



ارزیابی تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاهی و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

سعید حکم علی پور^۱

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک گیاه دارویی نعناع فلفلی، آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور واحد کوثر، شهرستان کوثر استان اردبیل انجام شد. عامل‌های آزمایشی شامل کود نیتروژن در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) و باکتری‌های محرک رشد گیاهی در سه سطح (عدم تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم سویه ۵ و تلقیح بذر با آزوسپیریلوم لیپوفرم سویه OF) بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد، در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر برگ، وزن خشک کل بوته، وزن تر کل بوته، سطح برگ، شاخص کلروفیل، میزان اسانس برگ و عملکرد اسانس به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار گرفتند. اثر متقابل تیمارهای آزمایشی نشان داد، وزن خشک ساقه، سطح برگ و میزان اسانس برگ به طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر متقابل نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد گیاهی قرار گرفت. بیشترین وزن خشک ساقه، سطح برگ و میزان اسانس برگ در ترکیب تیماری مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار × ازتوباکتر مشاهده شد.

واژه های کلیدی: تلقیح، درصد اسانس، سطح برگ، شاخص کلروفیل و عملکرد اسانس

حکم علی پور، س. ۱۳۹۶. ارزیابی تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاهی و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۸: ۱۴۴-۱۳۳.

مقدمه

همکاران، ۲۰۰۴ و جیون و همکاران، ۲۰۰۴) و در نهایت حلالیت فسفر و سایر مواد معدنی (کاتلن و همکاران، ۱۹۹۹) اشاره نمود. در این بین باکتری‌های جنس آزتوباکتر و آزوسپیریلوم از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل توجه از هورمون‌های تحریک کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). این باکتری‌ها با افزایش حلالیت عناصر غذایی مهم مانند فسفر در خاک موجب افزایش جذب این عناصر از خاک می‌شوند. برخی آزمایش‌های انجام یافته نشان می‌دهد که به‌کارگیری برون-زاد^۱ باکتری‌های محرک رشد موجب القای ریشه‌دهی در گیاهان می‌شود (کاراکورت، ۲۰۰۹). به عبارت دیگر، باکتری‌های محرک رشد گیاهان با تحریک‌های هورمونی قادر به کنترل رشد و شکل‌گیری ریشه گیاهان می‌باشند.

تولید هر کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن دار، مستلزم مصرف ۲۲۰۰ کیلوکالری انرژی است (شارما، ۲۰۰۳). معایب کودهای شیمیایی موجب شد نسل سوم کودها به نام کودهای زیستی مطرح گردد. کودهای زیستی همچنین نقشی حیاتی در نگهداری طولانی مدت حاصل‌خیزی و ثبات خاکدانه‌ها ایفا می‌کنند. نخستین کود زیستی در اواخر قرن نوزدهم مورد استفاده قرار گرفت و از آن تاریخ به بعد سایر کودهای زیستی ساخته شدند. استفاده از این کودها در سیستم‌های زراعی مختلف می‌تواند در حدود ۴۰-۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۲۰-۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید فسفریک در هر فصل زراعی ذخیره نماید (شارما، ۲۰۰۳). با توجه ویژگی‌های مثبت، انتظار می‌رود که مصرف کودهای زیستی در سال‌های بعد چند برابر افزایش یابد (شارما، ۲۰۰۳). استفاده از کودهای زیستی به‌خصوص در کشت‌های فشرده و خاک‌های فقیر از لحاظ عناصر غذایی، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای حفظ ارزش کیفی خاک است. میکروارگانیسم‌هایی که در تولید کودهای زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند به‌طور عمده از محیط زیست جداسازی شده و در شرایط آزمایشگاه در محیط‌های کشت مخصوص تکثیر و پرورش پیدا می‌کنند. استفاده از ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه به‌صورت کودهای زیستی و یا عوامل کنترل زیستی در کشاورزی در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. باکتری‌های محرک رشد گیاه، موجودات آزادی هستند که ریزوسفر خاک را کلونیزه می‌کنند و به‌کارگیری آن‌ها در خاک

نوعان یکی از گیاهان دارویی بسیار مهم می‌باشد. از جنس نوعان تاکنون ۵۰ گونه شناسایی شده که از بین این گونه‌ها *M. longifolia* و *M. aquatica*، *M. piperita*، *M. spicata*، *M. rutondifolia* ارزش دارویی بیشتری داشته و استفاده می‌شود. مصرف این گیاه در اشکال مختلف دارویی، غذایی و بهداشتی سبب برتری این گیاه نسبت به سایر گیاهان دارویی شده است. از مصارف دارویی آن می‌توان به تسکین دردهای سندرم روده تحریک‌پذیر، ضد نفخ، اثر بر تنفس، درمان سیاه سرفه، خواص ضد باکتریایی و ضد قارچی اشاره نمود (نیاکان و همکاران، ۱۳۸۵). هر چند اضافه کردن کودهای شیمیایی در خاک موجب تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی خاک می‌شود (بروس سارد و همکاران، ۱۹۹۷)، با این حال به یکباره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از اکوسیستم-های زراعی حذف کرد. امروزه استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاد به منظور ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار جایگاه قابل توجهی پیدا کرده است. تولید محصولات کشاورزی ارگانیک مورد توجه جوامع و تولیدکنندگان قرار گرفته است (ویلر و یوسفی، ۲۰۰۷). کاربرد کودهای بیولوژیک به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه به صورت تلفیق با کودهای شیمیایی مهم ترین راهکار برای مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی و افزایش تولید در سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد (شارما، ۲۰۰۳). اصطلاح کودهای زیستی^۱ منحصرأ به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، گیاهی و کود سبز اطلاق نمی‌گردد، بلکه میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه^۲ و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها از جمله مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌گردند (منافی و کلپر، ۱۹۹۴). باکتری‌های محرک رشد گیاه گروهی از باکتری‌ها هستند که موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (ویو و همکاران، ۲۰۰۵). این باکتری‌ها با توجه به تشدید رشد و نمو گیاهان زراعی به اصطلاح باکتری-های محرک عملکرد نیز نامیده می‌شوند (ویسی، ۲۰۰۳). مکانیزم‌هایی که باکتری‌های محرک رشد در جهت افزایش رشد به کار می‌برند، به طور کامل شناخته نشده است، اما در حالت کلی می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد (آگیمبریدین، ۲۰۰۷ و شاهارون، ۲۰۰۶)، مشارکت در تثبیت زیستی نیتروژن (سالنچور، ۲۰۰۶)، مبارزه با پاتوژن‌های گیاهی از طریق تولید آنتی بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و قارچ کش‌ها (باهاراتی و

1 - Biofertilizer

2 - Plant Growth Promoting Rhizobacteria

برداری شد. برای اندازه‌گیری این صفات تعداد پنج بوته از ارتفاع پنج سانتی متری برداشت و سپس سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنچ^۱ اندازه‌گیری شد. شاخص کلروفیل در دو مرحله، یک هفته بعد از تیمار اول و موقع برداشت نمونه‌ها توسط دستگاه کلروفیل سنچ دستی SPAD^۲ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. استخراج اسانس با استفاده از ۵۰ گرم نمونه از برگ و سرشاخه گل‌دار هر تیمار، با روش تقطیر با آب^۳ و توسط دستگاه کلونجر^۳ انجام گرفت.

عملکرد کل بوته‌ها پس از برداشت از سطح ۲۵۰ سانتی متر مربع و وزن تر کل با استفاده از ترازی دیجیتال بر حسب گرم اندازه‌گیری شد. عملکرد خشک بوته پس از خشک شدن در سایه و در دمای معمولی و درصد وزن خشک کل گیاهان خشک شده نیز بر حسب گرم بدست آمد. وزن خشک برگ پس از خشک شدن در سایه از ساقه جدا کرده و وزن خشک کل برگ‌ها با بر حسب گرم توزین شد.

به منظور استخراج اسانس، ۵۰ گرم از برگ‌های خشک به خوبی خرد و در کلونجر به مدت ۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد حرارت داده سپس برای اسانس‌گیری سپس بالون حاوی مخلوط پودر و آب روی دستگاه کلونجر قرار داده شد و پس از رسیدن به نقطه جوش به مدت ۲ ساعت جوشانده شد. بخار اسانس به همراه آب به قسمت مبرد دستگاه وارد شده و تقطیر شدند. اسانس و آب وارد لوله مدرج شدند که آب دوباره به داخل بالون تقطیر و چرخه تقطیر برگشت و سپس اسانس تولید شده از دستگاه کلونجر با سورنگ‌ها کشیده شود بعد به صورت درصد حجمی به وزن بدست آمد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS^۴ و Excel^۵ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص گردید اثر عامل نیتروژن برای صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر عامل تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی و اثر متقابل نیتروژن × باکتری برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن ارتفاع بوته افزایش یافت. به طوری‌که بیشترین

منجر به افزایش رشد و عملکرد می‌شود (پالایی، ۲۰۰۵). کاربرد این باکتری‌ها مصرف کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد (کاماکسی و همکاران، ۲۰۰۷). به طوری که در بعضی از گیاهان موجب کاهش ۲۵٪ کاربرد کود فسفر می‌شود (ساندرا و همکاران، ۲۰۰۲). این باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک‌ها وجود دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها پایین است، بنابراین تلقیح گیاهان با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به بروز اثرات مفید آن‌ها در خاک گردد (کاماکسی و همکاران، ۲۰۰۷a). با توجه به مطالب ذکر شده در خصوص اهمیت گیاه دارویی نعنای فلفلی از نکته نظرات مختلف، انجام هر گونه تحقیق برای افزایش کمیت و کیفیت تولید می‌تواند نقش بسزایی در توسعه و بهره‌مندی اقتصادی در این گیاه داشته باشد.

مطالعه حاضر با توجه به اهمیت کودهای زیستی و لزوم تولیدات سالم گیاهان دارویی به منظور ارزیابی تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاهی و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه دارویی نعنای فلفلی انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این طرح تحت شرایط مزرعه ای در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه پیام نور واحد کوثر، شهرستان کوثر اجرا گردید. شهرستان کوثر در ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه طول جغرافیایی در فاصله ۸۵ کیلومتری اردبیل با ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. pH خاک مزرعه‌ای آزمایش ۶/۵ و بافت خاک رسی بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی طراحی و اجرا گردید. عامل‌های آزمایشی شامل کود نیتروژن دار در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) و باکتری‌های محرک رشد گیاهی در سه سطح (عدم تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم سویه ۵ و تلقیح بذر با آزوسپریلوم لیپوفرم سویه OF) بودند. به منظور اجرای آزمایش ریزوم‌ها نعنای فلفلی بعد از جوانه‌دار شدن در خزانه، ۲۲ فروردین به زمین اصلی انتقال یافتند. ریزوم‌های جوانه‌دار شده با فاصله ۳۰ سانتی متر روی ردیف و فاصله ۳۰ سانتی متر بین ردیف کشت شدند. در پیش‌تیمار نمودن بذر با باکتری‌ها، جهت ایجاد چسبندگی مناسب از محلول صمغ عربی به نسبت ۱۰٪ وزنی - حجمی استفاده شد (غلامی و همکاران، ۲۰۰۹). به منظور ارزیابی وزن بوته، وزن برگ، سطح برگ و ارتفاع بوته در مرحله گلدهی، اقدام به نمونه

1-Leaf Area Meter
2-Waterdistillation
3-Celevenger

مهرآفرین و همکاران (۱۳۹۰) نیز در بررسی اثر کودهای زیستی و کود اوره بر برخی صفات نعناع فلفلی افزایش ارتفاع این گیاه را گزارش نمودند. طغرانی و همکاران (۱۳۸۸) نیز با بررسی اثر کود نیتروژن بر برخی صفات زراعی نعناع فلفلی نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند. ایزدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نتایج مشابهی در گیاه نعناع فلفلی گزارش کرده‌اند.

ارتفاع بوته (۵۸/۷۷ سانتی‌متر) در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به دست آمد. کمترین میزان این صفت (۳۴/۵۷ سانتی‌متر) نیز در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن حاصل گردید (جدول ۲). به عبارت دیگر افزایش کاربرد نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با شاهد موجب افزایش بیش از ۷۰٪ در ارتفاع بوته گردید.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر عامل‌های آزمایشی بر برخی صفات مورد مطالعه در آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ	تعداد گره	ورن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر برگ	وزن خشک برگ
تکرار	۲	۳۲/۱۵ ^{**}	۳۰/۲۵ ^{ns}	۴۱/۹۰ ^{**}	۱۹۲۹۹۹ ^{ns}	۱۰۱۶۵۹ ^{ns}	۵۱۶۹۴۱۴ ^{ns}	۲۲۹۶۲۳ ^{ns}
کود نیتروژن (N)	۴	۹۳۳/۶۸ ^{**}	۱۵۷/۴۴ ^{**}	۱۱۴/۸۰ ^{**}	۱۵۳۳۶۱۱ ^{**}	۱۰۲۰۱۷۳ ^{**}	۳۴۵۹۷۴۷ [*]	۹۴۶۷۴۰ ^{**}
باکتری (B)	۲	۹/۳۷ ^{ns}	۲۷/۶۴ ^{ns}	۷/۰۸ ^{ns}	۱۱۷۱۲۶۳ ^{**}	۶۳۲۷۳۱ [*]	۶۵۴۲۷۱۲ [*]	۲۷۵۷۶۹ ^{ns}
(N×B)	۸	۱/۷۸ ^{ns}	۵۰/۰۷ ^{ns}	۱/۲۲ ^{ns}	۹۸۵۵۱ ^{ns}	۴۳۹۲۰۸ ^{**}	۲۲۴۸۸۴۸ ^{ns}	۱۴۹۰۰۱ ^{ns}
خطای آزمایشی	۲۸	۶/۵۳	۱۹/۹۴	۳/۲۵	۱۱۹۵۷۳	۱۲۴۹۴۶	۲۵۹۸۰۱۲	۱۲۰۲۳۴
ضریب تغییرات (%)		۵/۴۵	۷/۶۲	۱۰/۱۱	۴/۶۶	۱۶/۰۰	۲۰/۹۸	۱۲/۷۴

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس اثر عامل‌های آزمایشی بر برخی صفات مورد مطالعه در آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک کل بوته	وزن تر کل بوته	سطح برگ	شاخص کلروفیل	درصد اسانس برگ	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۴۸۱۲۶ ^{ns}	۵۵۷۶۷۳۵	۱۵۲۲/۶۸ [*]	۹۲/۹۶ ^{ns}	۰/۰۸۵ ^{**}	۳/۲۱ ^{**}
کود نیتروژن (N)	۴	۳۵۲۳۰۱۱ ^{**}	۲۹۷۷۰۹۴۰ ^{**}	۴۵۳۸۶ ^{**}	۳۴۷/۸۳ ^{**}	۲/۵۴ ^{**}	۹۷/۷ ^{**}
باکتری (B)	۲	۱۷۴۲۳۲۵ ^{**}	۱۱۱۳۸۰۱۶ [*]	۲۳۲۹/۱۵ ^{**}	۱۷۳/۶۴ [*]	۰/۵۶ ^{**}	۱۹/۸۴ ^{**}
(N×B)	۸	۴۴۹۴۶۰ ^{ns}	۲۶۳۳۵۷۰ ^{ns}	۶۹۳/۱۰۰ [*]	۶۱/۱۸ ^{ns}	۰/۰۴۶ ^{**}	۰/۴۱ ^{ns}
خطای آزمایشی	۲۸	۲۶۹۱۹۸	۲۶۷۸۲۳	۳۵۳/۵۶	۶۷/۶۵	۰/۰۰۴۵	۰/۲۸۳
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۵۲	۱۰/۷۷	۲/۲۰	۲۰/۵۲	۳/۸۵	۴/۲۷

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد

تعداد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی نشان داد اثر نیتروژن بر تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. اثر عامل تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی و اثر متقابل نیتروژن × باکتری برای این صفت معنی دار نبود (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش سطوح کاربرد کود نیتروژن تعداد برگ به طور معنی‌داری افزایش یافت. به این ترتیب که بالاترین تعداد برگ (۶۳/۳۰) در کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد، که با کاربرد ۱۰۰ (۵۹/۴۱) و ۱۵۰ (۶۰/۶۲) کیلوگرم نیتروژن در هکتار به طور مشترک در یک گروه قرار گرفت. افزایش تعداد برگ به دنبال افزایش کاربرد کود

نیتروژن در نعناع فلفلی توسط مهرآفرین و همکاران (۱۳۹۰) و ایزدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش شده است. طغرانی و همکاران (۱۳۸۸) نیز در بررسی اثر کود نیتروژن بر برخی صفات زراعی نعناع فلفلی نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که کمبود عناصری مانند نیتروژن (حکم‌علی‌پور، ۲۰۱۱؛ لانکنیگر و رابسون، ۱۹۹۴) به دلیل کاهش سرعت ظهور برگ و افزایش طول دوره رشد رویشی، منجر به تاخیر در رسیدگی گیاه می‌شوند. لانکنگر و رابسون (۱۹۹۴) نشان دادند که کمبود نیتروژن می‌تواند سرعت ظهور برگ را کاهش دهد. تولنار و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که تعداد برگ ظاهر شده با کاهش نیتروژن در دسترس کاهش می‌یابد.

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی صفات مورد مطالعه

میانگین صفات					
عامل های آزمایشی	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد برگ	تعداد گره	وزن تر ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر برگ (کیلوگرم در هکتار)
۰	۳۴/۵۷ ^c	۵۲/۱۲ ^c	۱۲/۱۶ ^c	۶۱۱۴/۲ ^c	۶۹۲۱/۱ ^b
۵۰	۴۰/۶۲ ^d	۵۷/۵۰ ^b	۱۷/۶۴ ^b	۶۵۰۳/۰ ^d	۷۷۷۱/۸ ^b
۱۰۰	۴۴/۵۷ ^c	۵۹/۴۱ ^{ab}	۱۸/۶۰ ^b	۷۲۵۰/۲ ^c	۷۲۱۲۵/۷ ^b
۱۵۰	۵۵/۶۸ ^b	۶۰/۶۲ ^{ab}	۱۸/۷۹ ^b	۸۴۵۱/۹ ^b	۸۴۵۸/۴ ^a
۲۰۰	۵۸/۷۷ ^a	۶۳/۳۰ ^a	۲۲/۰۰ ^a	۹۲۱۲/۸ ^a	۸۰۴۳/۰ ^a
عدم تلقیح	-	-	-	۷۳۲۳/۴ ^b	۶۹۲۰/۹ ^b
تلقیح با باکتری محرک رشد	-	-	-	۷۸۲۸/۱ ^a	۸۱۰۴/۵ ^a
تلقیح با گیاهی	-	-	-	۷۳۶۷/۸ ^b	۸۰۲۰/۵ ^a
آزوسپریلوم	-	-	-	-	-

ادامه جدول ۲- مقایسه میانگین برخی صفات مورد مطالعه

میانگین صفات					
عامل های آزمایشی	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک کل بوته (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر کل بوته (کیلوگرم در هکتار)	شاخص کلروفیل	شاخص کلروفیل
۰	۲۳۹۱/۲ ^b	۴۱۴۵/۸ ^b	۱۳۰۳۵/۳ ^b	۳۴/۴۰ ^b	۳۴/۴۰ ^b
۵۰	۲۳۹۴/۷ ^b	۴۴۲۸/۳ ^b	۱۴۲۷۴/۸ ^b	۳۵/۷۱ ^b	۳۵/۷۱ ^b
۱۰۰	۲۷۷۳/۱ ^a	۵۰۵۰/۶ ^a	۱۴۴۶۵/۹ ^b	۳۶/۶۵ ^b	۳۶/۶۵ ^b
۱۵۰	۲۹۲۱/۳ ^a	۵۴۴۷/۱ ^a	۱۶۹۱۰/۳ ^a	۴۶/۰۲ ^a	۴۶/۰۲ ^a
۲۰۰	۳۱۲۴/۳ ^a	۵۵۷۵/۹ ^a	۱۷۲۵۵/۸ ^a	۴۷/۵۸ ^a	۴۷/۵۸ ^a
عدم تلقیح	-	۴۵۴۰/۹ ^b	۱۴۲۴۴/۳ ^b	-	-
تلقیح با باکتری محرک	-	۵۱۷۷/۳ ^a	۱۵۹۳۲/۶ ^a	-	-
تلقیح با رشد گیاهی	-	۵۰۷۰/۴ ^a	۱۵۳۸۸/۳ ^{ab}	-	-
آزوسپریلوم	-	-	-	-	-

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند اختلاف معنی‌دار با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند

تعداد گره های ساقه در بوته

نمود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر عامل های آزمایشی بر تعداد گره های ساقه در بوته نشان داد با افزایش کاربرد کود نیتروژن، تعداد گره در بوته افزایش پیدا می‌کند (جدول ۲). بیشترین تعداد گره در بوته (۲۲/۰۰) در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد، که در مقایسه با کمترین

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد اثر عامل نیتروژن برای صفت تعداد گره در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر عامل تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی و اثر متقابل نیتروژن × باکتری برای این صفت معنی‌دار

هکتار) در کاربرد باکتری ازتوباکتر مشاهده شد. باکتری آروسپریلوم نیز با متوسط وزن تر ساقه ۷۳۶۷/۸ کیلوگرم در هکتار در مرتبه بعدی و به طور مشترک با عدم تلقیح (۷۳۲۳/۴ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفت. این یافته با نتایج ایزدی و همکاران (۱۳۸۹) مطابق دارد. مهر آفرین و همکاران (۱۳۹۰) نیز در بررسی اثر کودهای زیستی و کود اوره بر برخی صفات نعنای فلفلی افزایش وزن تر نعنای فلفلی را به دنبال افزایش کاربرد نیتروژن گزارش کردند. طغرانی و همکاران (۱۳۸۸) نیز با بررسی اثر کود نیتروژن بر برخی صفات زراعی نعنای فلفلی نتایج مشابهی گزارش نمودند.

وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کود نیتروژن برای وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار می باشد. اثر تلقیح با باکتری های محرک رشد گیاهی نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید. همچنین اثر متقابل کود نیتروژن × باکتری محرک رشد گیاهی نیز برای صفت وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱).

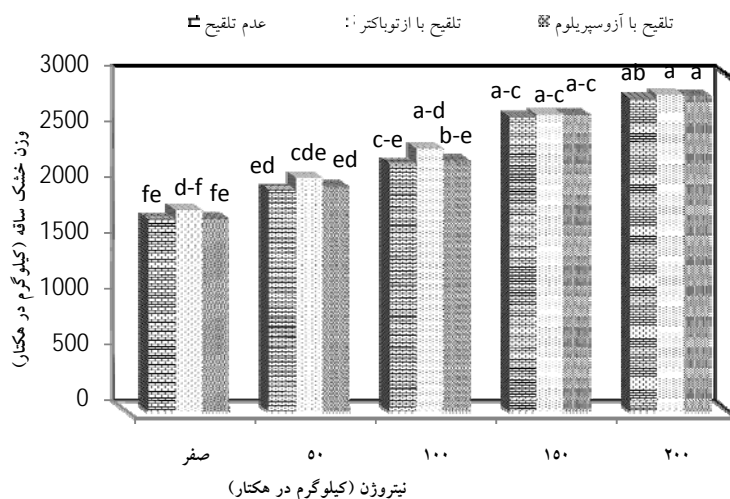
معنی دار شدن اثر متقابل کود نیتروژن × باکتری محرک رشد گیاهی نشان داد بالاترین وزن خشک ساقه (۲۸۳۹ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن × ازتوباکتر حاصل گردید. کمترین میزان این صفت (۱۷۲۳ کیلوگرم در هکتار) نیز در سطوح شاهد عامل های آزمایشی به دست آمد (شکل ۱).

میزان این صفت (۱۲/۱۶) که در سطح شاهد کاربرد کود نیتروژن به دست آمد، افزایش بیش از ۸۰ درصدی در این صفت را نشان می دهد. سطوح تیماری ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با ۱۷/۶۴، ۱۸/۶۰ و ۱۸/۷۹ گره در بوته نیز از نظر تاثیرگذاری بر صفت تعداد گره در بوته به طور مشترک در یک گروه قرار گرفتند. افزایش تعداد گره در اثر افزایش کاربرد کود نیتروژن دار در نعنای فلفلی توسط ایزدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش شده است.

وزن تر ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایشی نشان داد اثر نیتروژن برای وزن تر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. اثر عامل تلقیح با باکتری های محرک رشد گیاهی نیز در سطح احتمال پنج درصد برای این صفت معنی دار بود. اثر متقابل نیتروژن × باکتری برای وزن تر ساقه معنی دار نبود (جدول ۱).

مقایسه میانگین ها نشان داد با افزایش سطوح کاربرد کود نیتروژن وزن تر ساقه به طور معنی داری افزایش یافت. به این صورت که بالاترین وزن تر ساقه (۹۲۱۲/۸ کیلوگرم در هکتار) در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن حاصل گردید، که با کمترین میزان این صفت (۶۱۱۴/۲ کیلوگرم در هکتار) که در سطح شاهد به دست آمد افزایش بیش از ۵۰٪ را نشان می دهد (جدول ۲). کاربرد باکتری های محرک رشد گیاهی نیز در مقایسه با عدم کاربرد آنها منجر به افزایش وزن تر ساقه گردید. به این ترتیب که بیشترین وزن تر ساقه (۷۸۲۸/۱ کیلوگرم در



شکل ۱- اثر متقابل نیتروژن × باکتری بر وزن خشک ساقه نعنای فلفلی

وزن تر برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاهی برای صفت وزن تر برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. اثر متقابل کود نیتروژن × باکتری محرک رشد برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین وزن تر ساقه (۶۹۲۱/۱) کیلوگرم در هکتار) در کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حاصل گردید، که در مقایسه با شاهد افزایش حدود ۱۶ درصدی از خود نشان داد. کمترین میزان این صفت (۶۱۱۴/۲) کیلوگرم در هکتار) نیز سطح شاهد کود نیتروژن مشاهده شد (جدول ۲). افزایش وزن تر گیاه دارویی نعنای فلفلی به دنبال افزایش کاربرد کود نیتروژن‌دار توسط مهرآفرین و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش شده است. در کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاهی مشخص شد بالاترین وزن تر برگ (۸۱۰۴/۵) کیلوگرم در هکتار) در تلقیح با آزوتوباکتر به دست آمد، که در مقایسه با شاهد افزایش حدود ۱۷ درصدی در وزن تر برگ نشان می‌دهد، تلقیح با باکتری آزوسپیریوم نیز با متوسط وزن تر ۸۰۲۰/۵ کیلوگرم در هکتار در گروه مشترک با ازتوباکتر قرار گرفت. کمترین وزن تر برگ (۶۹۲۰/۹) کیلوگرم در هکتار) نیز در عدم تلقیح با باکتری مشاهده گردید.

افزایش کاربرد کود نیتروژن‌دار توسط مهرآفرین و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش شده است.

سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کود نیتروژن و باکتری محرک رشد گیاهی برای سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین اثر متقابل کود نیتروژن × باکتری محرک رشد گیاهی نیز برای صفت وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل کود نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد گیاهی نشان داد بالاترین سطح برگ در ترکیب تیماری ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار × آزوتوباکتر حاصل گردید، که تفاوت آماری معنی‌داری با کاربرد آزوسپیریوم نداشت. کمترین سطح برگ نیز در سطح شاهد عامل‌های آزمایشی حاصل گردید. یافته‌های غلامی و همکاران (۲۰۰۹) نیز حاکی از آن است که بسیاری از شاخص‌های رشد از جمله سطح برگ تحت تاثیر باکتری‌های محرک رشد افزایش می‌یابند. آنان افزایش سطح برگ را در پاسخ به تلقیح با آزوتوباکتر برازیلینس DSM، ۱۶۹۰ در حدود ۶۵٪ گزارش نمودند.

وزن خشک کل بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی مشخص شد اثر عامل نیتروژن و باکتری برای وزن خشک کل بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل نیتروژن × باکتری برای وزن تر ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین وزن خشک کل بوته (۵۵۷۵/۹) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن‌دار حاصل شد. هر چند این سطح تفاوت آماری معنی‌داری با کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نداشت. کمترین میزان این صفت نیز با میزان ۲۳۹۱/۲ کیلوگرم در هکتار در سطح شاهد کودی حاصل گردید. به عبارت دیگر کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در مقایسه با شاهد موجب افزایش حدود ۳۳٪ در وزن خشک کل بوته گردید (جدول ۲).

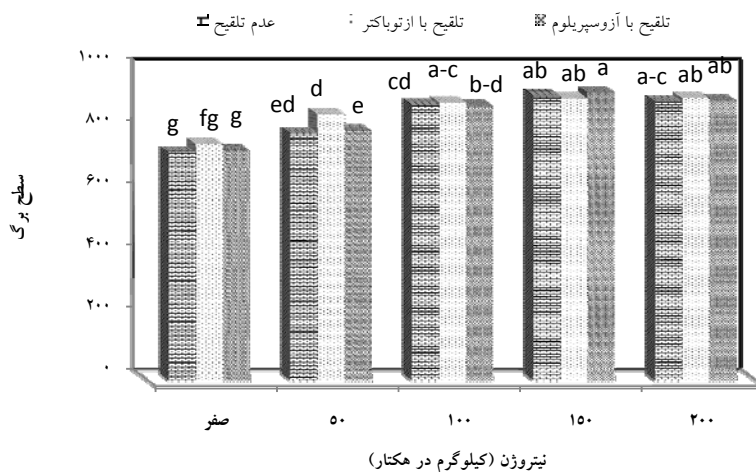
مقایسه میانگین‌های اثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر وزن خشک کل بوته نشان داد با کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاهی وزن خشک کل بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت. به این ترتیب که بیشترین وزن خشک بوته به طور مشترک در کاربرد ازتوباکتر و آزوسپیریوم و کمترین میزان این صفت در

وزن خشک برگ

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس دادا مشخص کرد اثر عامل نیتروژن برای صفت وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر عامل تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی و اثر متقابل نیتروژن × باکتری برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها اثر عامل‌های آزمایشی نشان داد با افزایش کاربرد کود نیتروژن‌دار وزن خشک برگ به طور معنی‌داری افزایش یافت. به این ترتیب که بالاترین وزن خشک برگ (۳۱۲۴/۳) کیلوگرم در هکتار) در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به دست آمد که در گروه مشترک با کاربرد ۱۰۰ (۲۷۷۳/۱) کیلوگرم در هکتار) و ۱۵۰ (۲۹۲۱/۳) کیلوگرم در هکتار) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار قرار گرفت. کمترین میزان این صفت (۲۳۹۱/۲) کیلوگرم در هکتار) در سطح شاهد کود نیتروژن‌دار به دست آمد. به عبارت دیگر بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن در مقایسه با شاهد افزایش حدود ۳۰ درصدی در وزن خشک برگ نشان داد (جدول ۲). افزایش وزن خشک برگ در نعنای فلفلی به دنبال

باکتری‌های محرک رشد افزایش می‌یابند. حکم‌علی‌پور (۱۳۹۱) گزارش کرده است تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاه نظیر آزوسپیریوم علاوه بر تأثیر بر روی شاخص‌های مربوط به ریشه، روی بسیاری از شاخص‌های رویشی و اندام‌های سبز گیاه نیز موثر است. این تغییرات به طور مستقیم به تأثیر مثبت آزوسپیریوم در جذب مواد معدنی توسط گیاه بستگی دارد.

عدم کاربرد باکتری به دست آمد. بررسی‌ها نشان داده‌اند که تلقیح گیاهان توسط آزوسپیریوم موجب تغییرات معنی‌داری در شاخص‌های مختلف رشدی از قبیل افزایش در ماده خشک گیاهی می‌شود (باشان و همکاران، ۲۰۰۴). یافته‌های غلامی و همکاران (۲۰۰۹) نیز حاکی از آن است که بسیاری از شاخص‌های رشد از جمله وزن خشک اندام‌های هوایی تحت تأثیر



شکل ۲- اثر متقابل نیتروژن × باکتری بر سطح برگ نعنای فلفلی

آزوسپیریوم نیز با میزان ۱۵۳۸۸/۳ کیلوگرم در هکتار بعد از ازتوباکتر در مرتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۲). افزایش وزن تر بخش‌های هوایی بوته به دنبال کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاهی توسط محققین مختلفی گزارش شده است (هراندز و همکاران، ۱۹۹۵؛ دوبلییر و همکاران، ۲۰۰۳؛ کاماکسی و همکاران، ۲۰۰۵)

شاخص کلروفیل

بر اساس نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس مشخص گردید اثر عامل نیتروژن برای شاخص کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر عامل تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی و اثر متقابل نیتروژن × باکتری برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر کاربرد کود نیتروژن بر شاخص کلروفیل نشان داد با افزایش کاربرد کود نیتروژن‌دار شاخص کلروفیل به طور معنی‌دار افزایش یافت. به این ترتیب که بالاترین شاخص کلروفیل مشاهده شده (۴۷/۵۸) مربوط به کاربرد بالاترین سطح کود نیتروژن‌دار بود که در گروه مشترک با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار قرار گرفت. کمترین میزان این صفت (۳۴/۴۰) نیز در سطح شاهد کودی به دست آمد

وزن تر کل بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی نشان داد اثر عامل نیتروژن برای وزن تر کل بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر عامل تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاهی نیز در سطح احتمال پنج درصد برای این صفت معنی‌دار بود. اثر متقابل نیتروژن × باکتری برای وزن تر ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش کاربرد کود نیتروژن وزن تر کل بوته افزایش پیدا می‌کند. به طوری که بالاترین میزان این صفت (۱۷۲۵۵/۸ کیلوگرم در هکتار) در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن‌دار حاصل گردید. کمترین میزان وزن تر کل بوته (۱۳۰۳۵/۳ کیلوگرم در هکتار) در سطح شاهد به دست آمد. به عبارت دیگر کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در مقایسه با سطح شاهد کودی موجب افزایش حدود ۳۲ درصدی در وزن تر کل بوته گردید.

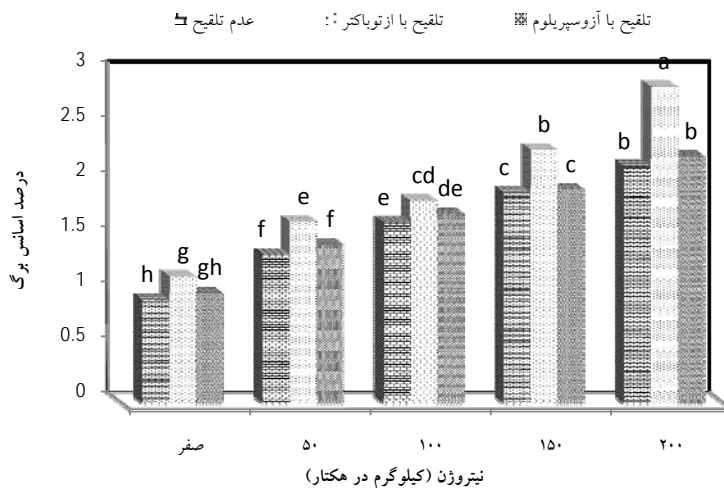
نتایج مقایسه میانگین‌های اثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر وزن تر کل بوته نشان داد کاربرد این باکتری‌های موجب افزایش این صفت می‌گردد. به این ترتیب که بالاترین وزن تر کل بوته (۱۵۹۳۲/۶ کیلوگرم در هکتار) در تلقیح با باکتری ازتوباکتر و کمترین میزان این صفت (۱۴۲۴۴/۳ کیلوگرم در هکتار) در عدم تلقیح حاصل شد. تلقیح با باکتری

محرک رشد گیاهی برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن \times باکتری‌های محرک رشد گیاهی نشان داد بالاترین درصد اسانس برگ (۲/۹۰) در ترکیب تیماری ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار \times آزوتوباکتر حاصل گردید. همچنین مشخص شد کاربرد آزوسپریلوم و عدم تلقیح در کلیه سطوح کود نیتروژن از نظر آماری در یک گروه مشترک قرار دارند. کمترین درصد اسانس برگ (۰/۸) نیز در سطوح شاهد عامل‌های آزمایشی به دست آمد (شکل ۳).

که از تفاوت آماری معنی‌داری با سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت (جدول ۲). نیتروژن به شکل یون‌های آمونیوم و نترات به وسیله گیاه جذب و بعد به ترکیبات دیگر نیتروژن‌دار تبدیل می‌شود. رشد برگ‌ها به وسیله نیتروژن کنترل می‌شود. بر میزان کلروفیل برگ‌ها اثر می‌گذارد (یزدی صمدی و پوستینی، ۱۳۷۳).

درصد اسانس برگ

نتایج تجزیه واریانس اثر عامل‌های آزمایشی بر درصد اسانس برگ نعنای فلفلی نشان داد اثر کود نیتروژن، باکتری‌های محرک رشد گیاهی و اثر متقابل کود نیتروژن \times باکتری‌های

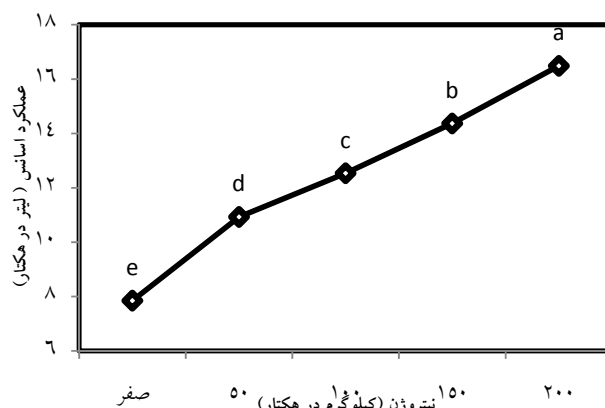


شکل ۳- اثر متقابل نیتروژن \times باکتری بر درصد اسانس برگ نعنای فلفلی

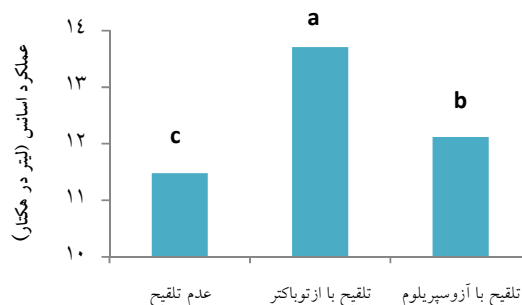
در هکتار در مقایسه با سطح شاهد کودی موجب افزایش بیش از ۱۲۴ درصدی در عملکرد اسانس نعنای فلفلی گردید. تحقیقات متعددی نشان داده است که مقادیر مناسب نیتروژن، به میزان قابل توجهی موجب افزایش اسانس نعنای می‌شود (امیدبیگی، ۱۳۹۰). نتایج مشابهی توسط خان (۱۹۹۲) در گیاه رازیانه گزارش شده است. مطالعه مقایسه میانگین‌های اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر عملکرد اسانس نشان داد با به کارگیری این باکتری‌ها عملکرد اسانس به طور معنی‌دار افزایش یافت. به این صورت که بیشترین عملکرد اسانس (۱۳/۵ کیلوگرم در هکتار) در تلقیح توسط ازتوباکتر حاصل گردید. کاربرد باکتری آزوسپریلوم از این نظر در مرتبه بعدی قرار گرفت. کمترین میزان این صفت (۱۱/۳ کیلوگرم در هکتار) نیز در عدم تلقیح مشاهده گردید (شکل ۵).

عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس اثر عامل‌های آزمایشی بر عملکرد اسانس نعنای فلفلی نشان داد اثر کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاهی برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. اثر متقابل کود نیتروژن \times باکتری‌های محرک رشد گیاهی برای عملکرد اسانس معنی‌دار نگردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد اسانس نشان داد با افزایش کاربرد کود نیتروژن عملکرد اسانس به طور خطی افزایش یافت. به این ترتیب که بیشترین عملکرد اسانس (۱۶/۵ کیلوگرم در هکتار) در کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. کمترین میزان این صفت در سطح شاهد کودی حاصل گردید (شکل ۴). با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن



شکل ۴- اثر کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن دار بر عملکرد اسانس نعناع فلفلی



شکل ۵- اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر عملکرد اسانس نعناع فلفلی

منابع

- امید بیگی، ز. ۱۳۹۰. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد دوم. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۴۸ صفحه.
- ایزدی، ز. احمدوند، گ. اثنی عشری، م. و خ پیری. ۱۳۸۹. تأثیر نیتروژن و تراکم کاشت روی برخی ویژگیهای رشد، عملکرد و میزان اسانس در نعناع فلفلی (*Mentha piperita L.*). نشریه پژوهش های زراعی ایران. جلد ۸، شماره ۵: ۸۲۴-۸۳۶
- حکم علی پور، س. میرشکاری، ب. سیدشریفی، ر. فرح وش، ف و ع عبادی خزینه قدیم. ۱۳۹۱. تاثیر تلقیح بذر با باکتری های افزایش دنده رشد گیاه (PGPR) بر فیلوکرون و زمان ظهور برگ جو (*Hordeum vulgare L.*) در مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و فسفر. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۶، شماره ۴: ۴۰۳-۴۱۳.
- طغرانی، ا. شیرانی راد، ا. ح. وله آبادی، س ع و م زراعی کوشکی. ۱۳۸۸. تاثیر سطوح مختلف تراکم بوته و میزان نیتروژن بر برخی از صفات زراعی نعناع فلفلی (*Mentha piperita L.*). پژوهش نامه کشاورزی. جلد ۱، شماره ۲: ۵۷-۶۵.
- مهرآفرین، ع. نقدی بادی، ح. پورهادی، م. هادوی، ا. قوامی، ن و ز کدخدا. ۱۳۹۰. پاسخ فیتوشیمیایی و زراعی نعناع فلفلی (*Mentha piperita L.*) به کاربرد کودهای زیستی و کود اوره. فصلنامه گیاهان دارویی. سال دهم، دوره چهارم، شماره مسلسل چهلم: ۱۰۷-۱۱۸.
- نیاکان، م. ۱۳۸۵. اثر نسبت های مختلف سه کود V,B,K بر وزن تر، وزن خشک، سطح برگ و میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی. تحقیقات گیاهان دارویی. جلد ۲۰، شماره ۲: ۱۴۸-۱۳۱.
- یزدی صمدی، ب. و ک، پوستینی. ۱۳۷۳. اصول تولید گیاهان زراعی (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی. تهران. ۳۶۲ صفحه.
- Bashan, Y.G., Holguin, L.E. and de-Bashan. 2004. Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances. J. Can. Microbiol. 50: 521-577.
- Bharathi, R., R. Vivekananthan, S. Harish, A. Ramanathan and R. Samiyappan. 2004. Rhizobacteria-based bio-formulations for the management of fruit rot infection in hillies. J. Crop Protec. 23:835-843.
- Brussaard, I., and R, Ferrera-cerrato. 1997. Soil ecology in sustainable agricultural systems. New York Lewis publishers, U.S.A. 168p.

- Cakmakci, R., 2005a. Bitki gelişiminde fosfat cozucu bakterilerin onemi. Selcuk Univ. Ziraat Fakultesi Dergisi. 35:93-108.
- Cakmakci, R., M. Erat, U.G. Erdoman and M. F., Donmez. 2007. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 288-295.
- Cattelan, A. J., P. G., Hartel and J. J. Fuhrmann. 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Am. J. Soil Sci. Soc. 63:1670-1680.
- Dobbelaere, S., J. Vanderleyden and Y. Yaacov Okon. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Rev. Plant Sci. 22:107-149.
- Egamberdiyeva D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Appl. Soil. Eco. 36:184-189.
- Gholami, A., S. Shahsavani, and S., Nezarat. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of World Academy of Science. J. Engin and Techno. 37:2070-3740.
- Hernandez, A.N., A. Hernandez and M. Heydrich. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. J. Cultivos Tropicales. 6: 5-8.
- Hokmalipour, S. 2011. The study of phyllochron and leaf appearance rate in three cultivar of maize (*Zea mays* L.) at nitrogen fertilizer levels. World Applied Sciences Journal 12 (6): 850-856.
- Jeun, Y.C., K.S., Park, C.H., Kim, W.D., Fowler and J.W., Klopper. 2004. Cytological observations of cucumber plants during induced resistance elicited by rhizobacteria. Biol. Contorl.29: 34-42.
- Karakurt, H., R. Aslantas, G., Ozkan and M. Guleryuz. 2009. Effects of indol-3-butyric acid (IBA), plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and carbohydrates on rooting of hardwood cutting of MM106 apple rootstock. African J. Agric. Res. 4 (2):60-64.
- Khan, M.M.A, Afag, s. and Afidi, M.M.R.K1992.Yield and quality of fennel (*foeniculum vulgare . mill*) in relation to base and foliar application to nitrogen and phosphorus. Journal of plant Nutrition, 15(11): 2505-2515.
- Longnecker N., and A. Robson. 1994. Leaf emergence of spring wheat receiving varying nitrogen supply at different stage of development. Anna of Bot. 74:1-7.
- Manaffee, W. F., and J. W. Klopper, 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: Soil biota Management in Sustainable Farming Systems, Pankhurst, C.E., B. M., Double, V. V. S. R., Gupta, and P. R., Grace, (eds.). CSIRO Pub East Melbourne, Australia. 23-31.
- Pallai, R. 2005. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on canola (*Brassica napus* L.) and lentil (*Lens culinaris*. Medik) plants. MSc Thesis, University of Saskatchewan Saskatoon. 140 pp.
- Salantur, A., A., Ozturk and S. Akten. 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. Plant Soil Environ. 52 (3):111-118.
- Shaharoon B. M., Z. Arshad A. Zahir and A. Khalid. 2006. Performance of Pseudomonas spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil. Biol. Biochem.38:2971-2975.
- Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.
- Sing, V.P., chatterjee, B.N and sing P.V. 1989. Response of mint species to nitrogen fertilization. Journal of Agricultural science. 113(2): 267-272.
- Sundara, B., V. Natarajan, and K. Hari. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yield. Field Crop Res.77: 43-49.
- Tollenaar, M., A. Dibo, S.F. Weise and C.J. Swanton. 1994a. Effect of crop density on weed interference in maize. Agro. J. 86:591-595.
- Vessy, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and soil, 255-586.
- Wu S., C. Cao, Z. H. Li, Z. G. Cheung K. C., and Wong, M. H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and A M fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma.125:155-166.
- Zahir, A. Z., M., Arshad, and W. F. Frankenberger. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Application and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy. 81: 97-168.

Evaluate the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and nitrogen fertilizer on yield and some agronomic and physiological traits of medicinal plant of Peppermint (*Mentha piperita* L.)

S. Hokmalipour¹

Received: 2016-05-13 Accepted: 2017-03-17

Abstract

In order to study the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and nitrogen fertilizer on yield and agronomic and physiological traits of medicinal plant of Peppermint, a factorial experiment was carried out based on Randomized Complete Block Design with three replications in 1394 at the Agricultural Research Farm of University of Payam Noor, Kosar baranch, Kosar, Ardabil. Experimental factors were, nitrogen fertilizer in five levels (0, 50, 100, 150 and 200 kg N.ha⁻¹, from urea source) and plant growth promoting rhizobacteria in three levels (no inoculation, seed inoculation with *Azotobacter chorchorum* strain 5 and *Azospirillum lipoferum* strain OF). Minimum and maximum of all traits were obtained at control level and highest level of nitrogen fertilizer. analysis of variance showed that in seed inoculation by plant growth promoting rhizobacteria, stem fresh weight, stem dry weight, leaf fresh weight, total plant dry weight, total plant fresh weight, leaf area, chlorophyll index, leaf essence and essence yield, significantly affected. The highest levels in all of the listed traits were observed by seed inoculation with *Azotobacter*. *Azospirillum* were ranked. The lowest levels in traits were observed in no inoculation. Stem dry weight, leaf area and leaf essence were significantly by interaction effect of nitrogen × PGPR. Maximum stem dry weight, leaf area and leaf essence were observed in 200 kg N. ha⁻¹ × *Azotobacter*. The interaction effect of 200 kg N. ha⁻¹ × *Azospirillum* was at a lower level. Minimum levels of listed traits were obtained in control levels of experimental factors.

Keywords: Chlorophyll index, essence percentage, essence yield leaf area and seed inoculation