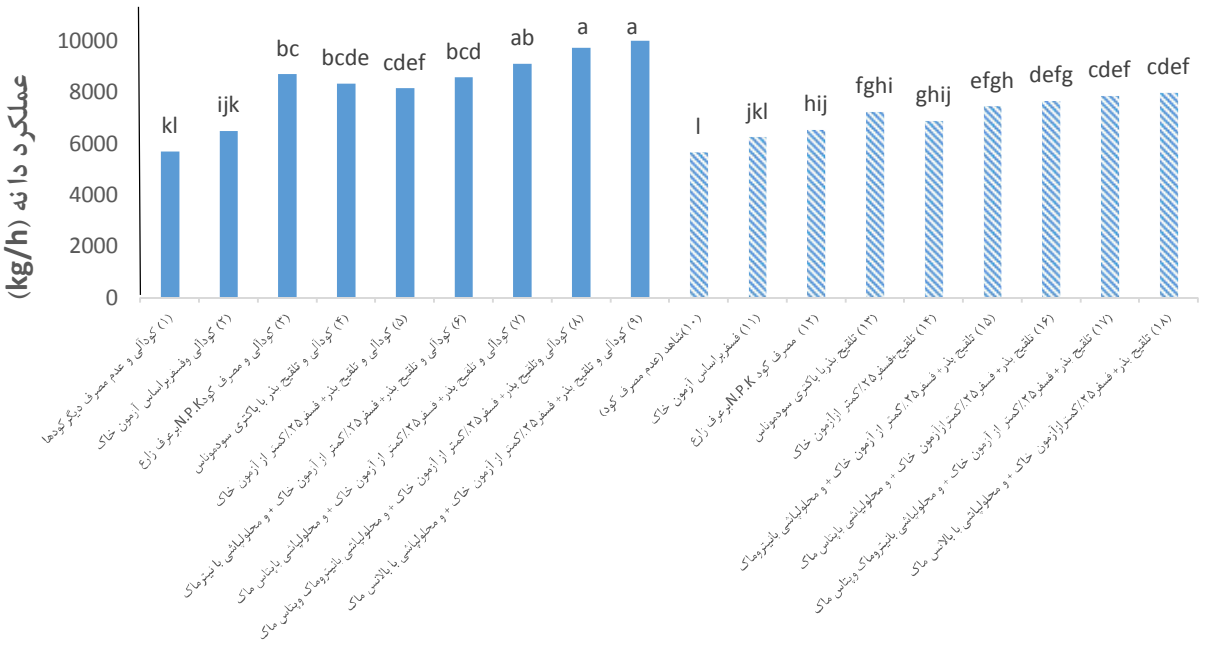
۴-۱-۵- عملکرد دانه

جدول تجزیه واریانس، تاثیر کودآلی بر عملکرد دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. در تجزیه واریانس اثر مدیریت تغذیه‌ای نشان داد که تاثیر این عامل بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار داشت (جدول ۱ پیوست).

اثر متقابل کودآلی و کود شیمیایی در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری را از نظر تاثیر عملکرد دانه از خود نشان دادند (جدول ۱ پیوست). همان‌طور در (شکل۴-۶) ملاحظه می‌شود، بهترین میانگین در عملکرد دانه مربوط به تیمار ۹ مصرف کودآلی و تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر با ۲۵ درصد کمتر از ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود بالانس ماک (تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی ۲۰ درصد ازت کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O می‌باشد)

مقدار ۱۰۰۵۹ کیلوگرم در هکتارمی‌باشد و کمترین میانگین آن مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به مقدار ۵۶۷۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. به نظر می‌رسد بین تیمار ۹ مصرف کودآلی و تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر با ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود بالانس ماک (تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی ۲۰ درصد ازت کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به‌شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O)، تیمار ۸ مصرف کودآلی، تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر با ۲۵ درصد کمتر از ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود نیتروژن بالا (نیترو ماک) و پتاسیم بالا (پتاس ماک) و تیمار ۷ مصرف کودآلی، تلقیح بذر با باکتری سودموناس، مصرف فسفر با ۲۵ درصد کمتر از ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود پتاسیم بالا (پتاس ماک، تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی ۱۵ درصد ازت کل، ۱۵ درصد فسفر قابل استفاده به شکل P_2O_5 و ۳۳ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O) از نظر تاثیر بر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کود دامی با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و باکتری آزوسپیریلوم از طریق تثبیت زیستی نیتروژن همراه با مصرف کود شیمیایی نیتروژنه سبب افزایش عملکرد دانه برنج می‌گردند (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۵). گزارش شده که مصرف کود شیمیایی کامل به همراه مکمل‌های کودآلی به‌دلیل افزایش فعالیت فتوسنتزی و انتقال مجدد مواد پرورده از برگها به دانه، سبب افزایش عملکرد نهایی دانه گردید (عاشوری و همکاران، ۱۳۹۲). از طرف دیگر کود دامی از طریق اثر بر قدرت جذب، نگهداری و رطوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس روی افزایش اجزای عملکرد گندم اثر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه شد (خسروی و محمودی، ۱۳۹۲). نتایج تحقیقات دیگر مانند نتایج اصفهانی و همکاران (۱۳۸۴)، آذرپور (۱۳۸۹)، محمدیان و همکاران (۱۳۸۹) مشابه با نتایج این تحقیق بوده است. با توجه به این که کودهای دامی و زیستی، عناصر غذایی را به‌تدریج آزاد کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهند بنابر این گیاه می‌تواند در تمام طول دوره رشد خود از این عناصر استفاده نماید که نهایتاً سبب بهبود

عملکرد دانه گردید (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۵). به نظر می‌رسد که کود نیتروژن از طریق تاثیر بر روی اجزاء عملکرد به‌ویژه تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله و هم چنین تاثیر بر روی صفاتی نظیر طول سنبله و افزایش مساحت برگ پرچم، باعث افزایش ماده خشک گیاه و در نهایت عملکرد دانه شده است (اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۴).



شکل ۴-۶ - اثر متقابل سطوح کود آلی و شیمیایی بر عملکرد دانه

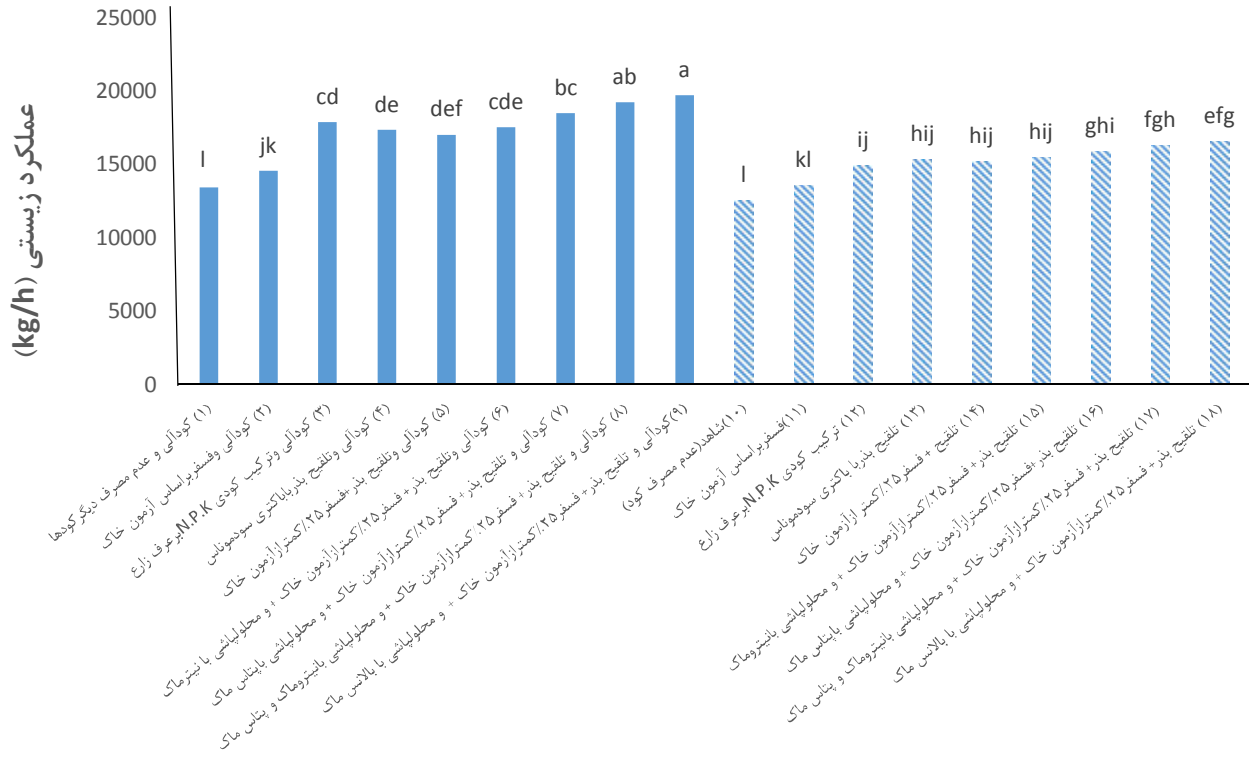
۴-۱-۶- عملکرد زیستی

بررسی‌های جدول تجزیه واریانس نشان داد تاثیر کودآلی بر این صفت معنی‌دار نبود. در صورتی‌که تجزیه واریانس تاثیر در مدیریت تغذیه بر عملکرد زیستی در سطح ۱ درصد معنی‌داری آن‌را مشاهد گردد. همچنین نتایج در جدول تجزیه واریانس اثر متقابل کودآلی و مدیریت تغذیه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد است (جدول ۱ پیوست).

در (شکل۴-۷) ملاحظه می‌شود بیشترین میانگین عملکرد زیستی به میزان ۱۹۷۲۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ۹ مصرف کودآلی و تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر ۲۵ درصد

کمتراز ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود بالانس ماک (تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی: ۲۰ درصد ازت کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به‌شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O) می‌باشد. در تیمار ۱۰ شاهد (عدم مصرف کود) عملکرد دانه به میزان ۱۲۵۵۸ کیلو گرم در هکتار با ۳۶/۳ درصد کمتر مشاهد میگردید. باید توجه نمود تفاوت عملکردی در تیمار ۸ مصرف کودآلی و تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک و محلول‌پاشی با پتاسیم بالا (پتاس ماک) و نیتروژن بالا (نیتروماک) و تیمار۷ مصرف کودآلی و تلقیح بذر و مصرف فسفر۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک و محلول‌پاشی با پتاسیم بالا (پتاس ماک، تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه با انالیز کودی:۳۳ درصد پتاسیم به شکل قابل استفاد K_2O و ۱۵درصد فسفر به شکل قابل استفاد P_2O_5 و ۱۵ درصد نیتروژن کل) آنچنان محسوس و معنی دار نبوده است. مصرف کود دامی، نیتروژن و تلقیح، عملکرد زیستی بیشتر به‌دلیل افزایش ارتفاع گیاه و سطح برگ در اثر جذب عناصر غذایی بیشتر توسط گیاه و افزایش فعالیت‌های بیوشیمیایی و به‌دنبال آن افزایش عملکرد زیستی می‌شود (گلچین و همکاران، ۱۳۸۳). مرادی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند، تیمار کود زیستی در مقایسه با تیمار عدم تلقیح با کود زیستی موجب افزایش عملکرد زیستی در گیاه گندم گردید. رهاسازی عناصر غذایی در اثر تجزیه موادآلی به وسیله ریزجانداران خاک مرتبط است که به همراه نیتروژن کافی باعث می‌شود گیاه گندم با تغذیه بهتر، ماده خشک تجمع یافته در اندام هوایی خود را افزایش دهد. موادآلی از طریق بهبود فعالیت‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می‌توانند عملکرد زیستی را افزایش دهند (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴). در آزمایشی گلچین و همکاران (۱۳۸۳) گزارش نمودند، مصرف کودهای آلی باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی گندم گردید. بدیهی است زمانی که عناصر غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار گیرد، بدنبال آن فتوسنتز به خوبی انجام شده و تجمع مواد پرورده به میزان کافی صورت خواهد گرفت که باعث افزایش در عملکرد زیستی می‌گردد. نتایج با گزارش مرادی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. احتمالاً یکی از دلایل دیگری که باکتری در حضور کود دامی اثر

بهتری بر عملکرد زیستی دارد این است که، این باکتری از گروه باکتری‌های هتروتروف می‌باشد که برای رشد و فعالیت نیاز به‌منابع ساده کربنی دارد و در حضور ماده‌آلی، این مهم محقق می‌شود. بنابر این باکتری در این شرایط رشد و تکثیر یافته و با تولید متابولیت‌های مختلف و تثبیت نیتروژن بر عملکرد زیستی مؤثر است (خسروی و محمودی، ۱۳۹۲).

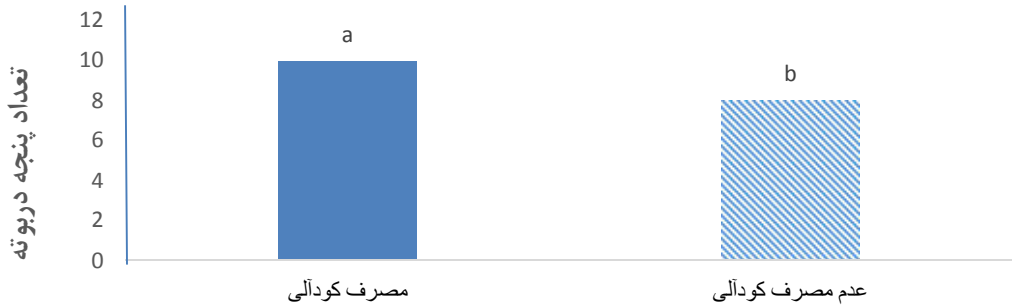


شکل ۴- ۷- اثر متقابل سطوح کودآلی و شیمیایی بر عملکرد زیستی

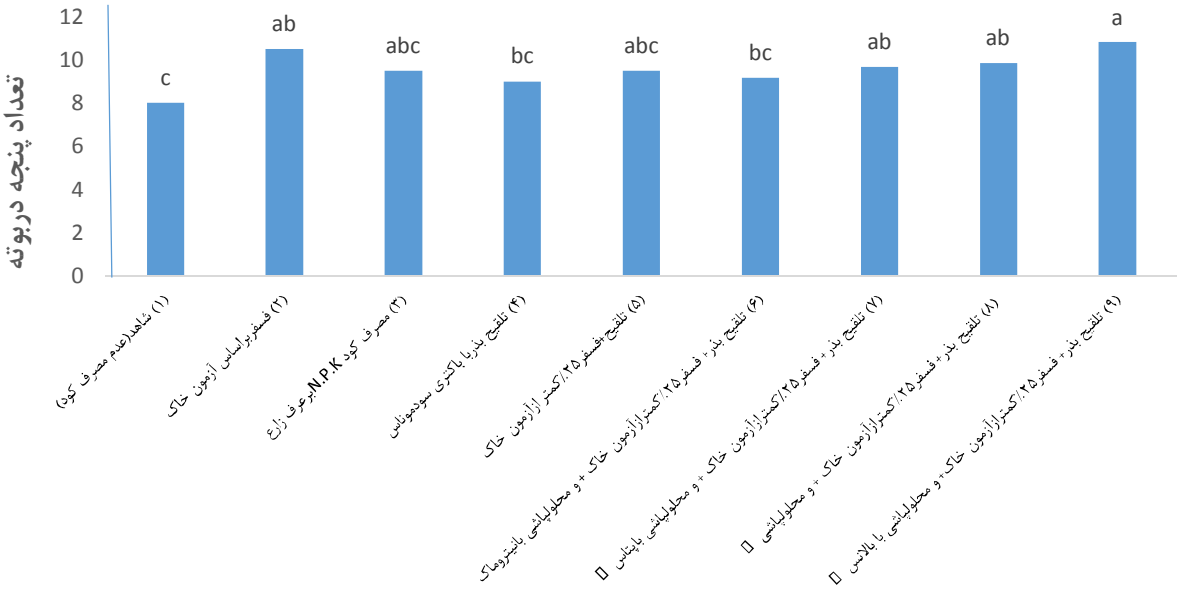
۴-۱-۷- تعداد پنجه (بوته)

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر کاربرد کودآلی و مدیریت تغذیه در سطح ۱درصد بر تعداد پنجه در بوته معنی‌دار گردید. هر چند که اثر متقابل این دو عامل بر تعداد پنجه اختلاف معنی‌دار نداشت. نتایج حاصله بیانگر این است که کاربرد ماده‌آلی باعث افزایش تعداد پنجه در گندم شده است (شکل۴-۹) این افزایش ممکن است به‌علت افزایش میزان جذب کود نیتروژن خاک و

همچنین تولید تریپتوفان (پیش ساز هورمون اکسین) توسط میکروارگانیسم‌های کودهای زیستی باشد (بوریس، ۲۰۰۰؛ وانی، ۱۹۸۸) نتایج این تحقیق با گزارش حجتی پور و همکاران (۱۳۹۲) همخوانی دارد. مقایسه میانگین اثر مدیریت تغذیه بر این صفت نشان داد که تیمار ۹ شامل (مصرف کودآلی و تلقیح بذر با باکتری سودموناس و مصرف فسفر ۲۵ درصد کمتر از ازمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلول پاشی کود بالانس ماک (تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی ۲۰ درصد ازت کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O می‌باشد) باعث بیشترین افزایش تعداد پنجه با ۱۰ عدد در گیاه گندم شده است و نیز کمترین تعداد هم برای تیمار۱۰ یا شاهد (عدم مصرف کود) با ۷ عدد پنجه بوده است (شکل۴-۱۰) نتایج به‌دست آمده توسط باگایوکو (۲۰۱۲) نشان داد که مصرف کود نیتروژن باعث افزایش تعداد پنجه در متر مربع شده است. آکیتا (۱۹۸۹) اظهار داشت که تشکیل سنبله‌ها و پنجه‌ها تحت تأثیر جذب نیتروژن و دسترسی به کربوهیدرات‌ها در طول مرحله زایشی قرار می‌گیرد و نیتروژن بالاتر در بافت‌های گیاهی موجب تمایز بهتر سنبله‌ها، تعداد پنجه و عرضه بهتر مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای به حداقل رساندن ریزش سنبله‌ها در طول مرحله زایشی می‌گردد. اثر کاربرد باکتری همزیست در افزایش ارتفاع بوته و پنجه را نیز می‌توان مستقیماً به افزایش تثبیت زیستی نیتروژن نسبت داد، افزایش میزان نیتروژن، ارتفاع بوته، سرعت رشد محصول و پنجه‌زنی را افزایش می‌دهد. فاگریا و سانتوس (۲۰۰۸)، زاید و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که کاربرد تلفیقی کود نیتروژن و کودآلی به واسطه افزایش قابلیت دسترسی گیاه به فسفر، حفظ باروری و بهبود خصوصیات خاک سبب افزایش تعداد سنبله در کپه و پنجه گردیده است.



شکل ۴-۸- اثر سطوح کود آلی بر تعداد پنجه

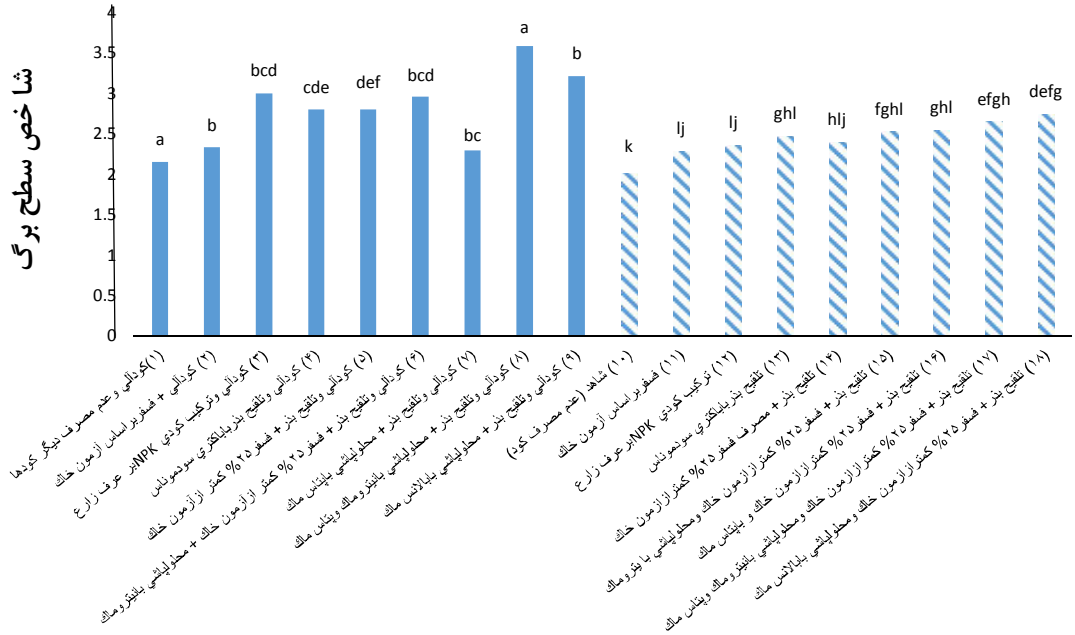


شکل ۴-۹- اثر سطوح کود شیمیایی بر تعداد پنجه

۴-۱-۸- شاخص سطح برگ

نتایج در تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تاثیر مصرف کودآلی و مدیریت تغذیه در سطح ۱ درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد (جدول ۱ پیوست). اثر متقابل کودآلی و کود شیمیایی در سطح ۱ درصد تاثیر معنی‌داری را بر این شاخص نشان داد و همان‌طور در (شکل۴-۱۰) دیده می‌شود، بهترین میانگین در شاخص سطح برگ مربوط به تیمار ۸ شامل (مصرف کودآلی، تلقیح بذر با باکتری سودوموناس، مصرف فسفر به میزان ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات

تریپل) و محلول‌پاشی کود نیتروژن بالا (نیتروماک) و پتاسیم بالا (پتاس ماک) به مقدار ۳/۵۸ می-باشد و کمترین میانگین مربوط به تیمار ۱۰ یا شاهد (عدم مصرف کود) به مقدار ۲ می‌باشد. گزارش شده است که افزایش میزان نیتروژن از طریق افزایش سطح فتوسنتز کننده در گندم باعث افزایش تأمین مواد فتوسنتزی مورد نیاز رشد شد. که به تبع آن باعث افزایش شاخص سطح برگ نیز شده است داروینکل (۱۹۸۳). با افزایش سطح برگ در اثر کاربرد نیتروژن مواد فتوسنتزی در مقادیر کافی تولید شده و بدین وسیله رقابت بین دانه‌ها برای دریافت مواد فتوسنتزی کاهش یافته و وزن دانه‌ها افزایش می‌یابد (قرآتی، ۲۰۰۶).

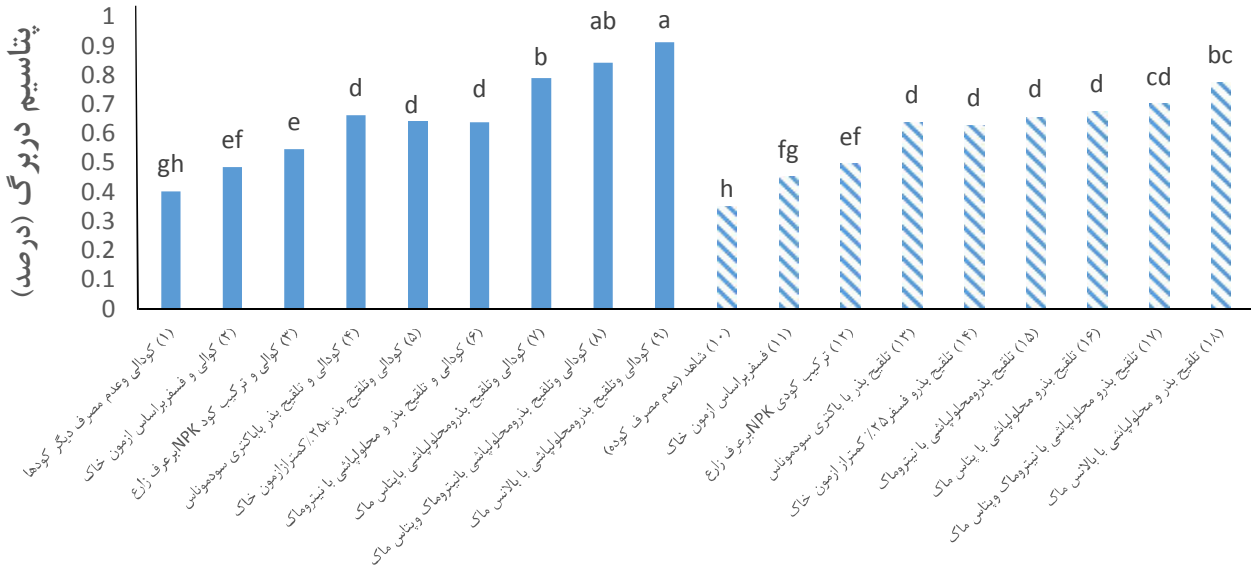


شکل ۴-۱۰- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر شاخص سطح برگ

۴-۱-۹- غلظت پتاسیم در برگ

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد که تاثیر مصرف کودآلی و تیمارهای مدیریت تغذیه برغلظت پتاسیم در برگ در سطح ۱درصد معنی‌دار بود (جدول ۲ پیوست). بعلاوه اثر متقابل کودآلی و مدیریت تغذیه در سطح ۱ درصد براین صفت معنی‌دار بوده است و همان‌طور که در (شکل۴-۱۱) ملاحظه می

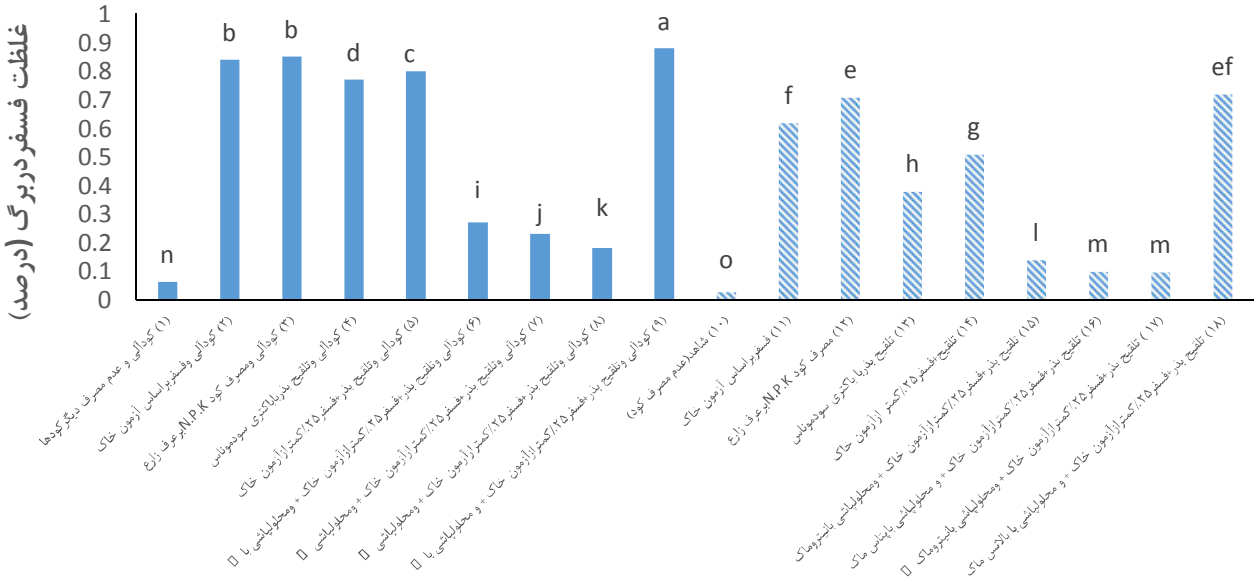
شود، بالاترین میانگین در غلظت پتاسیم برگ مربوط به‌تیمار ۹ شامل (مصرف کود آلی، تلقیح بذر با باکتری سودوموناس، مصرف فسفر ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلولپاشی با بالانس‌ماک (تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی ۲۰ درصد ازت کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O می‌باشد) به مقدار۰/۹۱۳ درصد می‌باشد و کمترین میانگین مربوط به‌تیمار۱۰ یا شاهد (عدم مصرف کود) به مقدار ۰/۴۰۳ درصد بود. پتاسیم یکی از عناصر مهم در تغذیه گیاهی است که تقریبا هم اندازه نیتروژن دربافت‌های گیاهی وجود دارد و واکنش‌های مهم فیزیولوژیکی از جمله فعال کردن آنزیم‌ها، فتوسنتز، تنفس، روابط آبی گیاه و توازن یونی را در گیاه بر عهده دارد و در بهبود کیفیت محصول کشاورزی نیز جایگاه ویژه‌ای دارد به‌طوری که از این عنصر به نام عنصر کیفیت نا مرده می‌شود (مارس چر، ۱۹۹۵).



شکل ۴-۱۱- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر غلظت پتاسیم در برگ

۴-۱-۱۰- غلظت فسفر در برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد که تاثیر مصرف کودآلی و تیمارهای مدیریت تغذیه بر غلظت فسفر در برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده (جدول ۲ پیوست). همین‌طور اثر متقابل کودآلی و کود شیمیایی در سطح ۱ درصد تاثیر معنی‌داری را بر روی این صفت از خود نشان داد و همانطور که در (شکل۴-۱۲) ملاحظه می‌شود، بالاترین میانگین غلظت فسفر برگ مربوط به‌تیمار ۹ شامل (مصرف کودآلی، تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و مصرف فسفر ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلولپاشی با بالانس‌ماک (تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی ۲۰ درصد ازت کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O می‌باشد) به مقدار ۰/۸۸درصد می‌باشد و کمترین میانگین مربوط به‌تیمار۱۰ یا شاهد (عدم مصرف کود) به مقدار ۰/۰۲۹ درصد بود. اغلب پژوهشگران براین باورند که فسفر کافی سبب ازدیاد رشد گیاه، توسعه و گسترش ریشه می‌شود. بدین ترتیب گیاه می-تواند از حجم بیشتری از خاک به منظور جذب عناصر غذایی و رطوبت استفاده نماید (گورلی و همکاران، ۱۹۹۳؛ هاولین و همکاران، ۱۹۹۹؛ بنت، ۱۹۹۶). فسفر موجود در ترکیبات آلی گیاهان سبز، فرم قابل جذب و تغییر پذیر را برای گیاه بعدی فراهم می‌کند. فسفر آلی از طریق فرایند معدنی شدن بتدریج به فسفر معدنی تبدیل شده و توسط گیاه زراعی جذب می‌گردد (کاویجلی و سین، ۲۰۰۳).

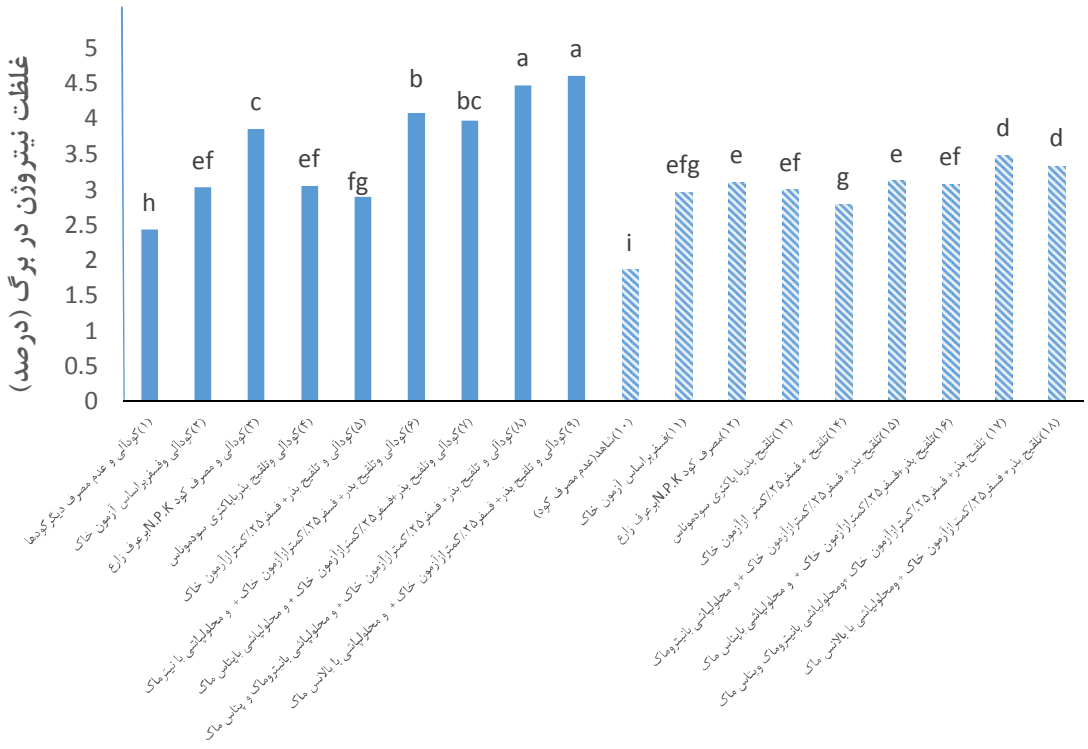


شکل ۴-۱۲- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر غلظت فسفر در برگ

۴-۱-۱۱- غلظت نیتروژن در برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین مصرف کودآلی و عدم مصرف کودآلی و همچنین بین تیمارهای مدیریت تغذیه از نظر تاثیر بر این صفت تفاوت معنی‌داری در سطح درصد وجود دارد (جدول ۲ پیوست). اثر متقابل کودآلی و مدیریت تغذیه در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری را از نظر تاثیر بر این صفت از خود نشان داد و همانطور که در (شکل۴-۱۳) ملاحظه می‌شود، بالاترین میانگین در غلظت نیتروژن برگ مربوط به تیمار ۹ شامل (مصرف کودآلی، تلقیح بذر با باکتری سودوموناس، مصرف فسفر ۲۵ درصد کمتر از آزمون خاک (۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و محلولپاشی با کود بالانس‌ماک (تولیدی شرکت فن آوران کودهای نوین پارسه و دارای آنالیز کودی ۲۰ درصد ازت کل، ۲۰ درصد فسفر قابل استفاده به شکل P_2O_5 و ۲۰ درصد پتاسیم قابل استفاده به شکل K_2O می-باشد) و به مقدار ۴/۶ درصد می‌باشد و کمترین میانگین مربوط به تیمار۱۰ یا شاهد (عدم مصرف کود) به مقدار ۱/۸۶ درصد بود. طبق نظر بانر و وارنر عنصر نیتروژن بعد از عناصر کربن، هیدروژن و اکسیژن از بیشترین غلظت در مادهٔ گیاهی برخوردار می‌باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). غلظت

نیتروژن در اندام‌های گیاهی متغیر بوده و داخل هر اندام نیز بسته به‌مرحلهٔ نمو تغییر می‌کند. اندام-های هوایی گیاه جوان گندم براساس وزن خشک، ۳/۷ تا ۴/۲ درصد نیتروژن در ساقه‌ها و برگ‌ها دارند و غلظت نیتروژن در این اندام‌ها در زمان بلوغ به کمتر از یک درصد تنزل می‌کند (الریچ و همکاران، ۱۹۷۳؛ ترمن، ۱۹۷۹؛ وردمن و همکاران، ۱۹۷۹). کاهش نیتروژن در برگ‌ها سریعتر از ساقه‌ها صورت می‌گیرد. در عوض، انتقال آن از ساقه به دانه تا نزدیک برداشت ادامه می‌یابد. در گیاه جوان گندم، نیتروژن غالباً به طور برابر بین ریشه و اندام‌های هوایی توزیع می‌گردد، ولی با مسن شدن گیاه، انتقال نیتروزن عمدتاً به برگ‌ها و سپس به دانه‌ها اختصاص می‌یابد (هارپر و همکاران، ۱۹۸۷).

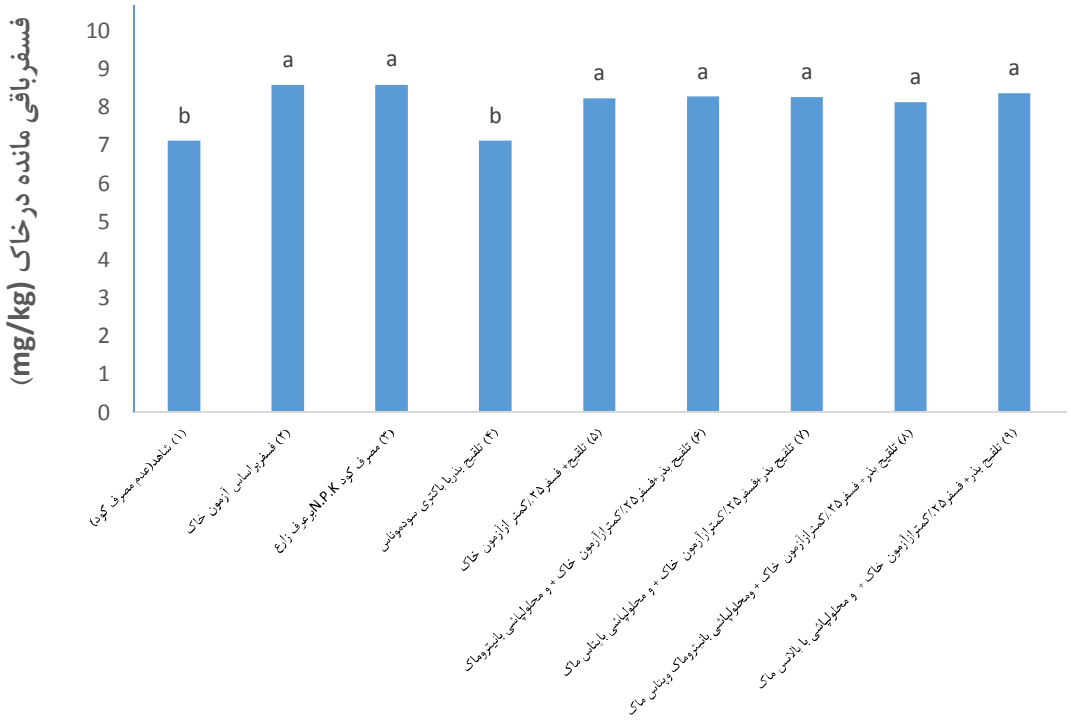


شکل ۴-۱۳- اثر متقابل سطوح کودآلی و کود شیمیایی بر غلظت نیتروژن در برگ

۴-۱-۱۲- فسفر باقیمانده در خاک

نتایج این بررسی نشان داده که تاثیر کودآلی به میزان فسفر باقی مانده در خاک از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول۲ پیوست). همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که اثر مدیریت تغذیه بر فسفر

باقی مانده در خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده (جدول ۲ پیوست). مقایسه میانگین (شکل ۴ – ۱۴) نشان داد که کمترین مقدار فسفر باقی ماند در خاک مربوط به تیمارهای ۱ شاهد (عدم مصرف کود) و تیمار۴ شامل (مصرف کودآلی و تلقیح بذر با باکتری سودوموناس فلورسنس (کود زیستی حل-کننده فسفر خاک) بوده و سایر تیمارهای مورد بررسی از این نظر در یک سطح آماری قرارداشته‌اند.



شکل ۴- ۱۴- اثر سطوح کود شیمیایی بر فسفرباقیمانده در خاک

جدول پیوست ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد اندازه‌گیری تحت تأثیر سطوح مختلف کودآلی و مدیریت تغذیه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		وزن هزار دانه	عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	عملکرد زیستی	تعداد سنبله	تعداد پنجه دربوته	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ
بلوک	۲	۷/۱۵^{ns}	۶۰۷۴۴۳۲/۶۶*	۲۵/۷۹**	۲۵۰۹۲۱۰۶/۹۵^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۰/۳۸^{ns}	۱۷۳/۰۴*	۰/۴۰۲^{ns}
کود آلی	۱	۳۷۳/۴۰*	۲۱۷۸۱۹۸۱/۶۸*	۳۳۲/۵۱**	۷۸۳۹۸۷۴۲/۹۹^{ns}	۱۵/۵۷**	۳۲/۶۶**	۲۱۹/۲۱*	۲/۶۸*
خطا	۲	۴/۵۱۸	۲۹۰۷۸۶/۶	۱/۴۶	۴۴۴۲۹۸۱	۰/۰۷۴	۰/۰۵۵	۵/۷۳	۰/۱۵۵
مدیریت تغذیه	۸	۱۱۱/۸۵**	۷۴۹۴۲۹۱/۷۹**	۹۲/۰۱**	۲۰۶۷۶۱۳۴/۵۷**	۱/۲۹*	۴/۱۲**	۱۸۵/۸۲**	۰/۶۰**
کودآلی× مدیریت تغذیه	۸	۱۲/۷۴**	۸۰۸۶۹۲/۰۹**	۱۱/۵۱**	۱۴۲۱۲۰۵/۷۲*	۰/۳۶^{ns}	۰/۷۹^{ns}	۲۱/۱۲**	۰/۱۰**
خطا	۳۲	۲/۰۱	۱۷۸۸۵۹/۹۳	۲/۲۹	۵۱۱۲۶۶/۶۱	۰/۵۴	۰/۹۵	۳/۶۰	۰/۰۲
ضریب تغییرات		۲/۷۲	۵/۵۰	۴/۱۱	۳/۹۶	۹/۲۸	۱۰/۲۰	۱/۸۹	۵/۸

**،*و ns به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول پیوست۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد اندازه‌گیری تحت تاثیر سطوح مختلف کودآلی و مدیریت تغذیه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		پتاسیم در برگ	فسفردربرگ	نیتروژن در برگ	باقیمانده فسفردرخاک
بلوک	۲	۰/۰۲۱*	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۳ ns	۳/۴۳۴ ns
کودآلی	۱	۰/۰۴۹**	۰/۴۱۰**	۵/۲۸۵**	۰/۰۹۸ ns
خطا	۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۱	۰/۰۰۱
مدیریت تغذیه	۸	۸۹/۰۵۵**	۰/۵۷۴**	۲/۰۹۵**	۱/۸۸۱**
کودآلی × مدیریت تغذیه	۸	۳/۳۰۲**	۰/۰۱۸**	۰/۳۰۲**	۰/۰۱۲ ns
خطا	۳۲	۲/۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۱۵۴
ضریب تغییرات		۶/۱۸	۵/۵۰	۳/۲	۴/۸۷

منابع

آذرپور ا، (۱۳۸۹) " ارزیابی مدلORYZA درشرایط مدیریت کود نیتروژن در شالیزارهای گیلان کارشناسی ارشد پایان نامه دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۵۹۳ ص.

آستارائی ع ر، و کوچکی ع، (۱۳۷۵) " کاربرد کودهای زیستی درکشاورزی پایدار، ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۱۶۸.

آلیاری ه، (۱۳۷۹) " دانه های روغنی، زراعت و فیزیولوژی.انتشارات عمیدی تبریز، کل ص ۱۸۲.

بی نام، (۱۳۹۲) " آمار نامه کشاورزی جلد اول. محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، مرکز فناوری و اطلاعات و ارتباطات.

بی نام، (۱۳۹۵) " آمار نامه کشاورزی جلد اول. محصولات زراعی.وزارت جهاد کشاورزی، مرکز فناوری و اطلاعات و ارتباطات، ص۱۶۳.

افیونی ج، امیرمرادی ب، و کامکار ب، (۱۳۸۰) " فیزیولوژی علف های هرز: تولید مثل و اکوفیزیولوژی. جلد ۱، انتشارات دانشگاه گیلان، ص۲۶۰.

ابراهیم‌زاده ح، (۱۳۶۹) " فیزیولوژی‌گیاهی (مبحث تغذیه و جذب. ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران، ص ۵۱۴.

احیائی ع، و بهبهانی زاده م، (۱۳۷۲) " شرح روشهای تجزیه شیمیائی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۸۹۳، تهران، ایران.

اسدی رحمانی ه، خسرو ه، علیپور م و ملکوتی م ج، (۱۳۸۳) " نقش باکتریهای محرک رشد *(PGPR)* در رشد و سلامت گیاه. قسمت اول: افزایش عملکرد گیاه، نشریه شماره ۳۰۹ .انتشارات سنا، تهران، ایران.

اسدی رحمانی ه، و فلاح ن ع، (۱۳۸۰) " تولید و ترویج کودهای زیستی محرک رشد گیاه. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۲. ویژه نامه بیولوژی خاک، ص ۹۷- ۱۰۵.

اصفهانی م، صدرزاده س، کاووسی م، و دباغ محمدی نسب ع، (۱۳۸۰) " بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و رشد برنج رقم خزر. مجله علوم زراعی ایران. جلد هفتم، شماره ۳، ص ۲۲۶-۲۴۰.

اکبری م، زارع م، اشرف ج، مهرابی ع و نصرالله نژاد ع ا، (۱۳۹۰) " بررسی میزان جذب فسفر و آهن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک درگندم نان و گونه‌های وحشی اجدادی آن. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی،۴(۲): ص ۱۰۴-۹۳.

امام ی، و نیک‌نژاد م، (۱۳۷۳) " مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی(ترجمه). انتشارات‌دانشگاه شیراز.

امام ی، (۱۳۸۶) " زراعت غلات، مرکز نشر دانشگاهی شیراز، ص۲۰۰.

امامی ع، (۱۳۷۵) " روش های تجزیه گیاه، موسسه تحقیقات خاک و آب نشریه شماره ۹۸۲، تهران، ایران.

امام ع، (۱۳۷۵) " روش‌های تجزیه گیاه، مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، جلد۱، شماره۹۸۲.

امیری م ب. رضوانی مقدم پ. قربانی ر. جباری ف. دیهیم فرد ر. و فلاح پور ف، (۱۳۹۲) " اثرات تلقیح بذر توسط کود های زیستی بر خصوصیات رشدی سه رقم گندم در مرحله سبز شدن در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۱(۱): ۷۲-۶۴.

امیری م ب، رضوانی مقدم پ، قربانی ر، جباری ف، دیهیم فرد ر. و فلاح پور ف. (۱۳۹۲) " اثرات تلقیح بذر توسط کودهای زیستی بر خصوصیات رشدی سه رقم گندم در مرحله سبز شدن در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۱(۱): ۷۲-۶۴.

احتشامی س م ر، آقاعلیخانی م، چائی‌چی م ر، و خاوازی ک. (۱۳۸۶) " تأثیر میکروارگانیسم‌های حل‌کننـــــده فســـــفات بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش کم آبی. دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، گرگان. ص ۳۲۱.

ایرانی پ، (۱۳۷۳) " بررسی اثرات میزان و زمـان مصـرف کـود سـرک روی خـواص کیفـی، ارزش نانوایی وعملکرد گندم. چکیده مقالات سومین کنگرۀ علوم زراعت و اصلاح نباتات ایـران. انتشـارات دانشگاه تبریز.

بزرگمهری ح، و ذوالقدر م، (۱۳۷۲) " بررسی اثرات زمان و نحوه مصـرف کـود سـرک نیتروژنـه در مراحل‌مختلف رشد و تاثیر آن بر عملکرد کمّی و کیفی ۴ رقم گندم. خلاصه مقالات اولـین کنگـرۀ زراعت و اصلاح‌نباتات ایران. انتشارات دانشگاه تهران.

بهنیام ر، (۱۳۷۳) " غلات سردسیری. انتشارات دانشگاه تهران.

بی نام، (۱۳۷۷) " غلات در ائینه آمار مرکز آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی.

بی‌نام. (۱۳۷۴) " روزنامه همشهری. ۳۰ خرداد. ص ۴.

بی‌نام. (۱۳۷۴) " دفتر طرح و برنامه. آمار سال زراعی ۷۳ــ۷۲. سـازمان کشـاورزی اسـتان آذربایجـان شرقی. تبریز.

بی‌نام، (۱۳۶۷) " واحـد تحقیقـات بازرگـانی. ماهنامـۀ بررسـیهای بازرگـانی. شـمارۀ ۱۱. موسسـۀ مطالعات وپژوهشهای بازرگانی. تهران.

بی‌نام، (۱۳۷۳) " معاونت طرح و برنامه. اداره کل آمار و اطلاعـات کشـاورزی. آمارنامـۀ کشـاورزی. نشریۀ شماره۱۳. وزارت کشاورزی.

بیدادی م ج، کامکار ب، عبدی ا و کاظمی ح. (۱۳۹۴) " ارزیابی تناسب اراضی جهت کشت گندم دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه قره سو). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۵(۱): ۱۴۳-۱۳۱.

پاسبان‌اسلام ب، (۱۳۷۵) " تغییرات کربوهیدراتهای ذخیره‌ای ساقه در جریان تشکیل و پرشدن دانه، مطالعهٔ ویژگیهای زراعی در شرایط آبیاری و خشکی بعد از گلدهی در لاینهای ایزوژن گندم بهاره. پایان‌نامهٔ‌کارشناسی ارشد. دانشکدهٔ کشاورزی. دانشگاه تبریز.

پروازی‌شندی س. پازکی ع. اصغرزاده ا. آزادی ا و پاک نژاد ف، (۱۳۹۲) " اثر دور آبیاری، اسید هیومیک و باکتری‌های افزاینده رشد بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم رقم کویر در منطقه شهر ری. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۵(۱۸): ۳۳-۱۹.

پورصالح م، (۱۳۷۳) " غلات (گندم، جو، برنج، ذرت). انتشارات صفّار. تهران.

تصاعدی س، و کیانی راد م، (۱۳۷۶) " جداسازی میکرو ارگانیسم های حل کننده فسفات نا محلول از خاک توتستان های استان گیلان برای تهیه کود زیستی .خلاصه مقالات اولین گردهمائی ملی کاهش معروف سموم واستفاده بهینه از کودهای شیمیایی در کشاورزی، ص ۷۸.

جعفرزاده ع ا، کسرایی ر، و نیشابوری م ر، (۱۳۷۴) " گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مطالعات تفصیلی ۱۸ هکتار از اراضی و خاکهای ایستگاه تحقیقاتی کرج. انتشارات ادارهٔ امور پژوهشی دانشگاه تبریز.

جهان م، نصیری م، خلیل زاده م، حمیده ا، و رضوی ب. (۱۳۹۴) " نشریه پژوهشهای زراعی ایران، جلد ۱۳، شماره۴، ص ۸۲۳-۸۳۹

حاجیلو م، عباس دخت ح، عامریان م، غلامی ا، خاوازی ک، و سلیمی ح، (۱۳۸۹) " نقش کودهای زیستی بر خصوصیات رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای در اکوسیستم زراعی، مجموعه

مقالات اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم، مرکزتحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، اصفهان، ایران.

حجتی پور ا. جعفری حقیقی ب، و درستکار م، (۱۳۹۰) " مجله اکوفیزیولو ژی گیاهی، سال پنجم.

حسن آبادی ط، اردکانی م، رجالی ف، پاک نژاد ف، و افتخاری ا، (۱۳۸۹) " اثر کاربرد همزمان کودهای زیستی و شیمیایی بر صفات مورفولوژیک جو، مجموعه مقالات اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم، مرکزتحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، اصفهان، ایران.

خاوازی ک، و ملکوتی م ج، (۱۳۷۸) " ضرورت تولید صنعتی کودهای زیستی در کشور

خدابنده ن، (۱۳۷۹) " غلات. مرکز نشر سپهر. تهران.

خدامباشی م، کریمی م، و خواجه‌پورم ر، (۱۳۶۹) " اثر رژیمهای آبیاری بر روند رشد سویا.مجلهٔ علوم کشاورزی. جلد ۲۱. شمارهٔ ۱ و ۲.

خرمفرهادی ا، و فربودی م، (۱۳۹۴) " اثر سطوح نیتروژن و آرایش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج لاین امیدبخش .مجله پژوهش در علوم زراعی. ۴(۱۳): ۱۴-۱

خسروی ه، و محمودی ح، (۱۳۹۲) " بررسی اثر مایه تلقیح نیتروژنوباکتر به همراه کود دامی بر رشد گندم دیم. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار.۲ (۳): ۲۰۵-۲۱۹

خواجه‌پور م ر، (۱۳۶۵) " اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.

دستورالعمل فنی گندم (۱۳۸۳) " مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاوزی.

دشتی م، لکزیان ا، و حیدری ش ح، (۱۳۸۲) " استفاده از باکتری های تثبیت کننده نیتروژن راهکاری مناسب جهت کاهش آلودگی آب و خاک .خلاصه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد زیستی واستفاده بهینه از کود و سم درکشاورزی.

دیوسالار ر، سام دلیری م، نصیری م، امیری لاریجانی ب، موسوی میرکلایی ا ع، و صادقی ن، (۱۳۹۰) " بررسی اثر تلفیق کود آلی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در سیستم نوین مدیریت کشت برنج .مجله پژوهش های به زراعی ۳(۲): ۲۲۹-۲۱۷.

راهنما ع ا م، (۱۳۷۲) " تاثیرسطوح مختلف کود نیتروژنه و تراکم کاشت در مقدار محصول و کیفیت گندم رقم فلات در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشکدهٔ کشاورزی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

رحیمیان ر، و بنایان ح، (۱۳۷۵) " مبانی فیزیولوژیکی اصلاح نباتات. انتشارات جهاد دانشگاهی‌دانشگاه فردوسی مشهد.

ریحانی تبار ع، صالح راستین ن، علیخانی ح، و محمدی م، (۱۳۸۱) " اثرات کاربرد سویه های بومی پسودوموناس

زراعت گندم دیم، (۱۳۸۳) " انتشارات موسئسه تحقیقات کشاورزی دیم.

زرین‌کفش م، (۱۳۶۸) " حاصلخیزی خاک و تولید. انتشارات دانشگاه تهران.

ساروخانی ا، اولیاء پ، یخچالی ب، و ملبوبی م ع، (۱۳۷۹) " جداسازی باکتر یهای حل‌کننده فسفات از خاک‌های ایران ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، بابلسر.

سازمان خواروبارجهانی، (۲۰۱۷).

سلطانی طولارود ع، صالح راستین ن، خاوازی ک، اسدی رحمانی ه. عباس زاده دهجی، (۱۳۸۶) " جداسازی برخی از سودوموناس های فلورسنت بومی خاکهای ایران، کرج، پردیس *(PGP)* و بررسی صفات محرک رشد گیاهی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی آب و خاک گروه مهندس علوم خاک

سرمدنیا غ ح، و کوچکی ع، (۱۳۶۸) " فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

سلیمانی فرد ع، ناصر یراد ه، و ناصری ر ع، (۱۳۹۲) " اثر باکتریهای محرک رشد بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه هیبریدهای ذرت. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۱): ۷۱-۹۰

شکیبا م ر، (۱۳۷۴) " فیزیولوژی گیاهان زراعی تکمیلی (مباحث درسی در مقطع کارشناسی ارشد) دانشگاه تبریز.

صادقی م ر، (۱۳۷۰) " گندم مجموعه اطلاعات وارقام تولید و مصرف گندم از سری انتشارات بررسی کالاهای اساسی. موسسه اطلاعات و پژوهشهای وزارت بازرگانی. تهران.

صالح راستین ن، (۱۳۷۷) " کودهای زیستی. مجله علوم آب و خاک. ۳۶-۱(۳)۱۲.

عاشوری م، اصفهانی م، عبداللهی ش، و ربیعی ب، (۱۳۸۴) " اثر محلولپاشی مکمل‌های کودآلی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی دو رقم برنج. مجله تحقیقات غلات. ۳(۴): ۲۹۱-۳۰۵.

عبدمیشانی س، (۱۳۷۲) " بیوتکنولوژی گیاهی و اصلاح نباتات. خلاصه مقالات اولین کنگرهٔ زراعت و اصلاح نباتات ایران. انتشارات دانشکدهٔ کشاورزی. دانشگاه تهران. کرج.

عظیم‌زاده م، (۱۳۷۰) " تعیین الگوی رشد برای دو رقم گندم و سه رقم جو. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد دانشکدهٔ کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.

عموآقایی ر، مستأجران ا، و امتیازی گ، (۱۳۸۲) " تأثیر باکتری آزوسپیریلوم بر برخی شاخصهای رشد و عملکرد سه رقم گندم .مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۷(۲): ۱۳۸-۱۲۷.

غازان شاهی ج، (۱۳۷۶)" انالیز خاک وگیاه (ترجمه)، چاپ هما.

فرزانه ه، (۱۳۶۹) " آگروشیمی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.

فائو۲۳ اوردیبهشت، (۱۳۹۴).

فائو، (۲۰۱۷).

فائو، (۲۰۱۳).

قاسم نژاد ع، باقری فرد ا، و اصغری ع، (۱۳۹۲) " مطالعه اثر دمای خشک کردن بر برخی از خصوصیات فیتوشیمیایی برگ کنگره فرنگی(*cynora scolymus L.*)، فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، ۳(۳): ۲۱-۱۰.

کاظمی ح ا، (۱۳۷۴) " زراعت تکمیلی (مباحث درسی در مقطع کارشناسی ارشد). دانشگاه تبریز.

کاظمی ح ا، (۱۳۷۴) " زراعت خصوصی (جلد اول. غلات). مرکز نشر دانشگاهی تهران.

کریمی ه، (۱۳۷۱) " گندم. مرکز نشر دانشگاهی تهران.

کوچکی ع، (۱۳۶۸) " غذا و انرژی در جامعه (ترجمه و تدوین). انتشارات جاوید. مشهد.

گلچین ا، ردائی م، و ملکوتی م ج، (۱۳۸۳) " استفاده از گیاه پوششی (گندم ریزشی) در ارتقای سطح حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد .تغذیه متعادل گندم (مجموعه مقالات). انتشارات نشر آموزش کشاورزی کرج، ص ۵۴۴.

مرادی م، سلیمانی فرد ع، ناصری ر، قاسمی م، و آبرومند ک، (۱۳۹۴) " فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال هفتم، شماره بیست و هشتم.

مرادی م، سیادت س ع، خاوازی ک، ناصری ر، ملکی ع و میرزایی ا، (۱۳۹۰) " اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفر برصفات کمی و کیفی گندم بهاره مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۵ (۱۸):۵۱-۶۶

مصلحی ن، نیک‌نژاد ی، فلاح آ ه، و خیری ن ا، (۱۳۹۵) " فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز سال هشتم، شماره سیام،

ملکوتی م ج، (۱۳۷۸) " کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. چاپ دوم با بازنگری کامل نشرآموزش کشاورزی کرج ایران

ملکی ع، بازدار ع، لطفی ی، و طهماسبی ا، (۱۳۸۹) " اثر کود زیستی نیتروژنوباکتر و سطوح مختلف کود نیتروژنه برعملکرد و اجزای عملکرد در سه رقم گندم نان .مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز. ۴ (۱۶): ۱۲۱-۱۳۲

ملکوتی م ج و نفیسی م، (۱۳۷۳) " مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

ملکوتی م ج، و همایی م، (۱۳۷۳) " حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه حل‌ها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

ملکوتی م ج، کشاورز پ، و کریمیان ن ع، (۱۳۸۷) " روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

میرعرب ت، پیری ع، توسلی ع ا، و بابائیان م، (۱۳۹۵) " نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره۲ (۳۸)، ص ۳۳۸-۳۲۷.

نصیری م، (۱۳۸۱) " بررسی مناسب‌ترین تراکم بذر در جعبه‌های نشا جهت نشاکاری با ماشین‌های نشا ءکار برنج.گزارش نهایی طرح. انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران (آمل).

نورقلیپور ف، خاوازی ک، و خوش کام ت گ، (۱۳۸۲) " تأثیر کاربرد خاک فسفاته به همراه تیوباسیلوس و میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات بر عملکرد کمی و کیفی ذرت. سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی. ص۲۸۰-۲۹۴.

نورمحمدی ق، سیادت ع، و کاشانی ع، (۱۳۸۳) " زراعت غلات، جلد اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران، چاپ پنجم

هاشمی‌دزفولی ا ح، کوچکی ع، و بنایان‌اول م، (۱۳۷۴) " افزایش عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

یزدی‌صمدی ب، و پوستینی ک، (۱۳۷۳) " اصول تولید گیاهان زراعی (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی تهران

یزدی‌صمدی ب، (۱۳۶۷) " نقش و اهمیت تحقیقات در نیل به خودکفایی محصولات کشاورزی. مجموعه مقالات اولین کنگرهٔ ملی بررسی مسائل توسعه کشاورزی ایران. انتشارات سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایران.

یزدی صمدی ب، و عبدمیشانی س، (۱۳۷۰) " اصلاح نباتات زراعی. مرکز نشر دانشگاهی تهران.

یساری ا، (۱۳۹۲) " بررسی اثرات باکتری‌های حل‌کننده فسفات به‌عنوان کودهای زیستی و فسفر معدنی بر رشد و عملکرد سویا (*Glicyne max Merril*) رقم تلار در شمال ایران. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان، ۱(۱) :۱۸-۱.

Aase, J. K, (1978). relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. agron. J. 70: 563-565.

Asare, E, and scarisbrick, D. H. (1995). rate of nitrogen and sulfur fertilizers on yield, yield components and seed quality of oilseed rape *(Brassica napus L.)*. field crop res. 44(1): 41-46.

Afzal, A, and asghari. (2008). rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat. *(Triticum aestivum L.)*.Int. J. agri. biol, 10:85-88

Ahmed, S. (1995). agriculture-fertilizer interface in asia-issues of growth and sustainability oxfeor and IBH Publ. co. new delhi.

Ajayi, N. O. (1990). rapid determination of leaf area in ovate vegetable leaves by linearmeasurement. J. of hort. Sci. 65: 1-5.

Akita, S. (1989). progress in irrigated rice research. international rice research Institute. (3th.Ed.). Los Banos, Philippines.

Alagawadi, A. R and gaur, A. C. (1988). associative effect of rhizobium and phosphate - solubilizing bacteria on the yield and nutrient uptake of chickpea. Plant & soil. 105: 241–246.

Alcoz, M. M, F. M. hons, and V. A. haby. (1993). nitrogen fertilization timing effect onwheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen. agron. J. 85:1198-1203.

Angus, J. F, and R. A. fisher. (1991). grain and protein responses to nitrogen applied towheat growing on a red earth. aust. J. agric. res. 42: 735-746.

Auge, R. M, (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. mycorrhiza, 11: 3-42.

Austin, R. B, J. A. edrich, M.A. ford, and R.D. blackwell. (1977). the fate of dry matter, carbohydrates and c14lost from the leaves and the stems of wheat during grain filling. ann. bot. 41: 1309-1321.

Ayoub, M, S. guertin, J. fregeau-reid, and D. L. smith. (1994). nitrogen fertilizer effecton breadmaking quality of hard red spring wheat in eastern canada. crop sci. 34:1346-1352.

Ayoub, M, S. guertin, S. lussier, and D. L. smith. (1994). timing and level of nitrogenfertility effects on spring wheat yield in eastern canada. crop Sci. 34: 748-756.

Bagayoko, M. (2012). effects of plant density, organic matter and nitrogen rates on rice yields in the system of rice intensification *(SRI)* in the "office du niger" in mali. ARPN Journal of Agricultural and biological Science. 7 (8): 620-632.

Banchio, E, bogino, PC, zygadlo, J. and giordano, W, (2008). plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in organum majoranaL. 36:766-771.

Banziger, M, B. Feil, and P. stamp. (1994). competition between nitrogen accumulationand grain growth for carbohydrates during grain filling of wheat. crop Sci. 34: 440-446.

Barton, L. L. and B. C. hemming (1993). Iron chelation in plants and soil microorganisms. academic Press, USA.

Bauer, A, A. B. frank, and A. L. bblack. (1984). estimation of spring wheat leaf growthrates and anthesis from air temperature. agron. J. 76: 829-835.

Bennett, W. F. (1996). plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. p.1-7. In: W. F. Bennett. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. APS press.

Bennett, W. F. (1996). plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. p.1-7. In: W. F. bennett. nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. APS press.

Blade, S. F, and R. J. baker. (1991). kernel weight response to source-sink changes inspring wheat. crop sci. 31: 1117-1120.

Boatwright, G. O, and H. J. hass. (1961). development and composition of spring wheat asinfluenced by N, and P fertilization. Agron. J. 53: 33-36.

Bole, J.B, and S. dubetz. (1986). effect of irrigiation and nitrogen fertilizer on the yieldand protein content of soft white spring wheat. can. J. Plant Sci. 66: 281-289.

Boquet, D. J, and C. C. Johnson. (1987). fertilizer effect on yield, grain compositions, andfoliar disease of double crop soft red winter wheat. Agron. J. 79: 135-141.

Boyde, D. A, L. T. K. yuen, and P. needham. (1976). nitrogen requirements of cereals. I: response curve. J. agric. sci. ccamb. 87: 149-162.

Briggle, L.W, and B. C. curtis. (1987). wheat worldwide. In: E. G. heyne (ed). wheat andwheat improvement. A.S.A., C.S.S.A., S.S.S.A. Pubs. madison. wisconsin. U.S.A.

Briggs, D. J, and F. M. courtney. (1989). agricultural and environment. longman. london.pp. 101-119.

Brinkman, M. A, and Y. D. Rho. (1984). response of three oat cultivars to n fertilizer. crop Sci. 24: 973-977.

Bruckner, P. L, and D. D. morey. (1988). nitrogen effects on soft red winter wheat yield, agronomic characteristics, and quality. Crop Sci. 28: 152-157.

Bullock, D. G, R. L. nielson, and W.E. nyquist. (1988). agrowth analysis comparison ofcorn growth in conventional and equidistant plant spacing. crop sci. 24: 1187-1191.

Bulman, P, and D. L. smith. (1993). accumulation and redistribution of dry matter andnitrogen by spring barley. agron. J. 85: 1114-1121.

Bulman, P, and D. L. smith. (1993). grain protein response of spring barley to high ratesand post-anthesis application of fertilizer nitrogen. agron. J. 85: 1109-1113.

Bulman, P, and D. L. smith. (1993). yield and yield components response of spring barleyto fertilizer nitrogen. agron. J. 85: 226-231.

Buttery, B. R. (1969). analysis of the growth of soybeans as affected by plant populationand fertilizer. can. J. plant sci. 49: 675-684.

Buysens, S, K. Heungens, j. poppe, and M. hofte. (1996). Involement of pyoverdin in suppresion of pythium-induced damping-off of tomato by pseudomonas aeruginosa 7NSK2. appl. environ. microbiol. 3:865-871.

Cakmakc, R. I, donmez. F. aydin A. and sahin. F. (2006) growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. soil . biol. biochem.38: 1482–1487.

Cavigelli, M. A. and thien, S. J. (2003). Phosphorus bioavailability following incorporation of green manure crops. soil science society of america Journal 67: 1186–1194

Cline, G. R. and silvernail, A. F. (2002). effects of cover crops, nitrogen, and tillage on sweet

Crowley, D. (2006). microbial siderophores in the plant rhizosphere. pp.169–198, In L. L. barton, and J. abadía *(eds.)*. Iron Nutrition in plants and rhizospheric microorganisms, Springer, Netherlands.

Davidson, D. J, and P. M. chevalier. (1992). storage and remobilization of water-solublecarbohydrates in stems of spring wheat. crop sci. 32: 186-190.

Day, A. D, E. B. Jackson, and a. alemu. (1978). effects of cultural practices on grain yieldof irrigated wheat. agron. J. 70: 279-282.

Dobbelaere, S, croonenborghs, A. thys, A. Ptacek, D. Okon Y. an vanderleyden. J. (2002) effect of inoculation with wild type azospirillum brasilense and a. irakense strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. biol. fertil. soils. 36: 284–297.

Doyle, A. D, and I. C. R. holford. (1993). the uptake of nitrogen by wheat, its agronomicefficiency and their relationship to soil and fertilizer nitrogen. aust. J. agric. Res. 44:1245-1258.

Dubetz, S. (1972). effects of nitrogen on yield and protein content of manitou and piticwheats grown under irrigation. can. J. Plant Sci. 52: 887-890.

Duijff, B. J, meijer, J. W. Bakker, P. A. H. M. and Schippers, B. (1993). Siderophore-mediated competition for iron and induced resistance in the suppression of Fusarium wilt of carnation by fluorescent Pseudomonads spp. Neth. Plant. Pathol. 99: 277–289.

Fageria, N. K. and Santos, A. B. (2008). yield physiology of dry bean. Journal of Plant nutrition. 31: 983-1004.

Food and agriculture organization (F.A.O). (2017). Year Book. 47: 68-69. F. A. O. Italy.

Gaur, A. C. (1990). phosphate solubilizing microorganisms as biofertilizers. omega scientific Publisher. can. J. microbiol. 36:265-272.

Glick B.R. (1995). the enhancement of plant growth by free-living bacteria. can. J. microbiol. 41: 109-117.

Glick, B. R. (1995). the enhancement of plant growth by- free- living bacteria. canadian Journal of microbiology. 41: 109-117.

Glick, B. R, D. M. Penrose and J. Li. (1998). amodel for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growthpromoting bacteria. J. theor. Biol. 190: 3-68.

Goldstein, A. H. (1986). recent progress in understanding the molecular genetics and biochemistry of calcium phosphate solubilization by gram negative bacteria. biological agriculture and Horticulture, 12: 185- 193.

Goldstein, A. H, rogres. R. D. and mead, G. (1993). mining by microbe. bio/Technol. 11, 1250-1254.

Gourley, C. J. P, D. L. allan and M. P. russell. (1993). defining phosphorus efficiency in plants. Plant and Soil.155/156: 29-37.

Gourley, C. J. P, D. L. allan and M. P. russell. (1993). defining phosphorus efficiency in plants. plant and Soil. 155/156: 29-37.

Gregory, P. J, B. marshall, and P. V. biscoe. (1981). Nutrient relations of winter wheat. 3:nitrogen uptake, photosynthesis of flag leaves and translocation of nitrogen to grain. J.Agric. Sci. camb. 96: 539-547.

Harper, L. A, R. R. sharpe, G. W. langdale, and J. E. giddens. (1987). nitrogen cyclingina wheat crop: soil, plant, and aerial nitrogen transport. agron. J. 79: 965-973.

Hatfield, J. L, and Prueger, J. H. (2004). nitrogen over-use, under-use, and efficiency. crop Science 26: 156-168.

Hatfield, J. L, and prueger, J. H. (2004). nitrogen over-use, under-use, and efficiency. Crop science 26: 156-168.

Hooker, M. L, D. H. sander, G. A. peterson, and L.A. daigger. (1980). gaseous N lossfrom winter wheat. agron. J. 72: 789-792.

Jones, D. L, and darrah, P. R. (1996). re-sorption of organic compounds by roots of *(zea mays L.)* and its consequences in the rhizosphere. plant soil. 178: 153-160.

Jutur PP and reddy AR, (2007). Isolation, purification and properties of new restriction endonucleases from bacillus badius and bacillus lentus. microbiological research 162: 378-383.

Katiyar, V, and R. goel. (2004). siderophore mediated plant growth promotion at low temperature by mutant of fluorescent pseudomonad. Plant growth Regulation 42:239-244.

Katznelson, H, Peterson, E. A. and rovatt, J. W. (1962). Phosphate dissolving microorganisms on seed and in the root zone of plants . can. J. bot . 40: 1181-1186.

Kloepper J.W, Lifshittz R, and zablotowicz R.M. (1989). free-living bacterial inocula for enchancing crop productivity. trends biotechnol. 7: 39-43.

Lauro A.O, luiz C.F. and Jose F.B.N. (2004) correlationand path analysis of yield and its components and plant *traitsin* wheat. ciência rural, santa maria, 34(6): 1701-1708.

Lifshitz R, kloepper J. W, kozlowski M, simonson c, carlson J, tipping E. M, and zaleska I. (1987). Growth promotion of canola *(rapeseed)* seedling by a strain of Pseudomonas putida under gnotobiotic conditions. Can. J. Microbiol. 33: 390-395

lima JD, mosquim PR, and damatta FM, (1999). Leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in phaseolus vulgaris as affected by nitrogen and phosphorus deficiency. Photosynthetica 37: 113-121.

mayak s, tirosh t, and glick B. R. (2004a). plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and pepers. plant sci. 66: 525-530.

Nemeikšienė, D. arlauskienė, a. and slepetienė, A. (2011). Improvement winter wheat yieldsin organic farming systems through innovation in green manure management. environment. technology. resources proceedings of the 8th International scientific and practical conference.11:268- 275.

palleroni, N. J. (1984). gram-negative aerobic rods and cocci: family i psodoumonads, in: krieg N. R, holt, j. G. (eds) bergeys manual of bacteriology, william and wilkins, baltimore. pp:141-168.

Rodriguez h, fragar, (1999), salisburry fb,ross cw plant physiology, wadsworth publications, phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion, biotechnol, adv, 17:319-339.

Ronanini D, Savin R and Hall AJ (2004) dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower *(Helianthus annus L)* exposed to brief interval of high temperature during grain filling. field crop research. 83: 79-90.

Rosas SB, andres GA, rovera m and correa NS, (2006). phosphate-solubilizing pseudomonas putida can influence the rhizobia legume symbiosis. ssoil biology and biochemistry 38: 3502-3505.

Roth, G. W, and H. G. marshall. (1989). Effects of timing of nitrogen fertilization and afungicide on soft-red winter wheat. agron. J. 79: 197-200.

rudresh DL, shivaprakash MK and prasad RD, (2005). effect of combined application of rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and trichoderma spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium L.)*. applied soil ecology 28: 139-146.

Saatovich, S. Z. (2006) Azospirilli of Uzbekistan soils and their influence on growth and development of wheat plants.Plant.Soil. 283:137-145.

Singh s,kapoor k k, (2003), solubilization of insoluble phosphates by bacteria isolated from different sources,environ,ecol,12:51-55.

Singh, R, Y. Singh, S.S. Prihar, and P. Singh. (2011). Effect of N fertilization on yield andwater use efficiency of dryland winter wheat as affected by stored water and rainfall.Agron. J. 67: 599-603.

Singh, Y, Singh, B. and Khind, C.S. (1992). Nutrient transformations in soil amended with green manure. Advance in Soil Science 20: 237-309.

Sujatha, M. G, Lingaraju, B. S., Palled, Y.B. and Ashalath, K.V. (2008). Importance of integrated nutrient management practices in maize under rain fed condition. Journal Agriculture Sciences 21: 334-338.

Tadesse, Y. (1983). Effect of green manuring on soil fertility and grain yield of maize. Sebil 2(1-2):26-28.

Talgre, L, Lauringson,E.and Makke, A. (2010). Amounts of nitrogen and carbon returned to soil depending on green manure and the effect on winter wheat yield.Agronomy Research 8:487–492.

Tilak، K.V.B. R.،C.S. singh، V.K. roy and N.S.S. Rao. (1982). azospirillum brailense and azotobacter chroococcum inoculum. effect on yield of maize *(Zea mays L.)* and sorghum (Sorghum bicolor). soil Biochem. 14:417-418

Venkateswarlu,B. (1976). Source-sink interrelationships in lowland rice. Plant and Soil.44:

Verma M, bra SK, tyagi RD, surampalli RY and val´ero JR, (2014). antagonistic fungi, trichoderma spp. panoply of biological control. biochemical Engineering Journal 37: 1-20.

Vlassak، K. L.V. holm، L. Duchateau، J Vanderleyden and R.D. Mot (1992). LSOLATION and characterization of fluorescent pseudomonads associated with the roots of rice and banan grown in sri lanka plant. Soil، 145:51-63

Wagar, A, shahroona, B, zahir, Z. A, and arshad, M. (2004). Inoculation with ACC deaminase containing rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Pakistan Journal of agricultural. 41:119-124.

Waldren, R. P, and A. D. flowerday. (1979). Growth stages and distribution of dry matter,N, P, and k in winter wheat. agron. J. 71: 391-397.

waqar, A, shahroona, bo, zahir, Z. A. and arshad, M. (2004). inoculation with ACC-deaminase containing Rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Pak. J. Agri. Sci, Vol. 41(3-4).

warade, S. D, S. B. desale and K.G. shinde, (1996) .effects of organic inorganic and bio-fertilizers on yield of onion bulbs cv.B-780. Journal of maharashtra agricultural Universities, Publ. 1996, 0(3):467-468

Welch R. M, allaway W. H, house W. A, Kubota I. (1991): geographic distribution of trace element problems In: mordavedt, J.J., Cox, F.R., shuman L.M., welch R.M. (Eds), micronutrients in agriculture, second ed., SSSA book series, No. 4, madison, WI USA. pp. 31-57.

Yasari, E, Patwardhan. A. M. (2007) effects of aztobacter and azospirillium inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola.asi. J. plant. Sci. 6(1):77-82.

Zaidi, A, saghir khan, M, and Amil, M. D. (2009). Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea *(Cicer arietinum L.)*. Eur. J. Agron. 19:15-21.

Abstract

In order to investigate the effects of integrated nutrient Management on yield and yield components of wheat, Ehsan cultivar (N8720), an experiment was conducted in the Mazandaran (Dashtenaze Sari)in crop year 2016-2017. The experiment was performed as a split plot based on randomized complete block design with three replications and tested by LSD test. In this study ,the main plot were different levels of organic matter:1- using organic matter before seed planting, 2- without organic matter using. The subplot were different fertilizer using in nine levels. 1- Check(without fertilizer using). 2- phosphorus using based on soil test, 3- composition of fertilizer based on conventional of region) incloud of 350 kg/ha nitrogen, 125 kg/ha triple super phosphate and 300 kg/ha potassium solphate. 4- bacterial (Pseudomonas fluorescent) inoculation of the seeds. 5- bacterial (Pseudomonas fluorescent) inoculation of the seeds +phosphorus using 25% less than soil test. 6- t 5 + spray nitro-mac. 7- t 5 + spray k-mac. 8- t 5 + spray nitro-mac and k- mak .9- t 5 + spray balance-mac.

The results showed that nitrogen and organic fertilizer use had a positive and significant effect on most traits. Inoculation of Pseudomonas fluorescens bacteria with nutritional management factors increased the studied traits compared to the application of triple superphosphate fertilizer separately. The highest number of tillers was related to organic fertilizer + inoculation seed + P fertilizer application, and the highest leaf area index was related to treatment 8 and non-use of organc fertilizers and chemical fertilizers. The highest amount of potassium and phosphorus in leaf was related to 9 treatments. Grain yield in integrated management increased by 62% compared to control treatment at 8936 kg ha-1

Key Words: Ehsan, Fertilizer, Gramine, Homogeneous Bacteria, Seed, Vegetative Traits

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agroecology

Evaluation of Integrated Nutrient Management on Yield and Yield Components of Wheat

By: Ahmad Fadaie

Supervisor:

Dr. Ahmad Gholami

Advisors:

Dr. Mahmoodreza Ramzanpour

Dr. Hamid AbbasDokht

September 2018