نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۲۸۹-۲۷۵

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 2, Summer 2014, p. 275-289

اثر باکتری‌های محرک رشد، کود نیتروژن و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه کرچک (*Ricinus communis* L.) در منطقه سیستان

سکینه قاسمی[۱] و سیدمحسن موسوی‌نیک[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۰

چکیده

با توجه به اهمیت روغن گیاه صنعتی کرچک (*Ricinus communis* L.) در صنایع و با توجه به تأثیر تغذیه بهینه گیاهی و اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و گوگرد در حصول عملکرد مناسب، این پژوهش جهت شناسایی مناسب‌ترین اثر محرک‌های رشد برای گیاه کرچک اجرا گردید. به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، گوگرد و باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات عملکردی کرچک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مجتمع بقیه‌الاعظم (چاه‌نیمه) وابسته به دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل باکتری‌های محرک رشد در سه سطح (شاهد، نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس به میزان دو لیتر در هکتار)، کود نیتروژن در سه سطح (صفر، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود گوگرد در دو سطح (صفر و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج این بررسی نشان داد نیتروژن، گوگرد، باکتری و اثرات متقابل باکتری × نیتروژن و باکتری × گوگرد از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری بود، ولی اثر متقابل گوگرد × نیتروژن اختلاف معنی‌داری نداشت. وزن دانه‌ها، وزن هزاردانه، تعداد کپسول و دانه در بوته تحت تأثیر هیچ یک از این تیمارها قرار نگرفت. بیشترین تأثیر باکتری بر روی وزن خشک کپسول، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، درصد روغن و مقدار پروتئین و گوگرد فقط بر روی تعداد گل‌آذین در گیاه و نیتروژن بر روی اکثر صفات مشاهده شد. نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین تأثیر باکتری‌ها بر روی گیاهان اثرات متقابل باکتری × گوگرد که بالاترین و کمترین درصد روغن به‌ترتیب مربوط به تیمار نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس با میانگین ۵۱/۸۹ و ۴۷/۸۵ همچنین اثرات متقابل باکتری × نیتروژن بالاترین و کمترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار نیتروکسین و شاهد به‌ترتیب با میانگین ۸۲/۲۹ و ۵۳/۳۳ را به خود اختصاص دادند.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، درصد روغن، سطح برگ، گل‌آذین، وزن هزار دانه

مقدمه

کرچک با نام علمی *Ricinus communis* L. متعلق به تیره Euphorbiaceae از خانواده فرفیون و به صورت درختچه‌ای با برگ‌های پنجه‌ای است و میوه آن از نوع کپسول می‌باشد که در بسیاری از کشورهای آسیا، امریکای شمالی و مرکزی، آفریقا و اروپا به عنوان گیاه زینتی کشت می‌شود (Doan, 2004). این گیاهان جزو گیاهان سمی شناخته می‌شود و بذر این گیاه حاوی ۵-۳ درصد پروتئین سمی است که ریسین نامیده می‌شود (Olnes et al., 1974). این گیاه به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود به عنوان یکی از گیاهان مقاوم به شرایط آب و هوایی مختلف شناخته شده است (Ogunnniyi, 2006). گیاه کرچک در مناطق سردسیر گیاهی علفی و یکساله بوده که ارتفاع آن به دو تا سه متر می‌رسد، درحالیکه در مناطق گرمسیری به صورت درختچه‌های چندساله بوده که ارتفاع آن بیش از سه متر می‌باشد (Marter, 1981). باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)[۳] به گروه نامتجانس از باکتری‌های ریزوسفر اطلاق می‌شود که با استفاده از یک یا چند فرایند خاص موجب بهبود شاخص‌های رشد و نمو گیاه می‌گردند (Kloepper et al., 1989).

مزایای تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد شامل افزایش شاخص‌های متعددی مانند سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، کنترل عوامل بیماری‌زا، افزایش سطح برگ، افزایش

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: (Email: mohsen_372001@yahoo.com

3- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

Archive of SID
www.SID.ir

محتوی کلروفیل، مقاومت به خشکی، وزن ریشه و اندام هوایی، افزایش فعالیت میکروبی خاک (Lucy et al., 2004) و همچنین دسترسی عناصر غذایی برای گیاه می‌باشند (Dobbelaere et al., 2003). استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* در گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) باعث افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد (Vande, 1999). در گیاه دارویی پروانش تلقیح گیاهچه‌ها با باکتری باعث افزایش میزان زیست‌توده تولیدی و میزان آلکالوئید گیاه در شرایط تنش آبی گردید (Abdul et al., 2007).

نیتروژن عنصری مهم و حیاتی برای گیاه به شمار می‌رود و در پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل وجود دارد و بیش از عناصر غذایی دیگر در معرض ازدست‌رفتن می‌باشد و مقدار بازیافت آن کمتر از نصف مقدار به کار رفته می‌باشد (Boswell et al., 1985). چنانچه نیتروژن کمتر از میزان مطلوب و یا بیشتر از حد نیاز باشد، اختلالاتی را در فرایندهای ضروری و حیاتی گیاه نظیر رشد و نمو، کاهش، تعویق و یا حتی توقف رشد زایشی را موجب می‌شود (Naseri, 1997). نتایج آزمایش در استان گجرات هند روی واکنش گیاه کرچک به کود شیمیایی نیتروژن در سطوح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار نشان داد که کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه به طور معنی‌داری محصول بالایی از دانه (۳۶/۱ درصد) و ساقه (۴۸/۸ درصد) را تولید کرد و افزایش در میزان کود نیتروژنه موجب افزایش معنی‌دار محصول نشد (Akbari et al., 2001).

گوگرد نیز در بین عناصر غذایی، به عنوان چهارمین عنصر غذایی اصلی شناخته شده است (Messick & De Brey, 2002). گوگرد یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان محسوب شده و کمبود آن، سبب کاهش تولید کلروفیل در سلول‌های برگ شده که نتیجه آن کاهش رشد گیاه می‌باشد (Ghasemian, 2000). در آزمایشی مصرف کود گوگرد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) داشت، به طوری که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۷۷۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار (۷/۳٪ بیشتر از تیمار عدم مصرف گوگرد) از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار بدست آمد (Rezapor et al., 2011).

با توجه به شرایط اقلیمی منطقه سیستان و نظر به مقاوم بودن کرچک به محدودیت‌های محیطی و تغذیه‌ای، این پژوهش به منظور بررسی واکنش این گیاه به سطوح مختلف کود نیتروژن، گوگرد و باکتری‌های محرک رشد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. پژوهشکده کشاورزی در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۹۵ متر از سطح دریا قرار دارد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی عبارتند از: کود نیتروژن در سه سطح (صفر، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، کود بیوگوگرد گرانوله آلی در دو سطح (صفر و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و باکتری‌های محرک رشد در سه سطح (صفر، نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس دو لیتر در هکتار) اختصاص یافت. در زمین محل آزمایش پس از عملیات شخم و تهیه بستر، کرت‌هایی به ابعاد ۳×۲ متر تهیه شد. فاصله کرت‌های آزمایش از یکدیگر ۳۰ سانتی‌متر و بین تکرارها دو متر، فاصله بین ردیف‌های کشت با یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۳۵ سانتی‌متر و در هر کرت، سه ردیف کاشت نظر گرفته شد. پس از کرت‌بندی زمین و قبل از کاشت مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد در هنگام کاشت به کرت‌های آزمایشی مربوطه اضافه شد و ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در دو مرحله چهار و هشت برگی قبل از ظهور جوانه گل به کرت‌های آزمایشی داده شد. قبل از کشت دانه‌ها با باکتری‌های محرک رشد بصورت اسپری تلقیح گشته و بعد از چند ساعت خشک شدن در سایه بلافاصله در ۱۸ اسفندماه، کشت انجام گردید. اولین آبیاری زمین دو روز بعد از کاشت انجام شد. آبیاری هر هشت یا نه روز یک بار انجام شد و تا زمان رسیدگی کامل محصول ادامه داشت. برای رسیدن به تراکم مورد نظر عملیات تنک در مرحله چهار برگی انجام گردید. وجین نیز در دو مرحله چهار و هفت برگی انجام شد. اولین مرحله نمونه‌برداری در تاریخ ۹۱/۲/۲ (در مرحله پنج برگچه‌ای) انجام شد. مراحل بعدی در تاریخ‌های ۲۳ اردیبهشت (در مرحله هشت و نه برگچه‌ای)، نه خرداد (در مرحله سنبله) و سوم تیر (در مرحله گل‌دهی) با رعایت حذف اثر حاشیه‌ها انجام گردید. شمارش تعداد برگ در تاریخ‌های ۲، ۱۶ و ۳۰ اردیبهشت، ۱۱ خرداد (در مرحله پنج برگچه‌ای، هشت برگچه‌ای، سنبله و گل‌دهی) و اندازه‌گیری ارتفاع گیاه و طول ساقه اصلی در تاریخ‌های ۲۱ و ۳۰

Archive of SID

www.SID.ir

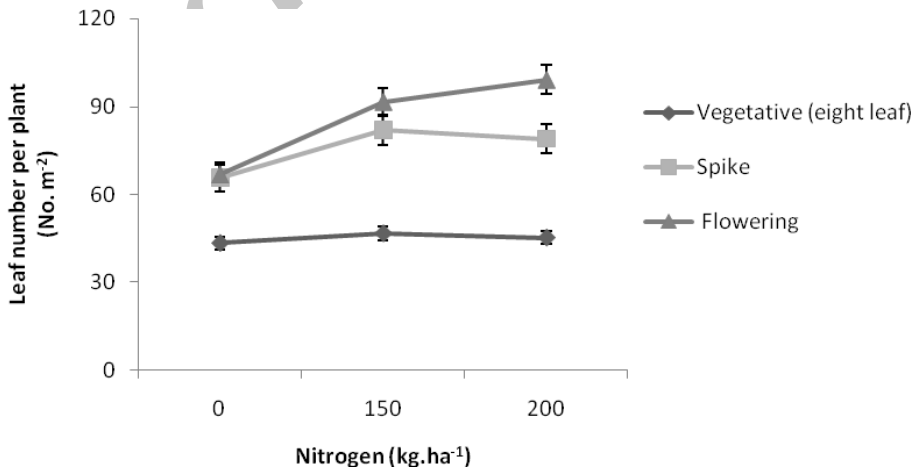
اردیبهشت، شش و ۱۱ خرداد و آخرین مرحله هم در شش تیر (به‌ترتیب در مرحله رویشی، سنبله، گل‌دهی، گل‌دهی کامل و قبل از برداشت) انجام شد. برداشت پس از رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ نه تیر انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل شمارش تعداد برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، سطح برگ، ارتفاع گیاه، ارتفاع طول ساقه اصلی، ارتفاع گل‌آذین، تعداد گیاهان بیش از یک گل‌آذین، وزن تر کپسول، وزن خشک کپسول، تعداد دانه در گیاه، تعداد غلاف در گیاه، وزن دانه در گیاه و وزن هزاردانه کرچک بودند.

تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد برگ داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۹۹/۱۹ تعداد برگ در متر مربع بالاترین و عدم کاربرد نیتروژن یا شاهد با میانگین ۴۵/۲۰ متر مربع پایین‌ترین تعداد برگ را به خود اختصاص دادند. ولدآبادی و همکاران (Valadabadi et al., 2010) بیان کردند که مصرف مقدار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با میانگین ۳۰/۱ عدد بیشترین تعداد برگ را به خود اختصاص دادند. همچنین اثر افزایش کود نیتروژن در تعداد برگ به نقش نیتروژن در متابولیسم گیاه مربوط می‌شود، زیرا نیاز گیاه را از لحاظ نیتروژن تأمین می‌کند و موجب افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد رویشی، مانند تعداد و سطح برگ می‌شود، اگرچه تعداد برگ و سطح برگ می‌تواند تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گیرد.

مقایسه میانگین باکتری‌ها از لحاظ این صفت نشان داد که در گروه‌های متفاوت آماری قرار گرفتند. عدم کاربرد باکتری یا شاهد با میانگین ۲۹/۱۹ متر مربع بالاترین و باکتری در سطح سوپرنیتروپلاس با میانگین ۲۷/۶۸ متر مربع کمترین تعداد برگ را به خود اختصاص دادند. تراکم‌های خیلی پایین به افزایش مقدار کود نیتروکسین واکنش نشان داد، به‌طوری که تعداد برگ به شدت افزایش یافت. کاهش تعداد برگ با افزایش مقدار نیتروکسین در تراکم‌های بالای بوته، ناشی از کمبود فضا برای ایجاد و رشد برگ‌ها و همچنین کمبود تابش آفتاب می‌باشد (Hosseinpour et al., 2011). از آن‌جایی که کاربرد این باکتری‌ها سبب افزایش ترشح هورمون جیبرلین شده و جیبرلین‌ها سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به ویژه میان‌گره‌های ساقه می‌شوند و از طرفی، محل تشکیل برگ‌ها، میان‌گره‌های ساقه است، افزایش تعداد میان‌گره‌ها سبب افزایش تعداد برگ‌ها می‌شود.



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر روی تعداد برگ کرچک

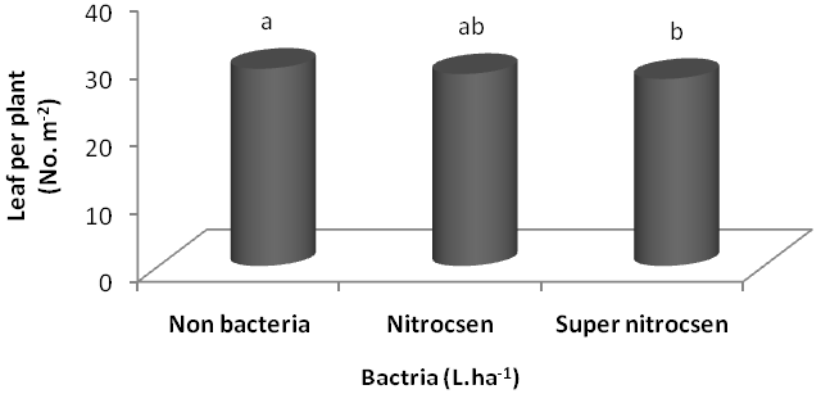
Fig. 1- Effect of various levels of nitrogen on number of leaf in caster bean

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان، بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap ranges according to standard error at 5% probability level.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف باکتری های محرک رشد بر روی تعداد برگ کرچک

Fig. 2- Effect of various levels of PGPR on number of leaf in Caster bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

شاخص سطح برگ: باکتری، نیتروژن و اثر متقابل باکتری و گوگرد اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر روی سطح برگ داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثرات متقابل باکتری و گوگرد از نظر سطح برگ در گیاه در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند، به‌طوری‌که بیشترین سطح برگ (متر مربع) مربوط به اثرات متقابل باکتری- گوگرد (نیتروکسین- گوگرد) و کمترین سطح برگ (متر مربع) مربوط به اثرات متقابل باکتری- گوگرد (نیتروکسین- شاهد) بود. افزایش سطح برگ منجر به افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک می‌شود. این امر منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌شود. همچنین یکی از عوامل موثر در توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع آن توسعه سایه‌انداز، میزان نیتروژن است که با تأثیر بر اندازه و طول عمر هر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ دارد. گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر، سطح برگ بزرگ‌تری خصوصاً در برگ‌های بالایی نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کم، داشتند (Sepehri et al., 2002).

تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد از جمله باکتری‌های سودوموناس بر افزایش سطح برگ گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) پیش از این نیز گزارش شده است (Meyer, 2000; Lucy et al., 2004).

وزن تر گیاه: کود نیتروژن و اثر متقابل باکتری - گوگرد و نیتروژن – گوگرد تأثیر معنی‌داری بر روی وزن تر گیاه داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن از نظر وزن تر گیاه در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند. کاربرد نیتروژن با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین وزن تر با میانگین ۸۵۱/۴۰ گرم بر متر مربع، و عدم کاربرد نیتروژن یا سطح شاهد با میانگین ۶۴۷/۳۵ گرم بر متر مربع کمترین وزن تر را به خود اختصاص داده بود.

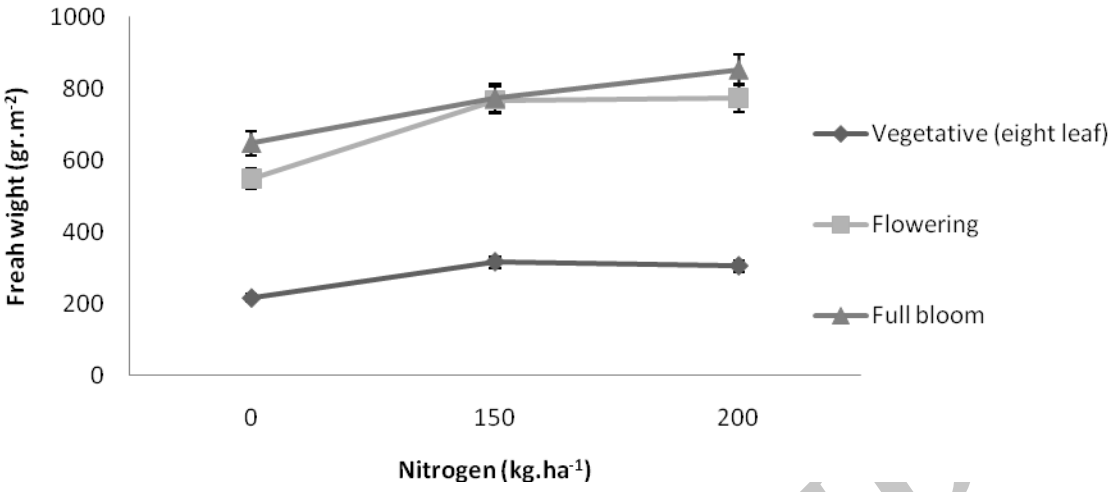
اثرات متقابل نیتروژن و گوگرد از نظر وزن تر گیاه در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و بیشترین وزن تر مربوط به سطح نیتروژن- گوگرد (S_1N_2) با میانگین ۹۳۸/۶۹ گرم بر متر مربع و کمترین وزن تر در سطح نیتروژن- گوگرد (S_1N_0) با میانگین ۵۸۲/۱۳۲ گرم بر متر مربع حاصل شد و مشخص شد که افزایش کود گوگرد و نیتروژن باعث افزایش وزن تر گیاه می‌شود.

اثرات متقابل باکتری و گوگرد از نظر وزن تر گیاه در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و بیشترین وزن تر مربوط به سطح نیتروکسین- گوگرد (B_1S_1) با میانگین ۳۳۱/۸۲ گرم بر متر مربع و کمترین وزن تر مربوط به سطح نیتروکسین- گوگرد (B_1S_0) با میانگین ۲۲۹/۶۲ گرم بر متر مربع بود.

بر اساس نتایج موجود، وزن تر بوته تحت تأثیر کودهای بیولوژیک قرار گرفت، به‌طوری‌که بالاترین وزن تر اندام‌های هوایی در تیمار سوپرنیتروپلاس مشاهده شد. از آن‌جایی‌که تیمار با باکتری‌های همیار تثبیت‌کننده نیتروژن، سبب افزایش ارتفاع گیاه و تعداد کل برگ‌های گیاه شده، در نتیجه سبب افزایش وزن تر بوته گردید. چابوت و همکاران (Chabot et al., 1993) نیز افزایش وزن تر بوته ذرت را بر اثر تلقیح بذر با این باکتری‌ها گزارش کردند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر روی وزن تر گیاه کرچک

Fig. 3- Effect of various levels of nitrogen on fresh weight in Caster bean

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان، بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap ranges according to standard error at 5% probability level.

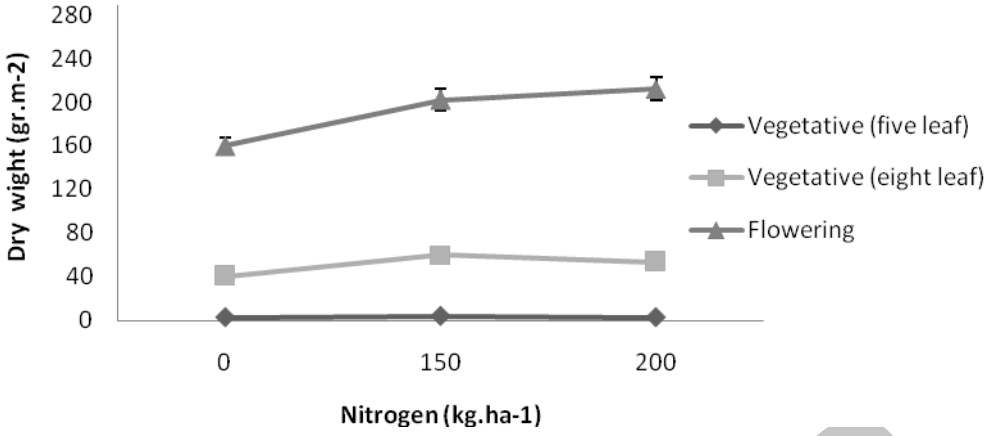
وزن خشک گیاه: باکتری‌های محرک رشد و کود نیتروژن و اثر متقابل باکتری و گوگرد تأثیر معنی‌داری بر روی وزن خشک گیاه داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۲۱۲/۱۱ گرم بر متر مربع بیشترین وزن خشک و کمترین آن با میانگین ۱۵۹/۹۰ گرم بر متر مربع مربوط به سطح شاهد بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر کود نیتروژن بر وزن بوته در گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و با توجه به نقش نیتروژن در افزایش و توسعه اندام‌های رویشی، با افزایش کاربرد نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) حداکثر وزن خشک در بوته حاصل شد و همچنین بیشترین وزن خشک در باکتری‌های محرک رشد در سطح شاهد مشاهده شد (Ali Mohammadi et al., 2001).

اثرات متقابل بین سطوح مختلف باکتری از نظر این صفت در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند، به طوری‌که بیشترین وزن خشک مربوط به عدم کاربرد باکتری یا شاهد با میانگین ۲۰۳/۲۱ گرم بر متر مربع و کمترین وزن خشک مربوط به سوپرنیتروپلاس با میانگین ۱۶۶/۸۵ گرم بر متر مربع بود (شکل ۴). باسیلیو و همکاران (Bacilio et al., 2002) در تحقیقی نشان دادند که باکتری‌های محرک رشد وزن خشک برگ را در شرایط شور به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش داد. با توجه به این‌که باکتری‌های PGPR مورد بررسی در این پژوهش دارای توان تولید مواد تحریک‌کننده رشد گیاه بودند و نظر به این‌که چنین موادی از توانایی تأثیر بر توزیع مواد فتوسنتزی و تسهیم ماده خشک در گیاه برخوردارند (Brenner, 1990)، لذا احتمالاً PGPR در این آزمایش از این طریق در افزایش ماده خشک بوته نقش داشته است.

ارتفاع گیاه: باکتری، نیتروژن و اثرات متقابل باکتری و نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع گیاه داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد سطوح مختلف نیتروژن در گروه‌های متفاوت آماری قرار گرفتند، به‌طوری‌که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با میانگین ۵۵/۵۱ سانتی‌متر، بالاترین و عدم کاربرد نیتروژن یا شاهد با میانگین ۴۰/۴۴ سانتی‌متر، پایین‌ترین ارتفاع گیاه را به خود اختصاص دادند. در آزمایشی مشابه تأثیر تیمارهای نیتروژن بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با میانگین ۱۳۷/۴ سانتی‌متر، بالاترین و عدم کاربرد نیتروژن یا شاهد با میانگین ۱۱۷/۱ سانتی‌متر، پایین‌ترین ارتفاع گیاه را به خود اختصاص دادند (Vladabadi et al., 2010).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر روی وزن خشک گیاه کرچک

Fig. 4- Effect of various levels of nitrogen on dry weight in Caster bean

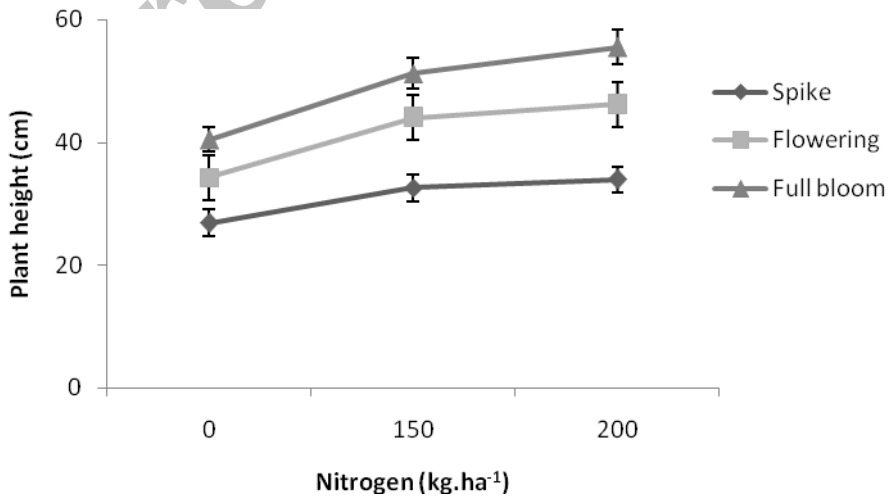
میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان، بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap ranges according to standard error at 5% probability level.

در این آزمایش ارتفاع گیاه با افزایش کود نیتروژن افزایش یافت. به نظر می‌رسد کود نیتروژن از طریق تحریک رشد رویشی گیاه سبب افزایش ارتفاع کانوپی گیاهان در این تیمار شد. همچنین این می‌تواند به دلیل تأثیر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در تحریک رشد رویشی و طولانی کردن دوره رشد باشد که منجر به تولید شاخه‌های بیشتر در بوته شده است. دلیل دیگر تأثیر کودها بر افزایش ارتفاع بوته و تعداد ساقه‌های اصلی را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که با مصرف کود، گیاهان آسان‌تر به عناصر غذایی دسترسی داشته و بهتر استقرار می‌یابند.

سطوح مختلف باکتری در گروه‌های متفاوت آماری قرار گرفتند، به‌طوری‌که نیتروکسین با میانگین ۷۰/۳۰ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع و سوپرنیتروپلاس با میانگین ۶۲/۵۴ کمترین ارتفاع گیاه را به خود اختصاص دادند. در آزمایشی تأثیر محلول‌پاشی باکتری‌های محرک رشد بر ارتفاع بوته سورگوم علوفه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (Keshavarz Afshar et al., 2011).

اثرات متقابل باکتری و نیتروژن از نظر ارتفاع گیاه در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به اثرات متقابل نیتروکسین- نیتروژن (B_1N_1) با میانگین ۸۲/۲۹ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع مربوط به سطح باکتری- نیتروژن (B_0N_0) با میانگین ۵۳/۳۳ سانتی‌متر بود.

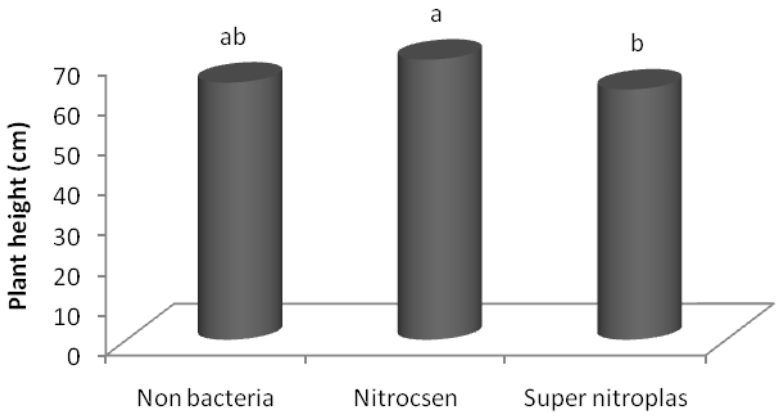


شکل ٥- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر ارتفاع گیاه کرچک

Fig. 5- Effect of various levels of nitrogen on plant height in caster bean

Archive of SID

www.SID.ir



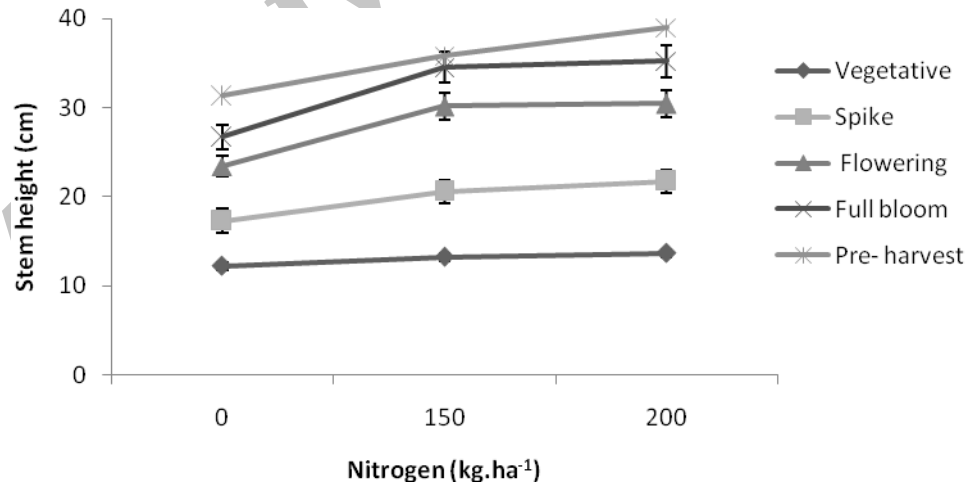
شکل ٦- تأثیر سطوح مختلف باکتری‌های محرک رشد بر ارتفاع گیاه کرچک

Fig. 6- Effect of various levels of PGPR on plant height in caster bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

ارتفاع ساقه بدون گل‌آذین: نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع ساقه بدون گل‌آذین داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که نیتروژن از نظر ارتفاع ساقه بدون گل‌آذین در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۳۹ سانتی‌متر، بالاترین و عدم کاربرد نیتروژن یا شاهد با میانگین ۳۱/۲۹ سانتی‌متر، پایین‌ترین ارتفاع ساقه بدون گل‌آذین را تولید نمودند. دلیل تأثیر کودها بر افزایش تعداد ساقه‌های اصلی را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که با مصرف کود، گیاهان آسان‌تر به عناصر غذایی دسترسی داشته و بهتر استقرار می‌یابند. در آزمایشی مشابه کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۸۲/۱ سانتی‌متر، بالاترین و عدم کاربرد نیتروژن یا شاهد با میانگین ۷۵/۲ سانتی‌متر، پایین‌ترین طول ساقه را تولید نمودند (Vladabadi et al., 2010).

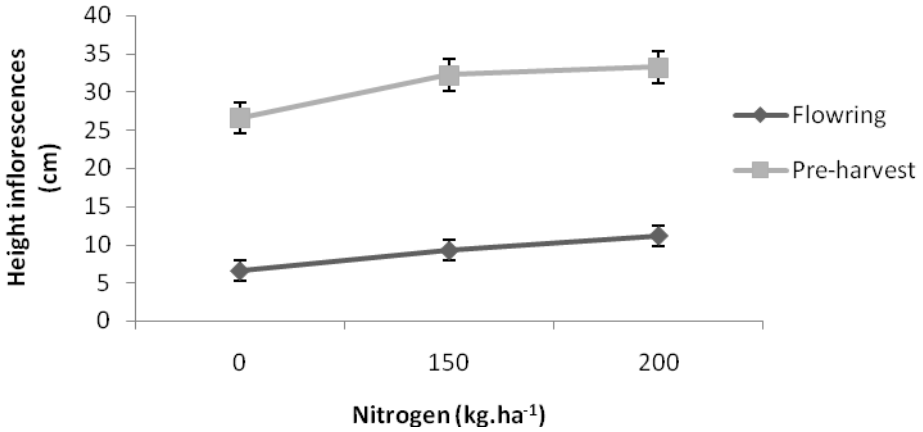


شکل ۷- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر ارتفاع ساقه بدون گل‌آذین

Fig. 7- Effect of various levels of nitrogen on stem height without inflorescences in caster bean

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر روی ارتفاع گل‌آذین کرچک

Fig. 8- Effect of various levels of nitrogen on inflorescences height in caster bean

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان، بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap ranges according to standard error at 5% probability level.

ارتفاع گل‌آذین: کاربرد نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع گل‌آذین داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن از نظر این صفت در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند. کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۳۲/۲۴ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع و عدم کاربرد نیتروژن یا شاهد با میانگین ۲۶/۵۸ سانتی‌متر کمترین ارتفاع را به خود اختصاص دادند.

اثرات متقابل باکتری و نیتروژن از نظر ارتفاع گل‌آذین در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و بیشترین ارتفاع گل‌آذین در تیمار باکتری- نیتروژن (B_0N_2) با میانگین ۳۶/۱۲ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع گل‌آذین در سطح باکتری- نیتروژن (B_1N_0) با میانگین ۲۵/۷۱ سانتی‌متر مشاهده شد.

تعداد گل‌آذین: نیتروژن و اثرات متقابل باکتری و نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر روی تعداد گیاهان بیش از یک گل‌آذین داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن از نظر این صفت در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند. کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۶۳/۹۴ متر مربع بالاترین تعداد گل-آذین را تولید نمود و کمترین آن مربوط به سطح شاهد با میانگین ۳۴/۹۱ گل‌آذین در متر مربع بود و با افزایش نیتروژن تعداد گل‌آذین افزایش یافت.

سطوح مختلف گوگرد از نظر این صفت در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و با افزایش گوگرد تعداد گیاهان بیش از یک گل‌آذین کاهش یافت.

اثرات متقابل باکتری و گوگرد از نظر تعداد گیاهان بیش از یک گل‌آذین در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و بیشترین گل‌آذین مربوط به سطوح باکتری- گوگرد (B_0S_0) با میانگین ۶۶/۷۲ متر مربع و کمترین گل‌آذین مربوط به سطح نیتروکسین- گوگرد (B_1S_0) با میانگین ۴۳/۸۶۳ گل‌آذین در متر مربع بود.

وزن خشک کپسول: نیتروژن بر روی وزن تر و خشک کپسول‌ها و باکتری بر روی وزن خشک کپسول‌ها تأثیر معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن بر روی وزن تر و خشک کپسول‌ها از نظر این صفات در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند و همچنین با افزایش نیتروژن وزن تر آن‌ها هم افزایش یافت. در آزمایشی مشابه کود نیتروژن بر روی وزن کپسول در گیاه در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت به‌طوری‌که حداکثر و حداقل وزن کپسول در گیاه به ترتیب در تیمار کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن و تیمار شاهد به دست آمد (Ali Mohammadi et al., 2001). با توجه به نقش نیتروژن در افزایش و توسعه اندام‌های رویشی، با افزایش کاربرد نیتروژن حداکثر وزن خشک در بوته حاصل شد.

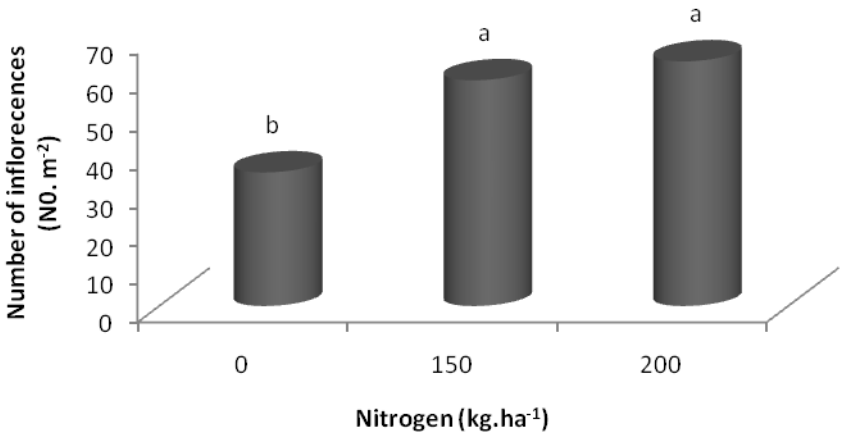
سطوح مختلف باکتری بر روی وزن خشک کپسول‌ها از نظر این صفت در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند. نظارت و غلامی (Nezarat & Gholami, 2011) نشان دادند که تأثیر سویه‌های *آزوسپیریلیوم* بر وزن خشک دانه ذرت معنی‌دار بود به‌طوری‌که بیشترین مقدار وزن خشک دانه از تلقیح با باکتری *آزوسپیریلیوم* و

Archive of SID

www.SID.ir

کمترین میزان از شاهد بدست آمد.

تعداد کپسول و دانه: تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارها تأثیر معنی‌داری بر روی تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته نداشتند. از این نتایج این‌طور استنباط می‌شود که این صفت تحت تأثیر کود و باکتری‌های محرک رشد قرار نگرفته است. در مقابل علی‌محمدی و همکاران (Ali Mohammadi et al., 2001) مشاهده نمودند که اثر متقابل نیتروژن و تراکم تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد دانه در گیاه در سطح احتمال یک درصد داشت. در آزمایشی تأثیر مقادیر کود نیتروژن بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، ولی تقسیط کود تأثیری بر این صفت نداشت (Kazemi Poshtmassari et al., 1987).

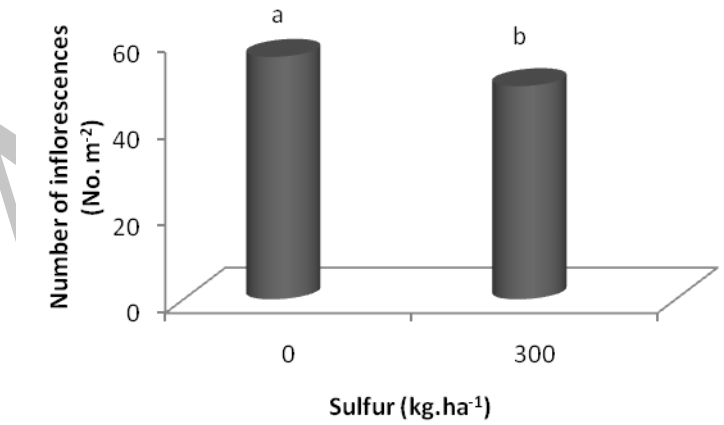


شکل ۹- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر روی تعداد گل‌آذین در گیاه کرچک

Fig. 9- Effect of various levels of nitrogen on number of inflorescences in caster bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



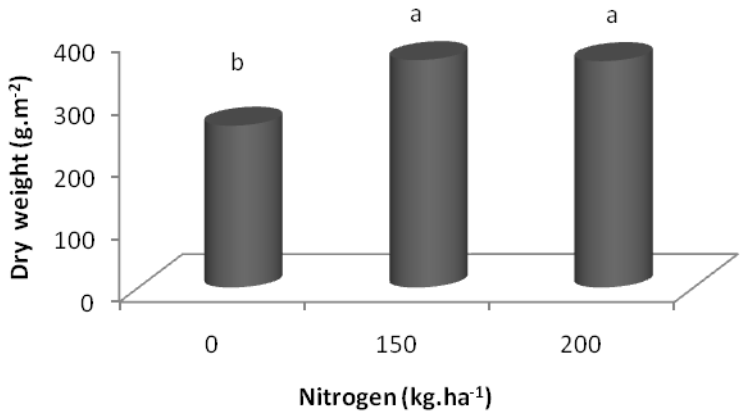
شکل ۱۰- تأثیر سطوح مختلف کود گوگرد بر روی تعداد گل‌آذین در گیاه کرچک

Fig. 10- Effect of various level of sulfur on number of inflorescences in caster bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

www.SID.ir

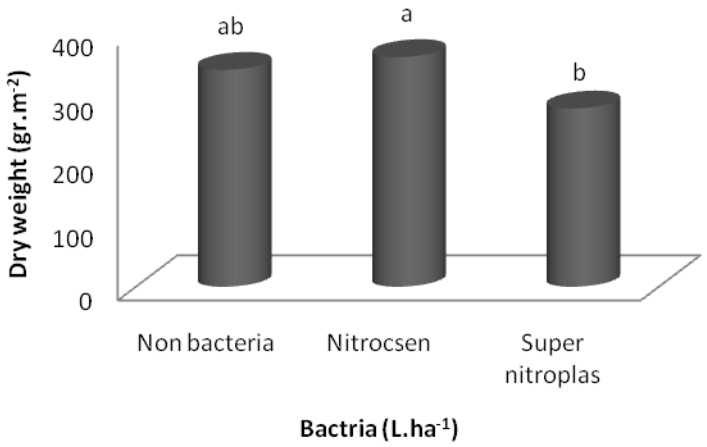


شکل۱۱- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر وزن خشک کپسول در کرچک

Fig. 11- Effect of various levels of nitrogen on dry weight of capsule in caster bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ۱۲- تأثیر سطوح مختلف باکتری‌های محرک رشد بر وزن خشک کپسول در کرچک

Fig. 12- Effect of various levels of PGPR on dry weight of capsule in caster bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

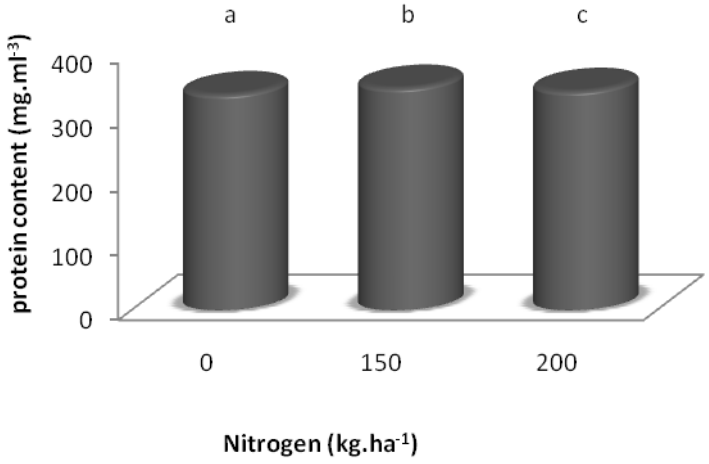
عملکرد دانه: تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارها تأثیر معنی‌داری بر روی عملکرد دانه و وزن هزار دانه نداشتند. در آزمایشی تأثیر سطوح مختلف کود گوگرد بر وزن هزار دانه اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) معنی‌دار نشد (Mousavinik, 2012). همچنین در بررسی اثر کود نیتروژن بر گیاه کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.) مشاهده کردند که وزن هزار دانه این گیاه تفاوت معنی‌داری در بین سطوح مختلف نیتروژن از خود نشان نداد (Omid Baigi et al., 2001). یکی از دلایل پایین بودن راندمان مصرف کودهای نیتروژن‌دار، ناصحیح بودن زمان مصرف آن می‌باشد. بهترین زمان مصرف کودهای نیتروژن‌دار حدوداً یک ماه پس از کاشت، زمانی که گیاه ریشه دوانده، آن هم به‌صورت تقسیط می‌باشد.

www.SID.ir

درصد روغن: تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارها تأثیر معنی‌داری بر روی درصد روغن در سطح احتمال ۱۰٪ نداشتند. اثرات متقابل باکتری و گوگرد از نظر درصد روغن در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند به‌طوری‌که بیشترین درصد روغن مربوط به نیتروکسین- گوگرد (B_1S_0) با میانگین ۵۱/۸۹ و کمترین درصد روغن مربوط به سوپرنیتروپلاس- گوگرد (B_2S_1) با میانگین ۴۷/۸۵ بود. نتایج تحقیقات محمدورزی و همکاران (Mohammad Varzi et al., 2010) نشان می‌دهد استفاده از باکتری‌های محرک رشد تأثیری مثبت بر روی درصد روغن داشته و سبب افزایش عملکرد روغن شده است.

مقدار پروتئین: تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارها تأثیر معنی‌داری بر روی مقدار پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند به‌طوری‌که در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان پروتئین با میانگین ۰/۳۵ و در شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن) با میانگین ۰/۳۴ کمترین میزان پروتئین مشاهده شد، زیرا نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل دارا بوده و از طرفی مهمترین عنصر در سنتز پروتئین‌ها می‌باشد و افزایش آن در شرایط مطلوب تا یک حد مشخصی، موجب افزایش میزان پروتئین می‌گردد و همچنین نیتروژن به هر صورتی که توسط گیاه جذب شود، در داخل گیاه توسط جریان احیاء به اسیدهای آمینه و سپس پروتئین تبدیل می‌شود و نقش خود را در فیزیولوژی گیاه ایفا می‌کند. به نظر می‌رسد که معمولاً با افزایش میزان نیتروژن خاک، مقدار بیشتری نیتروژن توسط گیاه جذب شود. نیتروژن صرف رشد رویشی و تشکیل دانه شده و مازاد آن به شکل پروتئین در دانه تجمع می‌یابد، به همین دلیل در سطوح بالاتر نیتروژن، تجمع پروتئین افزایش یافته است.

احسانی‌پور و همکاران (Ehsani pour et al., 2012) مشاهده نمودند که تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد پروتئین در دانه به ترتیب در سطوح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و شاهد به دست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثرات متقابل باکتری و نیتروژن در گروه‌های مختلف آماری قرار داشتند به‌طوری‌که بالاترین پروتئین مربوط به باکتری- نیتروژن (B_0N_1) با میانگین ۰/۳۶ و کمترین مقدار پروتئین مربوط به باکتری- نیتروژن (B_0N_0) با میانگین ۰/۳۳ مشاهده شد. بالا بودن پروتئین در تیماری که در آن از باکتری‌های همیار تثبیت کننده نیتروژن استفاده شده بود نیز ناشی از این واقعیت است که نیتروژن یکی از عناصر تشکیل دهنده اسیدهای آمینه است و از آن‌جا که اسیدهای آمینه از اجزای اصلی تشکیل دهنده پروتئین‌ها هستند، تیمارهایی که در آن‌ها از این باکتری‌ها استفاده شده بود، از میزان پروتئین بالاتری برخوردار بودند.



شکل ۱۳- تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر روی مقدار پروتئین کرچک

Fig. 13- Effect of various levels of nitrogen on protein content in caster bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل درصد روغن، سطح برگ، وزن خشک، وزن تر و تعداد گل‌آذین در گیاه

Table 1- The effect of interaction PGPR × Sulfur on oil percentage, leaf area, dry weight, fresh weight and number of inflorescences in plant

باکتری Bacteria	شاهد Non bacteria		نیتروکسین Nitroxin		سوپرنیتروپلاس Super Nitroplas	
گوگرد Sulfur	0	300	0	300	0	300
درصد روغن Oil percentage	48.65 b	51.40 ab	51.89 a	48.58 ab	49.58 ab	47.85 b
سطح برگ (رویشی ۸ برگچه) Leaf area (Vegetative stage and flowering of eight leaf)	802.56 b	777.55 b	702.55 b	1007.22 a	762.17 b	832.33 ab
وزن خشک (رویشی ۸ برگچه) Dry weight (Vegetative stage and flowering of eight leaf)	59.93 a	46.42 a	41.7 a	62.21 a	46.98 a	49.65 a
وزن تر (رویشی هشت برگچه) (گرم در مترمربع) Fresh weight (vegetative stage and flowering of eight leaf) ($g.m^{-2}$)	313.58 a	251.75 a	229.62 a	331.82 a	275.10 a	274.77 a
تعداد گل‌آذین در مترمربع Number of inflorescences	12.00 a	9.22 b	7.89 b	9.33 b	10.33 ab	8.00 b

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشترک از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

Mean fallowed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability according to DMRT.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل مقدار پروتئین، ارتفاع گل‌آذین و ارتفاع گیاه

Table 2- The effect of interaction PGPR × nitrogen on protein content, plant height and height inflorescences in plant

باکتری Bacteria	شاهد non bacteria			نیتروکسین Nitroxin			سوپرنیتروپلاس Super Nitroplas		
نیتروژن Nitrogen	0	150	200	0	150	200	0	150	200
مقدار پروتئین Protein content	0.33 b	0.36 a	0.33 b	0.33 b	0.34 b	0.34 b	0.34 b	0.34 b	0.35 a
ارتفاع گل‌آذین (قبل از برداشت) Height of inflorescences (pre-harvest)	27.12 c	29.08 bc	36.12 a	26.91 c	35.70 a	33.58 ab	25.70 c	31.83 ab	30.00 bc
ارتفاع گیاه (قبل از برداشت) Plant height (pre-harvest)	53.33 e	62.17 cde	77.33 ab	60.62 cde	82.29 a	69.00 bc	56.62 de	65.71 bcd	67.29 bc

*در هر ستون میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

*Mean fallowed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% probability level according to DMRT.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل نیتروژن × گوگرد وزن تر کرچک

Table 3- The effect of interaction sulfur × nitrogen on fresh weight of caster

گوگرد Sulfur	0			300		
نیتروژن Nitrogen	0	150	200	0	150	200
وزن تر (گل‌دهی کامل) (گرم در مترمربع) Fresh weight (full bloom) ($g.m^{-2}$)	712.68 a	714.90 ab	764.11 abc	582.13 abc	831.49 bc	938.69 c

در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشترک از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

Mean fallowed by similar letters in each column, are not significantly at the 5% level of probability according to DMRT.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد کپسول و دانه در بوته، درصد روغن و مقدار پروتئین

Table 4- Analysis of variance (means of squares) capsule number and seed per plant, oil percentage and protein content

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	تعداد کپسول در بوته Capsule number per plant	درصد روغن Oil percentage	مقدار پروتئین Protein content
تکرار Replication	2	0.019	0.015	73.708 *	896.58
باکتری (A) Bactria (A)	2	0.048	0.041	12.204	186.574
گوگرد (B) Sulfur (B)	1	0.016	0.012	7.813	150
نیتروژن (C) Nitrogen (C)	2	0.039	0.038	39.804	450.463 *
AB	2	0.022	0.027	44.441	179.167
AC	4	0.053	0.046	29.081	826.157 **
BC	2	0.012	0.016	6.941	12.500
ABC	4	0.020	0.20	5.566	39.583
خطا Error	34	0.043	0.044	16.257	112.228
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		9.93	12.96	8.12	3.11

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are non-significant and significant at 5 % and 1% level of probability, respectively.

سپاسگزاری

از آقای دکتر سیروس‌مهر که در انجام آنالیزها و تجزیه و تحلیل داده همکاری لازم را نموده‌اند، قدردانی می‌شود. همچنین از مسئولین پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل که در اجرای این طرح همکاری لازم نموده‌اند، قدردانی می‌گردد. از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه زابل جهت پرداخت هزینه‌های انجام این پایان‌نامه در قالب طرح تحقیقاتی مصوب ۹۱/۳۶ مورخ ۱۳۹۱/۱۰/۱۲ سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Ali Mohammadi, M., Valad Abadi., S.A.R., Danshiyan, J., and Aref, B. 2001. Effect of nitrogen and plant density on grain yield and oil of Caster (*Ricinus communis* L.). New Journal of Sustainable Agriculture 21: 57- 65. (In Persian with English Summary)

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R .2007. Pseudomonas florescence enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 7-11.

Akbari, K.N., Sutaria, G.S., Patel, P.R., and Yusufzai, A.S. 2001. Response of castor (*Ricinus Communis* L.) To nitrogen and Phosphorus under rainfed condition. Advances in Plant Sciences 14(2): 445-451.

Boswell, F.C., Meisinger, J.J., and Case, W.L. 1985. Production, marketing and use of nitrogen fertilizers. In: Fertilizer Technology and Use. Third Edition. Soil Science Society of America Madison WI 229-292.

Bacilio, M., Rodriguez, H., Moreno, M., and Hernandez, J.P. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedling by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. Biology and Fertility of Soils. 40:188–193.

Brenner, M.L. 1990. The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling. In P.J. Davis (Ed.) Plant hormones and their role in plant growth and development (474-493). Kulwer Academic Publishers, the Netherlands.

Chabot, R., Antoun, H., and Cescas, M.P. 1993. Stimulation of the growth of maize and lettuce by inorganic phosphorus solubilizing microorganisms. Canadian Journal of Microbiology 39: 941-947.

Doan, L.G. 2004. Ricin: mechanism of toxicity, clinical manifestations, and vaccine development. Clinical Toxicology 42(2): 201-208.

Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., and Okon, Y. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Review in Plant Sciences 22: 107-149.

Ehsani pour, A., Zeinali, H., and Razmjo, K. 2012. Amounts of nitrogen fertilizer on the quality and yield of

Archive of SID

www.SID.ir

Foeniculum vulgare Mill. in different populations. Journal of Medicinal Plants 9: 37-47. (In Persian with English Summary)

Ghasemian, V. 2000. Study of micronutrients elements such as iron, zinc and manganese on the quantity and quality of seed soybean under West Azerbaijan. MSc Thesis of Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modarres, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Hosseinpour, M., Pirzad, A.R., Habibi, H., and Fotokian, M.H. 2011. Effect of biological nitrogen fertilizer (*Azotobacter*) and plant density on yield, yield components and essential oil of Anise. Agricultural Science and Sustainable Production 2(21): 69-86. (In Persian with English Summary)

Kazemi Poshtmassari, H., Pirdashti, H.A., Bahmanyar, M.A., and Nasiri, M. 1987. Study the effects of nitrogen fertilizer rates and split application on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Pajouhesh and Sazandegi 75: 68-77. (In Persian with English Summary)

Keshavarz Afhsar, R., Chaichi, M.R., Alipore Jahangiri, A., Ansari Jovini, M., Moghadam, H., Ehteshami, M.R., and Khavazi, K. 2011. Effect of foliar application of plant growth-promoting bacteria on forage yield and forage sorghum grain varieties Speed feed (*Sorghum bicolor* var. Speed feed). Journal of Crop Science 42(3): 575- 584. (In Persian with English Summary)

Kloepper, J.W., Hume, D.J., Scher, F.M., Singleton, C., Tipping, B., Lalibert, E.M., Fraulay, K., Kutchaw, T., Simonson, C., Lifshitz, R., Zaleska, I., and Lee, L. 1987. Plant growth-promoting rhizobacteria on canola (rapeseed). Phytopathology 71: 42-46.

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 127-137. (In Persian with English Summary)

Lucy, M., Reed, E., and Glick, B.R. 2004. Applications of free living plant growth promoting rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek 86: 1-25.

Marter, A.D. 1981. Castor: Markets, Utilization and Prospects. Journal of Tropical Product Institute 152: 55-78.

Messick, D.L., and De Brey, C. 2002. Sulfur fertilizer-new products add to conventional sources to offer a wide range of options. International Fertilizer Industry Association 1: 202-293.

Meyer, D.M. 2000. Pyoverdins. Pigments siderophores and potential taxonomic markers of *fluorescent pseudomonads* species. Archives of Microbiology 174: 135-142.

Mohammad Varzi, R., Habibi, D., Vazan, S., and Pazeki, A. R. 2010. Effect of plants growth promoting rhizobacteria and Nitrogen fertilizer on yield and yield components of sunflower. Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture. Islamic Azad University, Isfahan (Isfahan) Department of Agriculture. (In Persian with English Summary)

Mousavinik, M. 2012. Effect of different levels of sulfur fertilization on yield, quality and quantity of medicinal plants (*Plantago ovate* L.) under drought stress conditions in Baloochistan. Journal of Agroecology 4(2): 170- 182. (In Persian with English Summary)

Naseri, F. 1997. Oil Seeds. Press and Publication Institute of Astan Qods Razavi 816 pp. (In Persian)

Nezarat, S., and Gholami, A. 2011. The effects of plant growth promoting rhizobacteria (*Azospirillum* and *Pseudomonas*) on growth and yield of corn (*Zea mays* L.). Journal of Agronomy 91: 44-51. (In Persian with English Summary)

Ogunniyi, D.S. 2006. Castor oil: a vital industrial raw material. Journal of Bioresource Technology 97: 1086–1091.

Olnes, S., Refsnes, K., and Piohl, A. 1974. Mechanism of action of the toxic lectins abrin and ricin. Nature 249: 627-631.

Omid Baigi, R., Fakhr Tabatabai, S.M., and Akbari, T. 2001. Effects of N- Fertilizers and Irrigation on the Productivity (growth, seed yield, and active substance) of linseed. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32(1): 53-64. (In Persian with English Summary)

Rezapor, A.R., Heidari, M., Galavi, M., and Ramrodi, M. 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(3): 384-396. (In Persian with English Summary)

Sepehri, A., Modarese Sanavi, S.A.M., Qare Riyazi, B., and Yamini, Y. 2002. Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Sciences 4(3): 184-195. (In Persian with English Summary)

Archive of SID

www.SID.ir

Vande Broek, A. 1999. Auxins upregulate expression of the indol-3-pyruvate decarboxylase gene in *Azospirillum brasilense*. Journal of Bacteriology 181: 1338-1342.

Vladabadi, A.R., Yosefi, F., and Shirvani Rad, A.H. 2010. Effect of water holding and different nitrogen levels on some of agronomic (characteristics of castor bean (*Ricinus communis* L.). Journal of Agronomy 6(1): 99-110. (In Persian with English Summary)

Archive of SID

www.SID.ir