مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۸
۷۵-۹۲
www.jcri.ir

ارزیابی مزرعه‌ای سطوح مختلف نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در کشت تاخیری

عبدالرضا قرنجیکی[1*]، علیرضا فلاح نصرت آباد[2]

[1]استادیار موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
[2]دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۳

چکیده

نیتروژن مهم‌ترین عنصر محدود کننده تولید محصول در پنبه است. همچنان که کمبود این عنصر در گیاه منجر به کاهش عملکرد می‌شود، فراهمی بیش از حد آن نیز تاثیر منفی بر تولید محصول خواهد داشت. بنابراین، مدیریت مصرف کود نیتروژن در زراعت پنبه اهمیت بسیار زیادی دارد. باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*، به‌علت توان تثبیت غیرهمزیستی نیتروژن و بهبود رشد گیاه و تولید محصول، در کشاورزی بسیار مورد توجه هستند. به‌منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و این باکتری‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد کشت تاخیری پنبه رقم گلستان (کشت دوم پنبه بعد از برداشت گندم)، آزمایشی مزرعه‌ای با چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) و چهار سطح تلقیح بذر پنبه با این باکتری‌ها (بدون تلقیح، *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و ترکیب مساوی از تلفیق این دو باکتری) اجرا گردید. براساس نتایج تحقیق، اثر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه معنی‌دار بود. همچنین، با اینکه تلقیح بذر با باکتری‌ها منجر به افزایش غلظت نیتروژن برگ گردید، اما عملکرد و سایر اجزای عملکرد پنبه پاسخ معنی‌داری نسبت به تلقیح باکتری‌ها نشان نداند. اثر متقابل بین نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌ها نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود. با توجه به یافته‌های این آزمایش، برای کشت دوم پنبه رقم گلستان با عملکرد قابل انتظار کمتر از ۲ تن در هکتار، در شرایط خاک محل اجرای آزمایش، ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: *آزوسپیریلوم*، *ازتوباکتر*، رقم پنبه گلستان

---

*نویسنده مسئول: agharanjiki@yahoo.com

مقدمه

نیتروژن عنصری حیاتی برای رشد و نمو پنبه است. در تمام مراحل رشد، تامین این عنصر برای گیاه ضروری بوده و معمولاً در مقایسه با سایر عناصر غذایی، گیاه به نیتروژن بیشتری نیاز دارد. نیتروژن در گسترش کانوپی گیاه و عمل فتوسنتز برگ‌ها نقش مهمی داشته و تکامل غوزه شدیداً وابسته به این عنصر است (چن و همکاران، ۲۰۱۹). سیلسپور (۲۰۰۹) در یک آزمایش ۲ ساله مزرعه‌ای، با بررسی سطوح صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در خاکی که کربن آلی آن در سال اول ۰/۷۲ و در سال دوم ۰/۸۱ درصد بود، گزارش کرد که عملکرد وش پنبه تا سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، افزیش معنی‌داری نشان داد. همچنین، با اینکه کود نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن برگ نسبت به شاهد (تیمار کودی صفر) گردید، اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح کودی ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده نکرد. ذبیحی و همکاران (۲۰۱۴) نیز در یک تحقیق مزرعه‌ای، پاسخ پنبه به پنج سطح کودی صفر تا ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را بررسی نموده و نتیجه گرفتند که هرچند به موازات افزایش کود نیترژن، عملکرد وش پنبه نیز افزایش یافت، اما این افزایش تا سطح کودی ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، از نظر آماری معنی‌دار بود.

سیلسپور (۲۰۱۹) پاسخ پنبه به مصرف کود نیتروژن به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (برابر با توصیه کودی) را با سطوح صفر و ۵۰ درصد آن در یک خاک آهکی که کربن آلی آن ۰/۳۸ درصد بود، مورد مقایسه قرار داد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد وش با سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که افزایش محصول این تیمار نسبت به دو تیمار دیگر کودی از نظر آماری معنی‌دار بود. قجری و همکاران (۲۰۱۷) نیز با بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد پنبه گزارش کردند که هرچند با مصرف کود نیتروژن مازاد بر توصیه کودی، عملکرد وش پنبه تا حدودی افزایش یافت، اما اختلاف آن نسبت به تیماری که مطابق با توصیه کودی، نیتروژن دریافت کرده بود، از نظر آماری معنی‌دار نبود. انجم و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی سطوح صفر، ۵۶ و ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در خاکی که دارای ۰/۴۱ درصد کربن آلی بود، گزارش کردند که بالاترین ارتفاع بوته و عملکرد وش با تیمار کودی ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که اختلاف آن نسبت به دو سطح دیگر کودی معنی‌دار بود، اما با اینکه با افزایش کود نیتروژن، وزن غوزه افزایش یافت، اما اختلاف آماری بین تیمارهای کودی معنی‌دار نبود.

ناحیه ریزوسفر گیاه که لایه نازکی از خاک پیرامون ریشه می‌باشد، به‌دلیل فعالیت و ترشحات ریشه‌ای، سرشار از عناصر غذایی است. لذا خواص کمی و کیفی جامعه میکروبی آن، تفاوت بسیار زیادی با توده خاک غیرریزوسفری دارد. باکتری‌های ناحیه ریزوسفر که ریزوباکتر نام دارند، می‌توانند گیاه میزبان خود را تحت تاثیر قرار دهند. گروهی از این باکتری‌ها را که اثرات مثبتی بر رشد گیاه

دارند، اصطلاحاً ریزوباکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه[۲] (PGPR) نامیده می‌شوند. یکی از ویژگی‌های مهم این باکتری‌ها، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن است (احمد و کیبرت، ۲۰۱۴).

آزوسپیریلوم[۳] و ازتوباکتر[۴] از شناخته‌شده‌ترین باکتری‌های PGPR هستند که اثر مثبت آنها بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف در آزمایشات زیادی مشاهده شده است (آنتون و کلوپر، ۲۰۰۱). آزوسپیریلوم یکی از فراوان‌ترین نوع باکتری‌های PGPR است که قادر به تشکیل کلونی در ریشه چندین گونه گیاهی بوده و رشد گیاه را از طریق تولید ترکیبات مختلف از جمله هورمون‌های گیاهی افزایش می‌دهد. جداسازی و کاربرد این باکتری در کشاورزی از سال ۱۹۷۰ میلادی آغاز شد (استین‌هودت و واندرلیدن، ۲۰۰۰). ازتوباکتر نیز یک باکتری هوازی، گرم منفی و آزادزی است که توانایی تثبیت زیستی نیتروژن را دارا می‌باشد. این باکتری از نیتروژن هوا برای ساخت پروتئین سلول استفاده می‌کند. وقتی که این سلول‌ها می‌میرند، نیتروژن آنها معدنی شده و به خاک برمی‌گردد. فراوانی ازتوباکترها در ریزوسفر بسیار بیشتر از توده خاک بوده و جمعیت آنها تابع گونه گیاهی نیز می‌باشد. این باکتری‌ها از طریق بیوسنتز مواد بیولوژیکی فعال، تحریک جامعه میکروبی ریزوسفر، تولید فرآورده‌های بازدارنده عوامل بیماری‌زای گیاهی، بهبود جذب عناصر غذایی از خاک و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، منجر به افزایش رشد گیاه می‌شوند (جناوالی و همکاران، ۲۰۱۵).

امیریوسفی و شریفی (۲۰۱۸) در آزمایشی بذر گندم را با باکتری آزوسپیریلوم تلقیح نموده و گزارش کردند که عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه و کلروفیل نسبت به تیمار عدم تلقیح افزایش معنی‌داری داشت. پاتیل و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تلقیح بذر پنبه با باکتری آزوسپیریلوم منجر به افزایش معنی‌دار وزن غوزه، تعداد غوزه و عملکرد وش نسبت به شاهد گردید. نتایج تحقیق حسینی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که تلقیح بذر پنبه با باکتری ازتوباکتر منجر به افزایش معنی‌دار وزن غوزه و عملکرد وش شد. حفیظ و همکاران (۲۰۰۴) در یک آزمایش گلدانی، تاثیر تلقیح بذر پنبه با چند سویه ریزوبیوم، یک گونه ازتوباکتر (S8) و عدم تلقیح بذر به‌عنوان شاهد را بر خصوصیات رشدی گیاه و تولید ماده خشک چهار رقم پنبه مورد مقایسه قرار دادند. نتاج نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی و جذب نیتروژن توسط گیاه در تیمار تلقیح بذر با باکتری ازتوباکتر به‌دست آمد.

با اینکه اثرات مفید آزوسپریلوم و ازتوباکتر بر رشد و عملکرد گیاهان، به‌صورت جداگانه بررسی و نتایج مثبتی هم به‌دست آمده (خسروی، ۲۰۱۴)، اما گزارش شده است که می‌توان از تلقیح توأم آنها

2- Plant Growth-Promoting Rhizobacteria
3- *Azospirillum*
4- *Azotobacter*

نیز برای بهبود رشد گیاه استفاده نمود (سلطانا و کومارپندی، ۲۰۱۳). به‌همین دلیل، امروزه تولید و کاربرد کودهای بیولوژیکی حاوی ترکیب این باکتری‌ها توسعه زیادی یافته است (ساهاران و نهرا، ۲۰۱۱). نادری‌فر و دانشیان (۲۰۱۲) در تحقیقی، تاثیر تلقیح بذر کلزا بوسیله باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، به‌صورت مجزا یا ترکیب مساوی از آنها را بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌ها، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی و تعداد دانه در غلاف شد، اما اختلاف بین تیمارهای مختلف تلقیح بذر بر این دو صفت معنی‌دار نبود. از طرف دیگر، عملکرد دانه و روغن کلزا نسبت به کاربرد مجزای ازتوباکتر و آزوسپیریلوم پاسخ معنی‌داری نشان نداد، اما تلقیح بذر با ترکیبی از این باکتری منجر به افزایش معنی‌داری صفات مذکور گردید. انجم و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که با تلقیح بذر پنبه توسط ترکیبی مساوی از باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، عملکرد وش در حدود ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار عدم تلقیح افزایش یافت. همچنین، تلقیح بذر منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گردید.

در چند سال اخیر، تحقیقات مختلفی درباره تاثیر باکتری‌های PGPR بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی مهم کشور انجام شده است که در بسیاری از آنها مایه تلقیح حاوی ازتوباکتر، آزوسپریلوم و یا ترکیبی از هر دو نوع باکتری بوده است (خسروی، ۲۰۱۴). با این‌حال، درباره پاسخ پنبه به کاربرد این باکتری‌ها مطالعات بسیار محدودی صورت گرفته است، مخصوصاً در کشت دوم (تاخیری) پنبه که هیچ گزارشی وجود ندارد. لذا در این آزمایش، پاسخ گیاه پنبه نسبت به سطوح مختلف کود نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های آزوسپریلوم و ازتوباکتر مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم آباد واقع در ۱۱ کیلومتری شمال غربی شهرستان گرگان با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی با ارتفاع متوسط ۱۴ متر از سطح آزاد دریا اجرا گردید. براساس داده‌های جوی بلندمدت، میانگین پارامترهای اقلیمی سالیانه این ایستگاه به این شرح است: بارندگی ۵۲۷ میلی‌متر با ۱۰۱ روز بارندگی در سال، رطوبت نسبی ۷۱ درصد، دمای بیشینه ۲۲/۶ درجه سانتی گراد، دمای کمینه ۱۲/۴ درجه سانتی گراد، حداکثر مطلق دما ۴۵ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق دما ۴/۸ درجه سانتی‌گراد، تبخیر ۱۳۲۱ میلی‌متر در سال و ۲۲۳۴ ساعت آفتابی در سال. کشت پنبه بلافاصله بعد از برداشت گندم انجام شد (کشت دوم یا کشت تاخیری). بدین منظور، بعد از برداشت محصول اول (گندم)، زمین شخم و دیسک زده شده و بستر کشت آماده گردید. قبل از کشت،

از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری قطعه آزمایشی، نمونه مرکب خاک تهیه و جهت آزمون به آزمایشگاه ارسال گردید که جدول ۱ نتایج آن را نشان می‌دهد.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل ۴×۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به‌فواصل ۸۰ سانتی‌متر، طول ۶ متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. رقم پنبه مورد استفاده برای کشت، رقم تجاری گلستان بود. فاکتور اول کود نیتروژن (N) بود که در چهار سطح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره اعمال شد. تیمارهای کودی براساس نتایج آزمون خاک انتخاب شدند (ضیائیان و همکاران، ۲۰۰۶). فاکتور دوم نیز شامل سطوح مختلف تلقیح بذر پنبه با باکتری‌های ۱-*ازتوباکتر* ۲-*آزوسپریلیوم* ۳- تلفیق این دو باکتری (به‌نسبت مساوی از مایه تلقیح) و ۴- تیمار شاهد (بدون تلقیح بذر) بود. باکتری‌ها از از بخش بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شدند. برای تلقیح بذر با باکتری، ابتدا مقدار کافی از بذر (۱ کیلوگرم) با محلول شکر در آب با غلظت ۲ درصد مرطوب شده و سپس با ۲۵ گرم مایه تلقیح (دارای حداقل 10^8 باکتری در گرم) آغشته شدند. بعد از تلقیح، بذور حدود یک ساعت در سایه خشک و سپس کشت گردید. عملیات آماده‌سازی زمین در اواخر خرداد ماه و پس از برداشت گندم انجام شد. قبل از کشت و براساس نتایج آزمون خاک، به تمام کرت‌ها به‌صورت مساوی، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل اضافه شد (ضیائیان و همکاران، ۲۰۰۶). نصف کود نیتروژن (متناسب با تیمار کودی) قبل از کشت به خاک اضافه و با دیسک مخلوط گردید. از علفکش پیش رویشی ترفلان برای کنترل علف‌های هرز استفاده گردید. سایر عملیات زراعی از قبیل تنک کردن بوته‌ها، وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات بر حسب نظر کارشناسی اعمال گردید. محصول پنبه (وش) در دو چین برداشت شد. برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد از دو خط وسط هر تیمار استفاده شد. بدین منظور، در زمان چین اول، تعداد ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب و میانگین ارتفاع بوته و تعداد غوزه آنها یادداشت گردید. همچنین، تعداد ۲۰ غوزه به‌طور تصادفی برداشت و میانگین وزن آنها ثبت شد. زودرسی محصول بر اساس عملکرد چین اول به عملکرد کل محاسبه گردید. قبل از گلدهی، به‌تعداد ۳۰-۲۵ عدد جدیدترین برگ کامل (برگ چهارم یا پنجم از قسمت انتهای بوته) تهیه و جهت تعیین غلظت نیتروژن به آزمایشگاه ارسال گردید. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها به‌روش LSD و در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج

در جدول ۱، نتایج مربوط به برخی از ویژگی‌های خاک ارائه گردیده است. براین اساس، خاک قطعه آزمایشی دارای بافت نیمه‌سنگین، غیرشور، کربن آلی در حد متوسط تا نسبتاً مطلوب و با pH کمی

قلیایی بود. همچنین، این خاک از نظر پتاسیم قابل استفاده گیاه هیچ محدودیتی نداشته و فسفر قابل استفاده آن نیز در حد متوسط بود.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در دو سال زراعی

سال آزمایش	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	کربن آلی (٪)	فسفر قابل استفاده ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل استفاده ($mg\ kg^{-1}$)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت خاک
۱۳۹۳	۰/۸	۷/۹	۱/۱۲	۷/۹	۴۸۰	۳۴	۶۲	۴	SiCL
۱۳۹۴	۱/۲۷	۷/۹	۱/۲۸	۹/۷	۴۷۵	۳۰	۵۴	۱۶	SiCL

در تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، تاثیر سال بر زودرسی و درصد نیتروژن برگ معنی‌دار نبود، اما در سایر صفات اختلاف بین نتایج دو سال معنی‌دار بود. همچنین، تاثیر کود نیتروژن به‌استثنای وزن غوزه، بر سایر صفات معنی‌دار شد. تاثیر تلقیح بذر با باکتری نیز فقط بر نیتروژن برگ معنی‌دار گردید. همچنین، اثر متقابل بین دو عامل آزمایشی (کود نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری) تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه نداشت (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد پنبه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	عملکرد چین اول	عملکرد کل	درصد زودرسی	درصد نیتروژن برگ
سال	۱	۵۳۷۶**	۵۷۴**	۲/۵۸**	۲۴۸۱۰۱۵**	۴۰۷۴۶۸۰**	۲۰۳ n.s	۰/۱۳۳ n.s
خطای سال	۴	۲۸۰	۱/۸۴	۰/۴۲۹	۳۳۴۳۰	۱۲۸۵۷۲	۴۳/۶	۰/۰۳۶
کودنیتروژن(A)	۳	۴۵۵*	۲۷/۳**	۰/۲۱۹ n.s	۵۷۷۱۲۱**	۵۸۷۲۱۴**	۲۷۲*	۰/۶۶۳**
باکتری (B)	۳	۲۳/۸ n.s	۰/۷۴۸ n.s	۰/۰۱۹ n.s	۱۱۱۳۲۹ n.s	۱۰۹۰۴۹ n.s	۱۶۶ n.s	۱/۰۶۱**
A×B	۹	۹۰/۲ n.s	۳/۹۷ n.s	۰/۱۸۹ n.s	۳۲۰۳۵ n.s	۴۸۰۷۰ n.s	۲۴/۸ n.s	۰/۰۳۹ n.s
خطای آزمایش	۶۰	۱۳۱	۴/۱۱	۰/۲۵۵	۶۲۷۵۰	۱۱۰۸۲۶	۸۰/۶	۰/۱۵۱
ضریب تغییرات	-	۱۴/۹	۱۹/۴	۱۰/۱	۲۲/۰	۱۹/۵	۱۳/۵	۱۴/۷

* و** به ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و n.s فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند

براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با افزایش کود نیتروژن، ارتفاع بوته نیز افزایش یافت، به طوری که بالاترین ارتفاع بوته با تیمار کودی ۹۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. با اینکه تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، ارتفاع بوته بیشتری نسبت به تیمارهای صفر و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نشان داد، اما اختلاف بین آنها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). افزایش ارتفاع بوته نسبت به کود نیتروژن در سال اول آزمایش محسوس‌تر از نتایج سال دوم بود. این مساله شاید ناشی از

اختلاف ارتفاع بوته‌ها در بین دو سال باشد به‌طوری که ارتفاع بوته‌ها در سال اول بیشتر از سال دوم آزمایش بود (شکل ۱). میانگین ارتفاع بوته در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب برابر با ۶۹/۲ و ۸۴ سانتی‌متر بود. اختلاف ارتفاع بوته‌ها در سال ۱۳۹۴ در سطح ۵ درصد معنی‌دار اما در سال ۱۳۹۳ فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بود.

افزایش کود نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار تعداد غوزه در بوته گردید، به طوری که بیشترین تعداد غوزه (۱۱/۶) با تیمار کودی ۹۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. با این که هر سه تیمار کود نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار تعداد غوزه نسبت به شاهد (بدون کود نیتروژن) گردید، اما اختلاف تعداد غوزه بین این سه تیمار کودی از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). همچنین، تفاوت میانگین تعداد غوزه بین دو سال آزمایش معنی‌دار بود به‌طوری که در سال اول، هر بوته به‌طور میانگین ۱۲/۹ غوزه داشت اما این مقدار برای سال دوم برابر با ۸ غوزه در بوته بود. اختلاف بین تعداد غوزه در سال اول از نظر آماری معنی‌دار، اما در سال دوم معنی‌دار نبود. شکل ۲، میانگین تعداد غوزه بوته‌ها برای سطوح مختلف کود نیتروژن را برای دو سال آزمایش نشان می‌دهد.

عملکرد پنبه (چین اول و عملکرد کل) نسبت به افزایش کود نیتروژن پاسخ مثبت نشان داد به‌طوری که با افزایش کود، محصول پنبه نیز افزایش یافت (جدول ۳). در چین اول، افزایش محصول تا آخرین سطح کودی (۹۰ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر سطوح کودی داشت اما در عملکرد کل با اینکه به‌موازات افزایش کود، محصول پنبه نیز افزایش یافت، اما اختلاف محصول تیمار کودی ۹۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سطوح صفر و ۳۰ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار شد و علیرغم اختلاف قابل توجه عملکرد کل تیمارهای کودی ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، اختلاف محصول بین آنها از نظر آماری معنی‌دار نبود. از طرف دیگر، همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد، اختلاف محصول بین دو سال آزمایش از نظر آماری معنی‌دار بود. شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهند که محصول پنبه در سال اول آزمایش بیشتر از سال دوم بوده به‌طوری که به‌طور میانگین، عملکرد کل در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به‌ترتیب برابر با ۱۹۱۳ و ۱۵۰۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین، اختلاف عملکرد سطوح مختلف کود نیتروژن در سال اول آزمایش معنی‌دار، اما برای سال دوم آزمایش فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بود.

با اینکه افزایش کود نیتروژن منجر به زودرس‌تر شدن محصول گردید، اما این افزایش فقط نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود و اختلاف معنی‌داری بین سطوح کودی ۳۰ تا ۹۰ کیلگرم در هکتار مشاهده نشد (جدول ۳). از طرف دیگر، با اینکه محصول پنبه در سال اول تا حدودی (کمتر از ۳ درصد) زودرس‌تر از سال دوم بود، اما اختلاف بین آنها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). همچنین، اختلاف زودرسی بین سطوح مختلف نیتروژن در سال اول آزمایش از نظر آماری معنی‌دار

بود، در حالی که در سال دوم، تفاوت بین آنها معنی‌دار نشد. شکل ۵ اختلاف زودرسی سطوح مختلف کودی را برای سال اول و دوم آزمایش نشان می‌دهد.

با افزایش کود نیتروژن، غلظت نیتروژن برگ نیز افزایش یافت به‌طوری که تیمارکودی ۹۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین درصد نیتروژن برگ را داشت (جدول ۳). با این حال، پاسخ نیتروژن برگ به افزایش کود فقط نسبت به تیمار کودی صفر (تیمار شاهد) معنی‌دار بود و اختلاف بین سطوح کودی ۳۰ تا ۹۰ کیلگرم در هکتار، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد، اختلاف درصد نیتروژن برگ بین دو سال آزمایش معنی‌دار نبود به‌طوری که میانگین درصد نیتروژن برگ سال اول و دوم به‌ترتیب ۲/۶۷ و ۲/۶۰ درصد به‌دست آمد. همچنین در سال اول، اختلاف نیتروژن برگ سطوح مختلف نیتروژن در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شد، اما این اختلاف در سال دوم آزمایش معنی‌دار نبود. شکل ۶، مقایسه درصد نیتروژن برگ سطوح مختلف کود نیتروژن را برای سال اول و دوم آزمایش نشان می‌دهد.

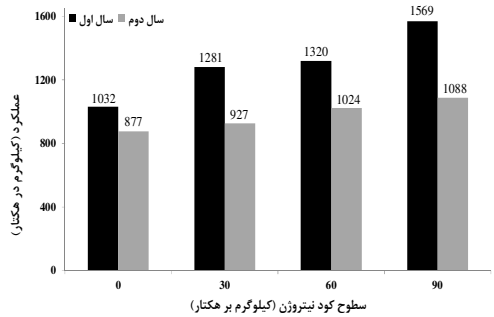
جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه

سطوح نیتروژن ($Kg\ N\ ha^{-1}$)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غوزه در بوته	عملکرد چین اول ($Kg\ ha^{-1}$)	عملکرد کل ($Kg\ ha^{-1}$)	زودرسی (٪)	نیتروژن برگ (٪)
صفر	۷۲/۹ b	۸/۹۹ b	۹۵۵ c	۱۵۴۵ b	۶۱/۷ b	۲/۴۰ b
۳۰	۷۴/۰ b	۱۰/۵۱ a	۱۱۰۴ b	۱۶۴۱ b	۶۷/۳ a	۲/۶۴ a
۶۰	۷۷/۱ ab	۱۰/۶۳ a	۱۱۷۲ b	۱۷۲۹ ab	۶۸/۴ a	۲/۶۹ a
۹۰	۸۲/۶ a	۱۱/۵۶ a	۱۳۲۸ a	۱۹۱۳ a	۶۹/۱ a	۲/۷۹ a

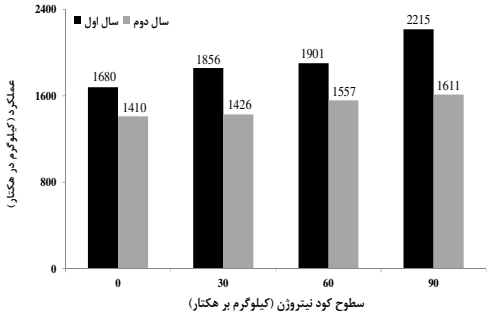
- اعداد هر ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

شکل ۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته سطوح مختلف کود نیتروژن

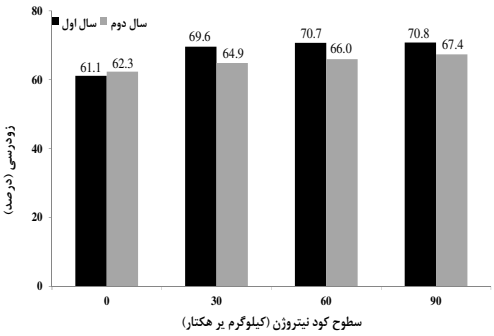
شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد غوزه در بوته سطوح مختلف کود نیتروژن



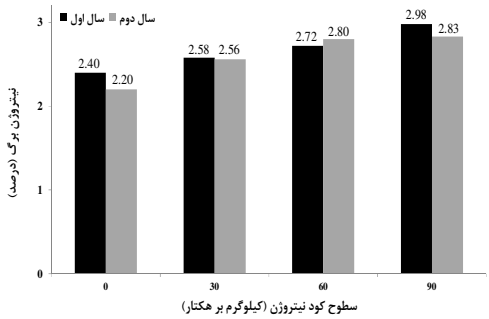
شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد چین اول سطوح مختلف کود نیتروژن



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد کل سطوح مختلف کود نیتروژن



شکل ۵- مقایسه میانگین زودرسی سطوح مختلف کود نیتروژن



شکل ۶- مقایسه میانگین نیتروژن برگ سطوح مختلف کود نیتروژن

تلقیح بذر با باکتری منجر به افزایش غلظت نیتروژن برگ گردید (جدول ۴). با اینکه این افزایش در سال اول نیز مشاهده شد، اما اختلاف بین تیمارها از نظر آماری معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد تاثیر تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلوم کارایی بهتری نسبت به باکتری ازتوباکتر در افزایش نیتروژن برگ نداشت، زیرا همانطور که جدول ۴ نشان می‌دهد، در تیمار آزوسپیریلوم غلظت نیتروژن بالاتر از ازتوباکتر است. همچنین، تاثیر تلقیح بذر با ترکیب این دو باکتری تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار تلقیح انفرادی با آزوسپیریلوم نداشت.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین تاثیر تلقیح بذر با باکتری بر غلظت (درصد) نیتروژن برگ

تلقیح بذر با باکتری	سال اول	سال دوم	مرکب دو سال
بدون تلقیح	۲/۵۳ a	۲/۲۰ c	۲/۳۶ c
ازتوباکتر	۲/۵۸ a	۲/۵۶ b	۲/۵۷ bc
آزوسپیریلوم	۲/۸۶ a	۲/۸۰ a	۲/۸۳ a
ترکیب دو باکتری	۲/۷۰ a	۲/۸۳ a	۲/۷۶ ab

- اعداد هر ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف کود نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، عملکرد، زودرسی محصول و غلظت نیتروژن در برگ گردید (جدول ۳). این نتایج، اهمیت و کلیدی بودن این عنصر را در پنبه نشان می‌دهد به‌طوری که در اکثر آزمایشات، کاهش رشد و نمو و عملکرد گیاه در اثر کمبود نیتروژن مشاهده شده است (کومبهار و همکاران، ۲۰۰۸؛ علی، ۲۰۱۵). علائم مشهود کمبود نیتروژن بر رشد و نمو پنبه غالباً به‌صورت کاهش ارتفاع بوته بروز می‌کند. همانطور که جدول ۳ نشان می‌دهد، بیشترین ارتفاع بوته (۸۲/۶ سانتی‌متر) با تیمار کودی ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. اختلاف ارتفاع بوته این تیمار نسبت به تیمار کودی شاهد بیانگر آن است که در اثر عدم مصرف نیتروژن، ارتفاع بوته در حدود ۱۲ درصد کاهش یافته است. هالیکری و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که ارتفاع بوته پنبه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر میزان نیتروژن دریافتی‌اش است به‌طوری که با مصرف کود نیتروژن تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته‌ها نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. کومبهار و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که افزایش کود نیتروژن در زراعت پنبه منجر به افزایش ارتفاع بوته گیاه شد به‌طوری که تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیشترین ارتفاع بوته را داشت. نیتروژن از طریق افزایش فاصله بین گره‌ها یا افزایش تعداد گره‌های روی ساقه اصلی پنبه، ارتفاع بوته را تحت تاثیر قرار می‌دهد (علی، ۲۰۱۵).

در این تحقیق، با اینکه بین تعداد غوزه سطوح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما افزایش تعداد غوزه آنها نسبت به تیمار صفر کود نیتروژن از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). بوهرینگ (۲۰۰۹) نیز با بررسی سطوح صفر، ۳۳، ۶۷ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در کشت دوم پنبه بعد از گندم، نتایج مشابه با این تحقیق گزارش کرد. بوندادا و اوسترهویس (۲۰۰۱) گزارش کردند که تعداد غوزه در بوته پنبه به موازات افزایش کود نیتروژن افزایش یافته به‌طوری که سطح کودی ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین غوزه را داشت. کریگ (۲۰۰۲) تاثیر سطوح صفر، ۵۶ و ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن را در کشت پنبه بعد از ذرت مطالعه نموده و مشاهده نمود که با افزایش نیتروژن، تعداد غوزه نیز افزایش معنی‌داری یافت. تاثیر نیتروژن بر تعداد غوزه پنبه را می‌توان به نقش کلیدی این عنصر در رشد و نمو گیاه پنبه نسبت داد (کومبهار و همکاران، ۲۰۰۸)، زیرا نیتروژن عنصر مهمی برای گسترش سطح کانوپی و فتوسنتز است (علی، ۲۰۱۵). تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد منجر به تولید برگ‌هایی می‌گردد که می‌توانند مواد فتوسنتزی کافی برای رشد اجزای زایشی پنبه را فراهم کنند (بوندادا و اوسترهویس، ۲۰۰۱). بنابراین، تامین ناکافی نیتروژن علاوه بر آن که منجر به کاهش برگ‌دهی گیاه می‌شود، کاهش

یا توقف رشد برگ‌ها را نیز به‌دنبال دارد که نتیجه این اختلالات، کاهش فتوسنتز و تشکیل قندهای مورد نیاز برای تولید غوزه خواهد بود (علی، ۲۰۱۵).

نیتروژن عنصر حیاتی برای رشد و نمو پنبه بوده و نیاز آن به این عنصر بیش از سایر عناصر ضروری گیاه می‌باشد. این عنصر برای گسترش کانوپی و افزایش فتوسنتز گیاه و در نتیجه تولید مجصول الزامی است (کومبهار و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین همانطور که نتایج این تحقیق نشان داد (جدول ۲)، افزایش کود نیتروژن به خاک می‌تواند عملکرد پنبه را افزایش دهد. اکثراً این افزایش محصول به افزایش تعداد غوزه گیاه مربوط می‌شود. با این حال تاثیر نیتروژن بر وزن غوزه نیز می‌تواند عملکرد گیاه را بهبود دهد (علی، ۲۰۱۵). به‌نظر می‌رسد که در این تحقیق، افزایش محصول پنبه عمدتاً به‌علت تاثیر مثبت کود نیتروژن بر تعداد غوزه بوده است، زیرا وزن غوزه تحت تاثیر معنی‌دار کود نیتروژن قرار نگرفت (جدول ۲). گزارش‌های متعددی درباره تاثیر کود نیتروژن بر عملکرد پنبه وجود دارد. به‌طور مثال، بوکوئت و بریتنبک (۲۰۰۰) گزارش کردند که با افزایش کود نیتروژن، تولید ماده خشک اندام‌های مختلف پنبه نیز افزایش یافت. نتایج مطالعه انجم و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان داده است که با افزایش کود نیتروژن، عملکرد پنبه نیز افزایش می‌یابد.

نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش کود نیتروژن، عملکرد پنبه نیز افزایش یافت. با اینکه اختلاف محصول سطوح کودی ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما بالاترین سطح کودی بیشترین عملکرد را داشت. این نتایج نشان می‌دهد که اگر کود نیتروژن به‌مقدار مناسب استفاده نشود، عملکرد گیاه کاهش خواهد یافت. مقدار مناسب کود نیتروژن برای پنبه به عوامل مختلفی مثل نوع رقم، شرایط اقلیمی، سیستم زراعی و ... بستگی دارد (سیلورتوث و همکاران، ۱۹۹۲). بوهرینگ (۲۰۰۹) گزارش کرد که در کشت دوم پنبه بعد از گندم، بیشترین عملکرد با تیمار کودی ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. در تحقیق بوکوئت و بریتنبک (۲۰۰۰)، سطح کودی ۸۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، بیشترین محصول پنبه را تولید کرده است. انجم و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن بر عمکلرد پنبه رقم MNH-552 گزارش کردند که مصرف کود نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد پنبه شده و بیشترین محصول با مصرف ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمده است. سلیم و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیشترین عملکرد پنبه را با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن گزارش کردند. کومبهار و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که در کشت دوم پنبه بعد از بقولات، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن منجر به تولید بیشترین عملکرد شد. رشیدی و غلامی (۲۰۱۱) نیز در یک آزمایش مزرعه‌ای، پاسخ پنبه به سطوح مختلف نیتروژن را بررسی و با تیمار کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، بیشترین عملکرد پنبه را گزارش کرده‌اند.

در چند سال اخیر، زودرس کردن محصول پنبه (بدون آنکه در عملکردش خللی به‌وجود بیاید)، اهمیت زیادی در زراعت این گیاه پیدا کرده است. زودرسی پنبه و تسریع در برداشت محصول آن می‌تواند خطرات آخر فصل را که عمدتاً مربوط به خسارت آفات می‌شود، کاهش دهد (اقبال، ۲۰۰۳). همچنین، اگر شرایط جوی در آخر فصل برای باز شدن غوزه‌ها (مثل سرمای زودرس پاییزه) و برداشت محصول مساعد نباشد، زودرسی پنبه اهمیت بسیار زیادی خواهد داشت (علی، ۲۰۱۵). در این تحقیق، با اینکه درصد زودرسی تیمارهای کودی ۳۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اما با مصرف کود نیتروژن، زودرسی تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۳). پنبه گیاهی با دوره گلدهی نامحدود بوده و شرایط اقلیمی، محیطی و مدیریت زراعی می‌تواند دوره رشد رویشی و زایشی آن را تحت تاثیر قرار دهد. به‌همین دلیل، معیار واحدی برای تعریف زودرسی در پنبه که مورد توافق همه محققین باشد، وجود ندارد. نسبت محصول چین اول به عملکرد کل، تعداد گره‌های روی ساقه اصلی واقع در بالای آخرین گل سفید و تعداد روز از زمان سبز شدن تا ظهور اولین گل سفید یا باز شدن اولین غوزه معیارهایی هستند که اکثراً برای تعیین زودرسی پنبه استفاده می‌شوند (اقبال و همکاران، ۲۰۰۳؛ دوکوتا و همکاران، ۲۰۱۳).

منیر و همکاران (۲۰۱۵) زودرسی محصول پنبه را در چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار)، براساس نسبت عملکرد چین اول به عملکرد کل مقایسه و گزارش نمودند که با افزایش کود نیتروژن، زودرسی کاهش یافت. با اینکه در مطالعات مشابهی مشاهده شده است که کود نیتروژن می‌تواند موجب تاخیر در بلوغ گیاه و دیررسی محصول پنبه شود (ردی و همکاران، ۲۰۰۷)، اما هنگامی این عنصر با بهم زدن تعادل رشد رویشی و زایشی پنبه موجب دیررسی و ایجاد خسارت به محصول می‌گردد که بیشتر از نیاز گیاه در اختیار آن قرار گیرد (بوکوئت و بریتنبک، ۲۰۰۰؛ کلاوسون، ۲۰۰۳). اقبال و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی تعداد گره‌های واقع در بالای آخرین گل سفید در سه رقم پنبه نتیجه‌گیری کردند که سطوح کودی صفر تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تاثیر قابل توجهی بر زودرسی محصول نداشت، اما در سطوح کودی بالاتر (۱۷۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)، زودرسی کاهش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. نتایج چهار سال آزمایش مزرعه‌ای جانت و سومی (۲۰۰۲) نیز ثابت کرد که زودرسی محصول پنبه نسبت به تیمار کودی ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن پاسخ معنی‌داری نشان نداد، اما در تیمارهای کودی بالاتر از آن، زودرسی نسبتاً کاهش یافت. از طرف دیگر، چون نیتروژن بر رشد و نمو غوزه پنبه بسیار تاثیرگذار است (علی، ۲۰۱۵)، بنابراین کمبود نیتروژن می‌تواند موجب تاخیر در فرآیند بلوغ غوزه و در نتیجه، دیررس شدن محصول شود. به‌عنوان مثال، در آزمایشی که کلاوسون (۲۰۰۳) به‌مدت سه سال زراعی انجام داد، گزارش نمود که کمبود نیتروژن در پنبه، زودرسی محصول را کاهش داد به‌طوری که تیمار کودی شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن) دارای پایین‌ترین

زودرسی بود. علاوه بر تاثیر نیتروژن بر رشد و نمو غوزه، چون این عنصر رشد اولیه پنبه را تسریع می‌بخشد، بنابراین در صورت تامین کافی نیتروژن، گیاه دوره رشد رویشی خود را در مدت زمان کوتاه‌تری طی نموده و زودتر وارد مرحله رشد زایشی می‌گردد که پیامد آن افزایش زودرسی محصول خواهد بود (خان و همکاران، ۲۰۱۹).

در پنبه، تولید برگ‌های جدید و رشد و نمو آنها شدیداً وابسته به نیتروژن است. این برگ‌ها با عمل فتوسنتز، مواد و انرژی لازم برای رشد و نمو گیاه و تولید محصول را فراهم می‌کنند (علی، ۲۰۱۵). در کمبود نیتروژن، غلظت نیتروژن در برگ همراه غوزه که وظیفه تامین مواد لازم برای رشد آن را برعهده دارد، کاهش می‌یابد. پیامد کم شدن غلظت این عنصر در برگ، کاهش کلروفیل برگ است. این تغییرات، به‌شدت فتوسنتز و سنتز مواد فتوسنتزی فعال را تحت تاثیر قرار می‌دهد به‌طوری که تامین کربوهیدرات‌های غوزه‌ها کاهش می‌یابد. علاوه بر آن، کمبود نیتروژن می‌تواند منجر به اختلال در متابولیسم کربن و نیتروژن شود که پیامد آن کاهش افزایش پراکسداسیون چربی غشاء سلولی و تخریب برگ خواهد بود (چن و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که برای افزایش غلظت نیتروژن برگ، مصرف کود نیتروژن ضرورت دارد (جدول ۳). بوکوئت و بریتنبک (۲۰۰۰) تاثیر سطوح کودی صفر، ۸۴ و ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن را بر عملکرد و مقدار نیتروژن برگ پنبه مطالعه کردند. نتایج نشان داد که مصرف نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد و نیتروژن برگ نسبت به تیمار شاهد (سطح کودی صفر) گردید. فریدژن و وارکو (۲۰۰۴) گزارش کردند که مصرف کود نیتروژن منجر به افزایش غلظت این عنصر در برگ پنبه گردید. همچنین، با اینکه به موازات افزایش مقدار کود مصرفی، غلظت نیتروژن برگ نیز بالا رفت، اما تاثیر اولین سطح کودی (۴۵ کیلوگرم در هکتار) در افزایش غلظت نیتروژن برگ، نسبت به سطح کودی صفر، به‌مراتب بیشتر از سطوح بعدی بود.

با اینکه گزارش‌های متعددی درباره تاثیر معنی‌دار باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه وجود دارد (انجم و همکاران، ۲۰۰۷)، اما در این تحقیق، با این که کاربرد باکتری منجر به افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن برگ گردید، عملکرد و اجزای عملکرد پنبه پاسخ معنی‌داری نسبت به این باکتری‌ها نشان نداد. کارایی باکتری‌های PGPR و پاسخ گیاه نسبت به این کودهای زیستی به عوامل مختلفی مثل نوع گیاه، خصوصیات خاک (مثل pH، عناصر غذایی، بافت، دما، رطوبت)، شرایط اقلیمی و عوامل زیستی (مثل رقابت باکتری‌های ریزوسفری) بستگی دارد (میرسیوتیس و همکاران، ۲۰۱۵). گزارش شده که نوع جدایه‌های این باکتری‌ها و مکان جداسازی آنها نیز بر کارایی و پاسخ گیاه به تلقیح آنها تاثیرگذار است (سلطانا و کومارپندی، ۲۰۰۷). اگامبردیوا (۲۰۰۷) در یک آزمایش گلدانی، پاسخ گیاه ذرت نسبت به باکتری‌های PGPR را در دو خاک مختلف

مطالعه نمود. نتایج نشان داد با اینکه تلقیح گیاه با باکتری‌ها وزن خشک ریشه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، اما وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه پاسخ معنی‌دار نشان نداد. در مطالعاتی که در روسیه، اروپای شرقی و هندوستان انجام شده است، به‌طور میانگین در کمتر از ۳۵ درصد موارد، عملکرد گیاه تحت تاثیر کاربرد باکتری‌های PGPR قرار گرفته است. همچنین، در تحقیقاتی که محققین روسی در مناطق مختلف انجام داده‌اند، فقط در ۸ آزمایش از مجموع ۲۳ آزمایش، افزایش محسوس عملکرد گیاه را مشاهده کرده‌اند. به‌همین دلایل، این باکتری‌ها تاکنون نتوانسته‌اند همانند ریزوبیوم‌ها در لگوم‌ها، جایگزین مطمئنی برای کود نیتروژن باشند (خسروی، ۲۰۱۴).

نتیجه‌گیری

عملکرد پنبه در کشت تاخیری به‌علت محدود شدن دوره رشد و نمو گیاه، کمتر از کشت معمول آن است. بنابراین طبیعی است که نیاز به کودهای شیمیایی نیز در این نوع کشت کمتر خواهد بود. نتایج این تحقیق نشان داد که در اراضی و شرایط مشابه با محل اجرای این آزمایش، برای کشت تاخیری پنبه رقم گلستان با عملکرد قابل انتظار کمتر از ۲ تن در هکتار، به حداقل ۶۰ و حداکثر ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مورد نیاز است که به‌طور متوسط مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار توصیه می‌شود. همچنین، عملکرد و اجزای عملکرد پنبه رقم گلستان در کشت تاخیری آن، عکس‌العمل معنی‌داری به تلقیح بذر با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* نشان نداد. به‌نظر می‌رسد که شرایط محیطی یا توان رقابت این باکتری‌ها برای فعالیت و اثرگذاری آنها در این نوع کشت پنبه فراهم نیست. با این‌حال، پیشنهاد می‌شود که این باکتری‌ها و یا سایر باکتری‌های PGPR در مناطق، شرایط و سال‌های دیگر نیز در کشت تاخیری پنبه مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین لازم است که تاثیر این باکتری‌ها در سایر ارقام تجاری پنبه نیز بررسی شود.

منابع

1. Ahemad, M., and Kibret, M. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University- Science, 26:1-20.
2. Ali, N. 2015. Review: Nitrogen utilization features in cotton crop. American Journal of Plant Sciences, 6: 987-1002.
3. Amiryosefi, M., and Sharifi, P. 2018. The Effect of Nitrogen Fertilizer and *Azospirillum brasilense* bacterium on some properties of wheat at Jozan, Isfahan. Journal of Crop Production and Processing, 7(4): 29-43. (In Persian with English Abstracts).

4. Anjum, M.A., Sajjad, M.R., Akhtar, N., Qureshi, M.A., Jami, A.R. and Hasan, M. 2007. Response of cotton to plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation under different levels of nitrogen. Journal of Agricultural Research, 45(2): 135-143.
5. Antoun, H., and Kloepper, J.W. 2001. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). Pp.1477-1480, *In*: S. Brenner and J.H. Miller (eds.), Encyclopedia of Genetics. Academic Press, NY.
6. Bondada, B.R. and Oosterhuis, D.M. 2001. Canopy photosynthesis, specific leaf weight, and yield components of cotton under varying nitrogen supply. Journal of Plant Nutrition, 24: 469-477.
7. Boquet, D.J., and Breitenbeck, G.A. 2000. Nitrogen rate effect on partitioning of nitrogen and dry matter by cotton. Crop Science, 40: 1685-1693.
8. Buehring, N. 2009. Double cropped cotton after wheat response to N. rates. p. 5. Proceedings 12th Annual National Conservation Systems Cotton and Rice Conference, 27-28 Jan., Marksville, LA. USA.
9. Chen, J., Liu, L., Wang, Z., Sun, H., Zhang, Y., Bai, Z., Song, S., Lu, Z., and Li, C. 2019. Nitrogen fertilization effects on physiology of the cotton boll-leaf system. Agronomy, 9(6): 271.
10. Clawson, E.L. 2003. Optimization of row spacing and nitrogen fertilization for cotton. Doctoral Dissertations. Texas A&M University
11. Craig, C.C. 2002. Nitrogen use efficiency of cotton following corn in rotation and foliar fertilization of cotton using leaf blade analysis. Doctoral Dissertations, 4087, Louisiana State University.
12. Devkota, M., Martius, C., Lamers, J.P.A., Sayre, K.D., Devkota, K.P., and Vlek, P.L.G. 2013. Tillage and nitrogen fertilization effects on yield and nitrogen use effciency of irrigated cotton. Soil and Tillage Research, 134: 72-82.
13. Egamberdieva, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Applied Soil Ecology, 36(2-3): 184-189.
14. Fridgen, J.L., and Varco, J.J. 2004. Dependency of cotton leaf nitrogen, chlorophyll, and reflectance on nitrogen and potassium availability. Agronomy Journal: 96: 63-69.

15. Ghajari, A., Gharanjiki, A., and Dieji, A. 2017. Optimizing the nitrogen fertilizer use and row spacing for yield increasing of Cotton *cv*. Golestan in double-cropping. Iranian Journal of Cotton Researches, 4(1): 47-60. (in Persian with English Abstracts).
16. Hafeez, F.Y., Safdar, M.E., Chaudhry, A.U., and Malik, K.A. 2004. Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. Australian Journal of Experimental Agriculture, 44(6); 617-622.
17. Hallikeri, S.S., Halemani, H.L., Patil, V.C., Palled, Y.B., Patil, B.C. and Katageri, I.S. 2010. Effect of nitrogen levels, split application of nitrogen and detopping on seed cotton yield and fibre quality in Bt-cotton. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 23: 418-422.
18. Hoseini, J. Ardakani, M.R., and Changizi, M. 2013. The effect of mycorrhizal fungi and *Azotobacter* growth promoting bacteria on yield properties of cotton *cv*. Varamin. 8 p. *In:* Proceedings first national conference on sustainable agricultural development and healthy environment, 26 Feb., Hamedan, Iran. (In Persian).
19. Iqbal, M., Chang, M.A., Iqbal, M.Z., and Muhammad -ul-Hassan. 2003. Effect of nitrogen on maturity of cotton by using node above white flower. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6: 1845-1848.
20. Janat, M., and Somi, G. 2002. Comparative study of nitrogen fertilizer use efficiency of cotton grown under conventional and fertigation practices using ^{15}N methodology. *In*: Pp. 85-98. IAEA (ed.), Water balance and fertigation for crop improvement in West Asia. IAEA-TECDOC-1266. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
21. Jnawali, A.D., Ojha, R.B., and Marahatta, S. 2015. Role of *Azotobacter* in soil fertility and sustainability–a review. Advances in Plants and Agriculture Research, 2(6): 250-253.
22. Khan, N., Han, Y., Wang, Z., Wang, G., Feng, L., Yang, B., and Li, Y. 2019. Role of proper management of nitrogen in cotton growth and development. International Journal of Biosciences, 14(5)5: 483-496.
23. Khosravi, H. 2014. Application of bio fertilizers containing free-living nitrogen fixer micro organisms in agriculture. Journal of Land Management, 2(1): 51-63. (in Persian with English Abstract).
24. Kizilkaya, R. 2009. Nitrogen fixation capacity of *Azotobacter* spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. Journal of Environmental Biology, 30(1): 73-82.
25. Kumbhar, A.M., Buriro, U.A., Junejo, S., Oad, F.C., Jamro, G.H., Kumbhar, B.A., and Kumbhar, S.A. 2008. Impact of different nitrogen levels on cotton growth, yield and n-uptake planted in legume rotation. Pakistan Journal of Botany, 40: 767-778.

26. Munir, M.K., Tahir, M., Saleem, M.F., and Yaseen, M. 2015. Growth, yield and earliness response of cotton to row spacing and nitrogen management. Journal of Animal and Plant Sciences, 25: 729-738.
27. Naderifar, M., and J. Daneshian. 2012. Effect of seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels on yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Plant Physiology, 3(1): 619-626.
28. Patil, M.B., Kadam, S.M., and Pillai, S.G. 2011. .Effect of *Azospirillum* on fibre quality and yield of irrigated cotton. Bioscience Biotechnology Research Communications, 4(1): 102-104.
29. Poonguzhali, S., Madhaiyan, M., and Sa, T. 2008. Isolation and identification of phosphate solubilizing bacteria from Chinese cabbage and their effect on growth and phosphorus utilization of plants. Journal of Microbiology and Biotechnology, 18: 773-777.
30. Rashidi, M., and Gholami, M. 2011. Response of yield and yield components of cotton to different rates of nitrogen fertilizer. Academic Journal of Plant Sciences, 4: 22-25.
31. Reddy, K.C., Malik, R.K., Reddy, S.S., Nyakatawa, E.Z. 2007. Cotton growth and yield response to nitrogen applied through fresh and composted poultry litter. The Journal of Cotton Science, 11: 26-34.
32. Saharan, B.S., and Nehra, V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. Life Sciences and Medicine Research, LSMR-21: 1-30.
33. Saleem, M.F., Bill, M.f., Awais, M., shahid, M.Q., and Anjum, S.A. 2010. Effect of nitrogen on seed cotton yield and fiber qualities of cotton (*Gosyipium hirsutum* L.) cultivars. Journal of Animal and plant Sciences, 20(1): 23-27.
34. Seilsepour, M. 2009. Studying the effect of various levels of nitrogen and boron spraying on quantitative and qualitative properties of cotton *cv.* Varamin. pp. 950-951. *In:* Proceedings 11th Soil Science Congress of Iran, 12-15 Jul., Gorgan, Iran. (in Persian).
35. Seilsepour, M. 2019. Field study of municipal solid waste compost and nitrogen effects on quantitative and qualitative parameters of cotton and chemical properties of soil. Iranian Journal of Cotton Researches, 6(2):95-116. (In Persian with English Abstracts).
36. Silvertooth, J.C., Malavolta, E., Yun-hi, L., Momtaz, A., and Singh, M. 1992. Cotton. *In*: World fertilizer use manual. W. Wichman, (eds.), International Fertilizer Industry Association (IFA). Paris, 457-471.
37. Steenhoudt, O., and Vanderleyden, J. 2000. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. FEMS Microbiology Reviews, 24: 487-506.

38. Sultana, T., and Kumar Pindi, P. 2013. Assessment of PGPR bacteria of cotton fields. International Journal of Agricultural Science and Research, 3(1): 207-2016.
39. Zabihi, H., Ramazani Moghaddam, M.R., and Nourihosseini, S.M. 2014. Effects of different amount of N-fertilizer and irrigation water on yield and yield components of cotton. Iranian Journal of Cotton Researches, 6 (2): 43-55. (In Persian with English Abstracts).
40. Ziaian, A., Seilspour, M., and Ghoshchi, F. 2006. Cotton Nutrition Principles. Marze Danesh Press. Tehran, Iran, 168 p. (In Persian).