

تأثیر کودهای زیستی بر بهبود رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) با روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز

ابراهیم ایزدی دربندی¹، جعفر نیاتی، احمد نظامی و آرمین اسکوئیانی

عضو هیأت علمی گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد؛ e-izadi@um.ac.ir

عضو هیأت علمی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد؛ jafarnabati@um.ac.ir

عضو هیأت علمی گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد؛ nezami@um.ac.ir

دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ armin_oskoueian@yahoo.com

دریافت: 97/3/23 و پذیرش: 97/12/20

چکیده

بهبود عملکرد نخود با کودهای زیستی و کنترل علف‌های هرز، علاوه بر کاهش خلأ عملکرد می‌تواند در تولید پایدار این محصول مؤثر باشد. در این راستا آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی مورد بررسی شامل کاربرد کودهای زیستی در شش سطح (باکتری‌های حل‌کننده فسفات *Bacillus sp.* و *Pseudomonas sp.*)، باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم (*Thiobacillus sp.*) و قارچ اندوفیت شبه‌میکوریزا (*Piriformospora indica*)، ترکیب باکتری‌های حل‌کننده فسفات و پتاسیم، ترکیب باکتری‌های حل‌کننده فسفات، پتاسیم و قارچ اندوفیت میکوریزا و شاهد) و کنترل علف‌های هرز در سه سطح (کنترل علف‌های هرز با مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم، دو و سه بار وجین) بودند. بر اساس نتایج آزمایش فاصله اولین ساقه فرعی از سطح خاک تحت تأثیر متقابل کودهای زیستی و کنترل علف‌های هرز قرار نگرفت؛ اما فاصله اولین غلاف از سطح خاک با کاربرد کودهای زیستی افزایش و در تیمار باکتری حل‌کننده فسفات و دو بار وجین علف‌های هرز بیشترین فاصله از سطح خاک مشاهده شد. بیشترین تعداد ساقه اصلی در بوته در تیمار کود زیستی حل‌کننده فسفات و دو بار وجین علف‌های هرز و بیشترین تعداد ساقه فرعی در بوته در تیمار باکتری حل‌کننده پتاسیم همراه با باکتری حل‌کننده فسفات و کنترل علف‌های هرز با استفاده از مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم به دست آمد. مصرف هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم همراه با باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجب افزایش 30 درصدی تعداد غلاف در بوته نسبت به تیمار عدم مصرف کودهای زیستی گردید. بین تیمارهای کنترل علف‌های هرز از نظر تعداد غلاف در بوته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات و تیمار کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات به همراه قارچ اندوفیت میکوریزا موجب تولید بیشترین عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه گردید. کاربرد مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم در مقایسه با دو و سه بار وجین دستی علف‌های هرز به ترتیب موجب کاهش 29 و 24 درصدی عملکرد دانه گردید. بیشترین میزان غلظت فسفر در اندام‌های هوایی در تیمار استفاده از قارچ اندوفیت میکوریزا و کنترل شیمیایی علف‌های هرز و بیشترین غلظت پتاسیم در تیمار استفاده توأم باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات به همراه قارچ اندوفیت میکوریزا به دست آمد. به‌طور کلی کودهای زیستی تأثیر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود داشتند اما کاربرد مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم، تأثیر منفی بر عملکرد دانه نخود گذاشت.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های حل‌کننده فسفات، زیست‌توده، علف‌کش، قارچ اندوفیت میکوریزا

¹ نویسنده مسئول، آدرس: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد - دانشکده کشاورزی، گروه آگروتکنولوژی

مقدمه

نخود در ایران به‌عنوان مهم‌ترین حبوبات شناخته می‌شود که در بین حبوبات از نظر سطح زیر کشت مقام اول را دارا می‌باشد (آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی، 1394). توانایی تثبیت نیتروژن، ریشه‌دهی عمیق و استفاده مؤثر از نزولات جوی و لذا سازگاری آن به کشت در شرایط دیم باعث شده است که این گیاه نقش مهمی را در ثبات تولید نظام‌های زراعی ایفا نماید (پارسا و باقری، 1392). سطح زیر کشت نخود در دنیا، 20/1 میلیون هکتار می‌باشد (فائو، 2015) و ایران با میانگین 419497 هزار هکتار سطح زیر کشت نخود با عملکرد متوسطی معادل 1510 و 533 کیلوگرم در هکتار به ترتیب در مزارع آبی و دیم، رتبه چهارم جهان را به خود اختصاص داده است (فائو، 2015). در این خصوص عوامل متعددی در پایین بودن متوسط عملکرد نخود در ایران نقش دارند که از آن جمله می‌توان به اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران، مدیریت‌های نامناسب زراعی، حاصلخیزی اندک خاک‌ها و نیز طغیان علف‌های هرز اشاره کرد (پارسا و باقری، 1392). در این بین رقابت علف‌های هرز و حاصلخیزی اندک مزارع از مهم‌ترین عوامل محدودکننده به شمار می‌روند. از آنجاکه سرعت رشد نخود در ابتدای دوره رشد کم است، قدرت رقابت آن با علف‌های هرز ضعیف می‌باشد (داتا و همکاران، 2007) لذا این گیاهان در قیاس با نخود رقیب به‌مراتب قوی‌تری برای جذب عناصر غذایی و آب که از مهم‌ترین محدودیت‌های کشت دیم محسوب می‌شوند بوده و در تشدید کمبود آن‌ها نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای دارند (اله دادی و همکاران، 1385).

به‌طوری‌که خسارت آن‌ها بر نخود از 60 تا 90 درصد گزارش شده است (آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی، 1394) و معمولاً افزایش کاربرد نهاده‌های کشاورزی به‌ویژه کودهای شیمیایی از قبیل نیتروژن، اغلب ضمن اینکه در کوتاه‌مدت نیازهای تغذیه‌ای گیاه را تأمین می‌کند از طریق تحریک بیشتر رشد علف‌های هرز، منجر به تشدید اثرات منفی آن‌ها خواهد شد. لذا اعتقاد بر این است که کاربرد کودهای زیستی که از نظر زیست‌محیطی امن و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر می‌باشد و در دراز مدت در رفع نیازمندی‌های گیاه و حاصلخیزی خاک مفید هستند، گزینه مناسب‌تری به‌ویژه در شرایط کم آبی هستند (پزشک‌پور و همکاران، 2014).

کودهای زیستی در گیاهان اغلب از طریق تأثیر بر رشد ریشه و افزایش جذب ریشه‌ای، رشد گیاهان را افزایش می‌دهند و این مهم به‌ویژه در شرایطی که گیاه با

تنش‌های محیطی مواجه است نقش مهمی در گیاهان دارند. به‌طورکلی در شرایط تنش، اعم از تنش‌های زیستی و غیر زیستی به‌ویژه تنش‌های خشکی و شرایط دیم، بخش زیادی از مواد فتوسنتزی گیاه به ریشه اختصاص داده می‌شود و از این طریق گیاه ضمن افزایش حجم ریشه، نسبت ریشه به شاخساره و تعداد ریشه‌های موئینه، جذب ریشه‌ای را افزایش داده و نسبت به تنش خشکی متحمل‌تر خواهد شد (شن و همکاران، 2011؛ میرانصاری و همکاران، 2009). اعتقاد بر این است که قارچ‌های میکوریزا هم می‌توانند به روشی مشابه، به افزایش توانایی گیاهان در جذب ریشه‌ای، از طریق شبکه‌های گسترده هیف‌ها و نیز تأثیر بر رشد ریشه‌های جانبی و اصلی به گیاهان کمک کنند (آزکون و همکاران، 2008؛ شن و همکاران، 2011). افزایش تحمل به خشکی (سیلوی، 1993؛ ال کراکی و ال رداد، 1997). افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاهان به‌خصوص عناصر غذایی غیر متحرکی چون فسفر، روی و مس (دیویس، 1992)، تحمل به تنش شوری و بیماری‌های گیاهی و نیز افزایش فتوسنتز از مهم‌ترین مزایای همزیستی با قارچ‌های میکوریزا در گیاهان است که منجر به بهبود رشد و افزایش عملکرد و تولید محصولات زراعی می‌شود.

با توجه به مکانیسم‌های مذکور در قارچ‌های میکوریزا، به نظر می‌رسد این قارچ‌ها بر توان رقابتی گیاهان و متعاقب آن در مدیریت علف‌های هرز نیز مؤثر باشند (دی متریوز و همکاران، 2011؛ جوردن و همکاران، 2000). اعتقاد بر این است که این قارچ‌ها در برخی از گیاهان رودرال که چرخه زندگی کوتاهی دارند و علف‌های هرز یک‌ساله نیز در این گروه از گیاهان طبقه‌بندی می‌شوند اثرات منفی دارند (فرانسیس و رید، 1995) لذا این احتمال وجود دارد که علاوه بر پتانسیل‌های مذکور این قارچ‌ها، پتانسیلی برای سرکوب علف‌های هرز باشند (دی متریوز و همکاران، 2011). از سوی دیگر گزارش‌هایی نیز حاکی از تأثیر مثبت باکتری‌های موسوم به رایزوباکترهای محرک رشد گیاهان (PGPR) که به‌عنوان یکی دیگر از منابع کودهای زیستی در کشاورزی موردتوجه هستند، وجود دارد. اعتقاد بر این است که این باکتری‌ها می‌توانند در رشد گیاهان به‌خصوص در شرایطی که گیاهان در معرض تنش‌های محیطی هستند مفید و مؤثر باشند (پزشک‌پور و همکاران، 2014؛ پرامانیک و همکاران، 2014).

گیاهان به‌طور مستقیم قادر به استفاده از پتاسیم معدنی تا زمان هوازدگی یا محلول شدن در آب خاک نیستند و مطالعات نشان دهنده آن است که پتاسیم در طی

فسفات، باکتری‌های بومی حل‌کننده پتاسیم و قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا (*Piriformospora indica*)، ترکیب باکتری حل‌کننده فسفات و پتاسیم، ترکیب باکتری حل‌کننده فسفات، پتاسیم و قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا و تیمار شاهد (بدون باکتری و قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا) و ب: کنترل علف‌های هرز در سه سطح شامل: کنترل علف‌های هرز با مخلوط علف‌کش‌های پیردیت (لنتاگران) و کلتودیم (سلکت) (به ترتیب به مقدار دو و یک لیتر ماده تجاری در هکتار)، دو بار و جین به ترتیب قبل از گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها و سه بار و جین به ترتیب قبل از گلدهی، اتمام گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها بود. تراکم جمعیت باکتری‌ها 10^7 سلول در میلی‌لیتر مایه تلقیح بود. باکتری‌های حل‌کننده فسفات مجموعه‌ای از سویه‌های *Bacillus sp* و *Pseudomonas sp* و باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم مجموعه‌ای از سویه‌های *Thiobacillus sp* بودند که بومی ایران بوده و توسط شرکت دانش‌بنیان زیست فناوری خوشه از نقاط مختلف جمع‌آوری و تکثیر شدند. زمین مورد استفاده آزمایش سال قبل در تناوب با گندم بود. قبل از کاشت، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و سیکلوتیلر انجام شد و محتوی عناصر و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با آزمون خاک تعیین شد (جدول 1).

تجزیه کانی‌های سیلیکاته توسط باکتری‌ها، آزاد می‌شود (فردریچ و همکاران، 1991). همچنین در خاک‌هایی که غنی از فسفر هستند، این عنصر بیشتر به شکل غیرقابل حل بوده و تنها مقدار کمی (حدود 0/1 درصد) از آن برای گیاه قابل‌دسترس است. حل شدن فسفات غیرقابل حل در محیط ریشه از طریق باکتری‌های تحریک کننده رشد گیاهان، قابلیت دسترسی به عناصر غذایی را افزایش می‌دهند (رودریگز و همکاران، 2006).

نخود قابلیت همزیستی با باکتری‌های هم‌زیست را داشته و بر اساس گزارش‌ها موجود استفاده از قارچ‌های اندوفیت نیز می‌تواند در بهبود رشد آن مؤثر باشد. با این وجود مطالعات اندکی در ایران صورت گرفته است. این بررسی باهدف امکان‌سنجی کاربرد کودهای زیستی شبه‌مایکوریزا و باکتری‌های تحریک‌کننده رشد (PGPR) در حضور و عدم حضور علف‌های هرز، بر رشد و عملکرد نخود در شرایط زراعی مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در زمستان و بهار سال زراعی 96-1395 اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل الف: کاربرد کودهای زیستی در شش سطح شامل: باکتری‌های بومی حل‌کننده

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در عمق 30 سانتی‌متری

لومی رسی	باقت
1/31	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
7/65	اسیدیته کل pH
1/65	وزن مخصوص ظاهری (گرم در متر مکعب)
126	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)
9	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)
0/13	نیتروژن کل (درصد)
1/27	کربن آلی (درصد)

اردیبهشت‌ماه شمارش علف‌های هرز صورت گرفت و کنترل علف‌های هرز با مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم در تاریخ دوازدهم اردیبهشت‌ماه انجام شد. تیمارهای کنترل علف‌های هرز با و جین دستی نیز در مراحل موردنظر انجام شد.

در انتهای فصل رشد از هر کرت سه بوته انتخاب و قبل از برداشت ارتفاع بوته، ارتفاع اولین ساقه از سطح خاک و ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک اندازه‌گیری شد. سپس بوته‌های انتخاب‌شده برداشت و

ابعاد کرت‌های آزمایش 2×3 متر و فاصله بین کرت‌ها و فاصله بین بلوک‌ها به ترتیب نیم و یک متر بود. قبل از کاشت در شرایط سایه تلقیح بذور نخود رقم هاشم باکودهای زیستی موردنظر با غلظت یک در هزار به صورت اسپری انجام شد. کاشت در تاریخ بیست و دوم اسفندماه با تراکم 40 بوته در مترمربع انجام شد. در طی رشد در چهارم اردیبهشت‌ماه آبیاری انجام شد و کودهای زیستی مجدد به همراه آب آبیاری به مقدار پنج لیتر در هکتار کرت‌های مورد نظر اضافه گردید. در تاریخ هفتم

تجزیه واریانس داده‌های حاصل به وسیله نرم‌افزار Minitab 18 انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

ارزیابی فلور علف‌های هرز نشان داد که 14 گونه علف هرز (11 گونه دولپه و دو گونه تک‌لپه و یک گونه شبه باریک برگ) شامل شاه‌تره، علف هفت‌بند، گاوچاق‌کن، تاج‌خروس ریشه قرمز، تاجریزی سیاه، سلمه‌تره، پیچک صحرایی، تاتوره، چچم، اویارسلام، ترشک، خاکشیر، کیسه‌کشیش و سوروف گونه‌های غالب مزرعه تحت آزمایش بودند که به جز خاکشیر، تاتوره و کیسه‌کشیش بقیه از یکنواختی بالایی به لحاظ حضور در کل کرت‌های آزمایش برخوردار بودند. در بین گونه‌های یادشده سلمه‌تره با وفور نسبی 27/63 درصد و پس‌از آن اویارسلام با وفور نسبی 23/77 درصد بیشترین علف‌های غالب بودند (جدول 2).

اجزای عملکرد شامل تعداد ساقه اصلی و فرعی، تعداد کل غلاف، تعداد غلاف بارور و نابارور و وزن صد دانه اندازه‌گیری و غلظت پتاسیم، فسفر و کلسیم بافت گیاهی در این نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

غلظت پتاسیم و کلسیم در بافت گیاهی با استفاده از روش هضم تر با اسید نیتریک (HNO_3) و دستگاه فلیم فتومتر انجام شد. میزان فسفر جهت تعیین درصد فسفر در نمونه‌های گیاهی از روش هضم در بالن ژوژه با اسید نیتریک، اسید پرکلریدریک (HClO_4) استفاده گردید. پس از تهیه عصاره، بار روش طیف‌سنجی (رنگ آبی آمونیوم هپتا مولیبدات $(\text{H}_24\text{Mo}_7\text{N}_6\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O})$) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 660 نانومتر انجام شد (امامی، 1375).

جهت بررسی عملکرد زیست‌توده و بذر نخود، از سطحی به مساحت یک مترمربع بوته‌های نخود برداشت شدند و وزن خشک کل زیست‌توده و دانه پس از خشک شدن بوته‌ها در هوای آزاد انجام شد و شاخص برداشت محاسبه شد.

جدول 2- خصوصیات گونه‌های علف هرز موجود قبل از اعمال تیمارهای کنترل علف‌های هرز

نام علمی	تیره گیاهی	نام فارسی	چرخه زندگی	میانگین تراکم (بوته در مترمربع)	وفور نسبی
<i>Fumaria officinalis</i>	Papaveraceae	شاه‌تره	یک‌ساله	64	3/92
<i>Polygonum aviculare</i> L.	Polygonaceae	علف هفت‌بند	یک‌ساله	66	4/04
<i>Lactuca scariola</i>	Asteraceae	گاوچاق‌کن	یک‌ساله	165	10/11
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Amaranthaceae	تاج‌خروس ریشه قرمز	یک‌ساله	87	5/33
<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	تاجریزی سیاه	یک‌ساله	115	7/05
<i>Datura stramonium</i>	Solanaceae	تاتوره	یک‌ساله	2	0/12
<i>Cyperus rotundus</i>	Cyperaceae	اویارسلام	چندساله	388	23/77
<i>Lolium temulentum</i> L.	Poaceae	چچم	چندساله	28	1/72
<i>Chenopodium album</i>	Amaranthaceae	سلمه تره	یک‌ساله	451	27/63
<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae	ترشک	چندساله	19	1/16
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	پیچک صحرایی	چندساله	123	7/57
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	سوروف	یک‌ساله	122	7/48
<i>Descurainia sophia</i>	Brassicaceae	خاکشیر	یک‌ساله	1	0/06
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Brassicaceae	کیسه‌کشیش	یک‌ساله	1	0/06

وجین علف‌های هرز و تیمارهای باکتری حل‌کننده پتاسیم با دو بار وجین علف‌های هرز و نیز تیمار ترکیب باکتری حل‌کننده پتاسیم و فسفات با سه بار وجین علف‌های هرز مشاهده شد (جدول 4). در بین کودهای زیستی، در تیمار کاربرد قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا بیشترین ارتفاع بوته مشاهده شد و تیمار ترکیب باکتری حل‌کننده پتاسیم و فسفات بدون اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار کاربرد

بررسی اثر کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز بر ارتفاع بوته نخود نشان داد که هر چند روش‌های کنترل علف‌های هرز تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر این صفت نداشتند اما اثر کودهای زیستی و اثرات متقابل آنها با روش‌های کنترل علف‌های هرز بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود. بر اساس نتایج حاصل بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در تیمار شاهد (بدون باکتری و قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا) همراه با دو بار

قارچ اندوفیت کمترین ارتفاع بوته را ایجاد کردند (جدول 4).

جدول 3- منابع تغییر، درجه آزادی و سطح احتمال صفات موردبررسی در نخود تحت تأثیر کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز

منابع تغییر					
خطا	کود زیستی*کنترل علف‌های هرز	کنترل علف‌های هرز	کود زیستی	تکرار	درجه آزادی
34	10	2	5	2	
	0/001**	0/670 ^{ns}	0/010**	0/020*	ارتفاع بوته
	0/190 ^{ns}	0/060 ^{ns}	0/540 ^{ns}	0/001**	فاصله اولین ساقه فرعی از سطح زمین
	0/001**	0/450 ^{ns}	0/001**	0/001**	فاصله اولین غلاف از سطح زمین
	0/001**	0/001**	0/001**	0/440 ^{ns}	تعداد ساقه اصلی
	0/010**	0/001**	0/001**	0/001**	تعداد ساقه فرعی
	0/001**	0/450 ^{ns}	0/030*	0/120 ^{ns}	تعداد غلاف در بوته
	0/020*	0/100 ^{ns}	0/010**	0/100 ^{ns}	تعداد غلاف پوک در بوته
	0/001**	0/340 ^{ns}	0/040*	0/110 ^{ns}	تعداد غلاف بارور در بوته
	0/150 ^{ns}	0/120 ^{ns}	0/690 ^{ns}	0/730 ^{ns}	تعداد دانه در غلاف
	0/001**	0/001**	0/001**	0/001**	عملکرد زیست‌توده
	0/001**	0/001**	0/001**	0/010**	عملکرد دانه
	0/020*	0/040*	0/001**	0/760 ^{ns}	وزن صد دانه
	0/050*	0/001**	0/230 ^{ns}	0/220 ^{ns}	شاخص برداشت
	0/030*	0/001**	0/001**	0/030*	پتاسیم
	0/040*	0/020*	0/220 ^{ns}	0/001**	فسفر
	0/001**	0/040*	0/001**	0/030*	کلسیم

^{ns}، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال 0/05 و 0/01 درصد.

تأثیر تیمارهای مورد بررسی قرار نگرفتند (جدول 3). نکته قابل توجه در این مطالعه رشد اولین ساقه فرعی در 1/44 سانتی‌متری سطح زمین بود (جدول 4) و بررسی همبستگی بین ارتفاع اولین ساقه فرعی از سطح زمین با ارتفاع کانوپی نشان داد که بین این دو صفت همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0/27^*$) وجود دارد (جدول 8).

در بررسی اثرات متقابل بین تیمارهای کودی و روش‌های کنترل علف‌های هرز مشاهده شد که بیشترین فاصله اولین غلاف از سطح زمین مربوط به تیمار باکتری حل‌کننده فسفات و سه بار وجین علف‌های هرز و کمترین مقدار آن در تیمار ترکیب باکتری حل‌کننده پتاسیم و فسفات و سه بار وجین علف‌های هرز بود و تفاوت بین این دو تیمار از این نظر 14/7 سانتی‌متر بود (جدول 4).

در گیاهان زراعی ارتفاع بوته عامل مؤثری در رقابت جهت جذب تشعشع خورشید است. لذا در یک جامعه گیاهی شامل علف هرز و محصول زراعی، گیاهان با ارتفاع بیشتر از نظر رقابتی موفق‌تر هستند و در مطالعاتی تأثیر مثبت کودهای زیستی بر ارتفاع بوته گزارش شده است (دی متریوز و همکاران، 2011). با توجه به اینکه در این مطالعه زمان اندازه‌گیری ارتفاع بوته انتهای فصل رشد و قبل از برداشت بود. به نظر می‌رسد در تیمارهای کودی نسبت به تیمار شاهد که تعداد غلاف و دانه بیشتری تولید کرده بودند (جدول 5)، وزن غلاف‌ها موجب خم شدن بوته‌ها شده و افزایش یافته بود. بوته‌ها تحت تأثیر قرار گرفته است.

ارتفاع ساقه‌های فرعی یکی از عوامل مهم در تولید و عملکرد نخود است که در برداشت به روش مکانیزه نخود نیز تأثیرگذار است که در این آزمایش تحت

جدول 4- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز بر صفات رشدی نخود.

میانگین	MKP	KP	P	M	K	C	کنترل علف‌های	صفات
42/8 ^A	36/3 ^{b-c}	49/6 ^{a-b}	38/2 ^{b-c}	45/8 ^{a-c}	44/4 ^{a-c}	42/7 ^{a-c}	H	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
43/9 ^A	48/1 ^{a-c}	39/6 ^{a-c}	43/7 ^{a-c}	44/0 ^{a-c}	35/1 ^c	53/0 ^a	W2	
43/9 ^A	43/2 ^{a-c}	35/1 ^c	43/7 ^{a-c}	48/9 ^{a-b}	44/9 ^{a-c}	47/8 ^{a-c}	W3	
	42/5 ^{AB}	41/4 ^B	41/9 ^{AB}	46/2 ^{AB}	41/5 ^B	47/8 ^A	میانگین	
1/57 ^A	1/44 ^a	1/78 ^a	1/33 ^a	1/44 ^a	1/67 ^a	1/78 ^a	H	ارتفاع اولین ساقه فرعی از سطح زمین (سانتی‌متر)
1/46 ^A	1/44 ^a	1/11 ^a	1/56 ^a	1/44 ^a	1/44 ^a	1/78 ^a	W2	
1/84 ^A	1/78 ^a	2/62 ^a	1/56 ^a	2/11 ^a	1/33 ^a	1/67 ^a	W3	
	1/56 ^A	1/84 ^A	1/48 ^A	1/67 ^A	1/48 ^A	1/74 ^A	میانگین	
22/2 ^A	19/6 ^{a-c}	22/9 ^{a-c}	20/9 ^{a-c}	21/4 ^{a-c}	24/7 ^{a-c}	24/0 ^{a-c}	H	ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین (سانتی‌متر)
22/9 ^A	26/4 ^{a-b}	18/8 ^{a-c}	19/7 ^{a-c}	23/7 ^{a-c}	21/3 ^{a-c}	27/4 ^{ab}	W2	
23/6 ^A	23/4 ^{a-c}	14/8 ^c	29/5 ^a	25/9 ^{a-b}	22/0 ^{a-c}	25/9 ^{a-b}	W3	
	23/1 ^{AB}	18/8 ^B	23/4 ^{AB}	23/7 ^A	22/7 ^{AB}	25/8 ^A	میانگین	
5/45 ^A	5/44 ^{a-e}	5/33 ^{a-e}	5/80 ^{a-c}	5/66 ^{a-d}	7/12 ^a	3/33 ^{c-e}	H	تعداد ساقه اصلی در گیاه
4/24 ^B	2/79 ^{de}	4/33 ^{a-e}	6/23 ^{ab}	3/33 ^{c-e}	4/33 ^{a-e}	4/44 ^{a-e}	W2	
3/47 ^C	3/11 ^{c-e}	2/62 ^c	4/44 ^{a-e}	3/22 ^{c-e}	3/67 ^{b-e}	3/78 ^{b-e}	W3	
	3/78 ^B	4/10 ^B	5/49 ^A	4/07 ^B	5/04 ^{AB}	3/85 ^B	میانگین	
28/0 ^A	29/1 ^{a-c}	36/0 ^a	26/4 ^{a-c}	33/8 ^{ab}	21/2 ^c	21/4 ^c	H	تعداد ساقه فرعی در گیاه
24/1 ^B	23/3 ^{b-c}	27/7 ^{a-c}	27/4 ^{a-c}	21/9 ^c	24/0 ^{bc}	20/4 ^c	W2	
24/4 ^B	24/9 ^{a-c}	23/3 ^{bc}	24/2 ^{a-c}	27/0 ^{a-c}	26/2 ^{a-c}	20/8 ^c	W3	
	25/8 ^{AB}	29/0 ^A	26/0 ^{AB}	27/6 ^A	23/8 ^{AB}	20/9 ^B	میانگین	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. C: شاهد، K: باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، P: باکتری‌های حل‌کننده فسفات، M: قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا، H: کنترل علف‌های هرز با علف‌کش‌های پیردیت و کلنودیم، W2: دو بار وجین به ترتیب قبل از گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها، W3: سه بار وجین به ترتیب قبل از گلدهی، اتمام گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها.

کمترین تعداد ساقه اصلی در بوته به ترتیب در تیمار کود زیستی حل‌کننده فسفات و دو بار وجین علف‌های هرز و تیمار ترکیبی باکتری حل‌کننده پتاسیم و فسفات و سه بار وجین علف هرز مشاهده شد. تفاوت بین بیشترین و کمترین تعداد ساقه اصلی در بوته نخود در این مطالعه 58/0 درصد بود (جدول 4). تیمار کود زیستی حل‌کننده فسفات بدون اختلاف معنی‌داری با تیمار کود زیستی حل‌کننده پتاسیم، موجب افزایش معنی‌دار تعداد ساقه اصلی در بوته نخود نسبت به سایر تیمارها شد (جدول 4). در بین روش‌های کنترل علف‌های هرز، کاربرد مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلنودیم در کنترل علف‌های هرز نخود موجب افزایش معنی‌دار تعداد ساقه اصلی در بوته گردید. به طوری که نسبت به تیمار دو و سه بار وجین به ترتیب منجر به افزایش 22/0 و 36/0 درصدی تعداد ساقه اصلی در بوته شد (جدول 4).

تعداد ساقه فرعی در بوته نخود تحت تأثیر معنی‌دار کاربرد کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز قرار گرفت (جدول 3). بیشترین تعداد ساقه فرعی در بوته به ترتیب در تیمار باکتری حل‌کننده

به‌طورکلی در این مطالعه تیمارهای کود زیستی نسبت به عدم مصرف کودهای زیستی نتوانستند تأثیر معنی‌داری بر این خصوصیت داشته باشند به‌نحوی که تیمار بدون کاربرد کود زیستی بدون اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک بیشتری داشت. به نظر می‌رسد علاوه بر اثر محرکی که کودها بر رشد دارند و می‌توانند ارتفاع ساقه‌های بارور را افزایش دهند از طرف دیگر ممکن است استفاده از کودها و تقویت گیاه موجب باروری بیشتر و سنگین‌تر شدن ساقه‌های فرعی گردد که این مهم می‌تواند عاملی جهت خم شدن ساقه‌ها و کاهش ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک باشد. با این‌وجود بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0/69^{**}$) بین ارتفاع کانوپی و فاصله اولین غلاف از سطح زمین مشاهده شد (جدول 8). بر اساس نتایج آزمایش، روش‌های کنترل علف‌های هرز تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین نداشت.

بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد ساقه اصلی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول 3). بیشترین و

مخلوط علف‌کش پیردیت و کلتودیم بود که تفاوت این دو تیمار با یکدیگر 52 درصد بود (جدول 5). بین تیمارهای روش‌های کاربرد علف‌کش و وجین علف‌های هرز از نظر تعداد غلاف در بوته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 3). از طرفی کاربرد کودهای زیستی نسبت به عدم کاربرد آن‌ها موجب افزایش تعداد غلاف در بوته نخود گردید. با این‌وجود بین تیمارهای کاربرد کودهای زیستی، تنها مصرف هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات تفاوت معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته نخود با تیمار بدون کاربرد کودهای زیستی داشت (جدول 5). با توجه به نتایج مذکور، به نظر می‌رسد استفاده از مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم تأثیر منفی بر تولید غلاف در بوته نخود نداشته و همچنین وجین بیشتر از دو بار نیز نتوانسته موجب افزایش تعداد غلاف در بوته گردد. نتایج سایر مطالعات در ارتباط با کاربرد کودهای زیستی بر تعداد غلاف در بوته نخود حاکی از افزایش این ویژگی دارد (ابوطالبیان و الهی، 1394). اعتقاد بر این است که بهبود دهنده‌های رشد گیاهی خاک‌زای با تغییر جمعیت میکروبی خاک موجب تولید انواع ترکیبات مفید بر رشد گیاهان می‌گردند و اغلب به‌طور مستقیم به دلیل فراهم کردن عناصر غذایی (نیترژن، فسفر، پتاسیم و عناصر ضروری) یا تغییر سطح انواع هورمون‌های گیاهی و یا به‌طور غیرمستقیم با کاهش اثرات ممانعت‌کنندگی انواع عوامل بیماری‌زا باعث افزایش رشد گیاهان می‌گردند (گوپتا و همکاران، 2015).

همچنین در اثر فعالیت باکتری‌های حل‌کننده فسفر و پتاسیم در محیط ریشه، تنظیم‌کننده‌های رشد تولید می‌شود که مانند ترکیبات شیمیایی به‌عنوان پیام‌رسان‌ها عمل کرده که نقش ویژه‌ای در رشد گیاه دارند (مارتینز و یورسو و همکاران، 2010). در باکتری‌ها برای بیوسنتز اکسین به‌عنوان پیش‌ماده اصلی IAA از تریپتوفان پنج تا شش مسیر معرفی شده است (اسپاین و همکاران، 2007). همچنین باکتری‌های حل‌کننده فسفات قادرند فسفات‌های غیرقابل‌حل را از طریق فرآیندهای اسیدی کردن، کلاته کردن، واکنش‌های تبادل‌ی و تولید اسید گلوکونیک به شکل‌های قابل‌دسترس برای گیاه تبدیل کنند (گلاتی و همکاران، 2010) که مجموع این فعالیت‌ها موجب افزایش رشد و تولید در گیاهان خواهد شد.

پتاسیم همراه با باکتری حل‌کننده فسفات و کنترل علف‌های هرز توسط کاربرد مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم و کمترین تعداد ساقه فرعی در بوته در تیمار عدم کاربرد کود زیستی و دو بار وجین علف‌های هرز مشاهده شد (جدول 4). تفاوت بین این دو تیمار از نظر تعداد ساقه فرعی در بوته 43 درصد بود (جدول 4). به‌طورکلی مصرف کودهای زیستی و همچنین کاربرد علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم موجب افزایش تعداد ساقه فرعی گردید (جدول 4). اعتقاد بر این است که میکروارگانیسم‌های آزادی بهبوددهنده رشد گیاه بدون توجه به نوع گیاه میزان رشد گیاه را به‌واسطه افزایش فراهمی عناصر غذایی افزایش می‌دهند (ویل و همکاران، 2016). با توجه به نامحدود رشد بودن نخود، در فراهم بودن شرایط محیطی و عناصر غذایی، میزان رشد آن به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (پرامانیک و همکاران، 2014). به نظر می‌رسد بهبود شرایط تغذیه‌ای برای گیاه در این مطالعه موجب گردیده تا ضمن بهبود رشد و ارتفاع کانوپی نخود تعداد ساقه‌های اصلی و فرعی آن نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یابد. از سوی دیگر با توجه به این‌که بر اساس گزارش‌های قبلی مخلوط علف‌کش پیردیت و کلتودیم می‌تواند بدون اثرات سوئی در کنترل انتخابی علف‌های هرز نخود مؤثر باشد (مقصودی، 1396)، کاربرد آن از این طریق توانسته است در بهبود رشد و تعداد ساقه‌های فرعی و اصلی نخود مؤثر باشد هر چند بررسی برهم‌کنش آن بر میکروارگانیسم‌ها نیاز به مطالعات بیشتری دارد. با این‌وجود بر اساس مطالعات دیگر کاربرد علف‌کش پیردیت در نخود کمترین اثرات سوء را بر فعالیت میکروارگانیسم‌های هم‌زیست با ریشه نخود و تثبیت زیستی نیتروژن دارد (ایزدی دربندی و اکرم، 1391). در مطالعات دیگر نیز نتایج مشابهی را گزارش شد (رسولی، 1391).

برهمکنش مصرف کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز از نظر تعداد غلاف در بوته نخود نشان داد که بیشترین مقدار این صفت در تیمار کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات و کنترل علف‌های هرز با استفاده از مخلوط علف‌کش پیردیت و کلتودیم و کمترین آن در تیمار مصرف باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و کنترل علف‌های هرز با استفاده از

جدول 5- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز بر اجرای عملکرد نخود

میانگین	MKP	KP	P	M	K	C	کنترل علف‌های هرز	صفات
105 ^A	116 ^{a-c}	140 ^a	83/0 ^{bc}	117 ^{a-c}	67/0 ^c	84/0 ^{a-c}	H	
114 ^A	115 ^{a-c}	88/0 ^{a-c}	136 ^{a-c}	110 ^{a-c}	86/0 ^{a-c}	99/0 ^{a-c}	W2	تعداد غلاف در بوته
107 ^A	117 ^{a-c}	117 ^{a-c}	118 ^{a-c}	83/0 ^{bc}	151 ^{ab}	88/0 ^{a-c}	W3	
	116 ^{AB}	129 ^A	112 ^{AB}	103 ^{AB}	101 ^{AB}	90/0 ^B	میانگین	
8/59 ^A	8/22 ^{ab}	13/89 ^a	6/44 ^b	9/11 ^{ab}	7/44 ^{ab}	6/44 ^b	H	
7/42 ^A	6/84 ^b	9/56 ^{ab}	9/33 ^{ab}	7/00 ^b	5/33 ^b	6/44 ^b	W2	تعداد غلاف پوک در بوته
7/17 ^A	7/82 ^{ab}	6/88 ^b	7/00 ^b	7/44 ^{ab}	8/89 ^{ab}	5/00 ^b	W3	
	7/63 ^{AB}	10/11 ^A	7/59 ^{AB}	7/85 ^{AB}	7/22 ^{AB}	5/96 ^B	میانگین	
96/0 ^A	108 ^{ab}	147 ^a	77/0 ^{ab}	108 ^{ab}	59/0 ^b	77/0 ^{ab}	H	
107 ^A	108 ^{ab}	130 ^{ab}	127 ^{ab}	103 ^{ab}	80/0 ^{ab}	93/0 ^{ab}	W2	تعداد غلاف بارور در بوته
100 ^A	108 ^{ab}	81 ^{ab}	109 ^{ab}	75/0 ^{ab}	143 ^a	83/0 ^{ab}	W3	
	108 ^{AB}	119 ^A	104 ^{AB}	95/0 ^{AB}	94/0 ^{AB}	84/0 ^B	میانگین	
1/29 ^A	1/36 ^a	1/33 ^a	1/17 ^a	1/22 ^a	1/47 ^a	1/19 ^a	H	
1/18 ^A	1/03 ^a	1/19 ^a	1/28 ^a	1/31 ^a	1/03 ^a	1/22 ^a	W2	تعداد دانه در غلاف
1/26 ^A	1/08 ^a	1/31 ^a	1/31 ^a	1/28 ^a	1/28 ^a	1/31 ^a	W3	
	1/16 ^A	1/28 ^A	1/25 ^A	1/27 ^A	1/26 ^A	1/24 ^A	میانگین	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. C: شاهد، K: باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، P: باکتری‌های حل‌کننده فسفات، M: قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا، H: کنترل علف‌های هرز با علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم، W2: دو بار وجین به ترتیب قبل از گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها، W3: سه بار وجین به ترتیب قبل از گلدهی، اتمام گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها.

مصرف باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و کنترل علف‌های هرز با علف‌کش با اختلاف 88 غلاف در بوته مشاهده شد (جدول 5). در بین تیمارهای کودی کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات نسبت به سایر تیمارها از برتری نسبتاً بالایی برخوردار بود. به‌طوری‌که تفاوت آن با تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی (کمترین تعداد غلاف بارور در بوته) بین تیمار 29 درصد بود و بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 5). در این مطالعه مشاهده شد که تشکیل غلاف تحت تأثیر تغذیه می‌باشد و با افزایش تولید غلاف تحت تأثیر سایر اجزای عملکرد مانند تعداد ساقه اصلی و فرعی می‌توان تعداد غلاف بارور و در نهایت میزان تولید محصول را افزایش داد. کنترل علف‌های هرز نخود به روش کاربرد علف‌کش و وجین نیز تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف بارور در بوته نداشتند، از طرفی وجین بیشتر از دو بار نیز نتوانست در تعداد غلاف بارور در بوته مؤثر باشد (جدول 5).

تعداد غلاف بارور به‌عنوان عامل مهم و مؤثر بر عملکرد نخود همواره مورد توجه محققان بوده است (وقار و همکاران، 1388). از طرفی تعداد غلاف در بوته، خود تحت تأثیر تعداد و طول ساقه‌های اصلی و فرعی در نخود است. در این مطالعه کاربرد کودهای زیستی باکتری

از نظر تعداد غلاف پوک در بوته بین تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول 3). همانند تعداد کل غلاف در بوته، تیمار کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات بیشترین تعداد غلاف پوک در بوته را دارا بودند و بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 5). به نظر می‌رسد با افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف پوک نیز در تیمارهای آزمایش به‌طور یکسانی افزایش یافته است. عدم تلقیح گل‌ها در گیاهان عمدتاً در اثر دمای بالای محیط، تنش خشکی و تغذیه نامناسب است. در این مطالعه آبیاری در تمام تیمارها یکسان و تغذیه به‌استثنای تیمار شاهد به نحو مناسبی انجام گرفته و با توجه به درصد یکسان ناباروری غلاف‌ها و هم‌زمانی گلدهی با فصل گرم سال، به نظر می‌رسد گرمای محیط عامل مؤثری در عدم تلقیح گل‌ها در این مطالعه بوده است. بین روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز نیز تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد غلاف پوک در بوته مشاهده نشد (جدول 3).

با توجه به درصد یکسان تعداد غلاف‌های پوک نسبت به کل غلاف تولیدی در هر بوته، تعداد کل غلاف بارور در بوته نیز تحت تأثیر مصرف کودهای زیستی قرار گرفت (جدول 3). بیشترین تعداد غلاف بارور در تیمار مصرف هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات و کنترل علف‌های هرز با علف‌کش و کمترین آن در تیمار

علف‌های هرز با 55 درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول 6).

گیاهان و ریزجانداران خاک از طریق روابط همزیستی و همیاری یا یکدیگر در تعامل می‌باشند. امکان همزیستی بین باکتری‌ها و بسیاری از گیاهان زراعی وجود ندارد، بنابراین استفاده از باکتری‌های آزادی که امکان فعالیت در اطراف ریشه گیاهان را دارند گزینه مناسبی برای ایجاد یک محیط مناسب برای توسعه ریشه و اندام هوایی و در نهایت تولید عملکرد مناسب است. روابط غیر همزیستی در اطراف ریشه گیاهی که در آنجا سطوح بالای از کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه و مواد مغذی معدنی وجود دارد فضا را برای افزایش کارایی باکتری‌ها جهت آزادسازی عناصر غذایی تقویت می‌کند (باکن و هیتون، 2006) که در نهایت افزایش توسعه ساختار گیاه و افزایش میزان تولید را در پی دارد.

در این مطالعه تیمار شاهد (2420 کیلوگرم در هکتار) از متوسط عملکرد دانه بسیار مطلوبی نسبت به متوسط عملکرد نخود آبی در کشور (1392 کیلوگرم در هکتار) (آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی، 1394) برخوردار بود. برهمکنش تیمارهای کودی و روش‌های کنترل علف‌های هرز از نظر عملکرد دانه نشان داد که تیمار کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و دو بار وجین در طی فصل رشد بیشترین و تیمار کاربرد باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و کنترل علف‌های هرز به روش کاربرد مخلوط علف‌کش پیردیت و کلتودیم کمترین مقدار دانه در واحد سطح را تولید کردند و تفاوت بین این دو تیمار 238 گرم در مترمربع بود (جدول 6). روش‌های کنترل علف‌های هرز و کاربرد کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نخود داشتند. کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات و نیز تیمار کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات به همراه قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا بیشترین عملکرد دانه و زیست توده را به خود اختصاص دادند. بیشترین عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه در تیمارهای 2 و 3 بار وجین مشاهده شد و استفاده از مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم در مقایسه با 2 و 3 بار وجین دستی علف‌های هرز به ترتیب موجب کاهش 29 و 24 درصدی عملکرد گردید. (جدول 6). نتایج حاصل از این مطالعه در ارتباط با تأثیر مخلوط کاربرد علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم در تضاد با مطالعات سایر محققان (مقصودی، 1396) است که در گزارش خود به عدم اثرات سوء کاربرد مخلوط دو علف‌کش مذکور بر رشد و عملکرد نخود اشاره کرده است. باین‌وجود از آنجاکه بر اساس مطالعات

حل‌کننده پتاسیم همراه با باکتری حل‌کننده فسفات به‌صورت توأم موجب بهبود تعداد ساقه فرعی در بوته و نیز افزایش معنی‌دار و 30 درصدی تعداد غلاف در بوته نسبت به تیمار عدم مصرف کودهای زیستی مشاهده گردید و همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0/58^{**}$) بین این دو ویژگی تأییدکننده این مطلب است (جدول 8). بر اساس نتایج آزمایش تعداد دانه در غلاف در گیاه نخود تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودهای زیستی و روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز قرار نگرفت (جدول 3). به نظر می‌رسد تعداد دانه در غلاف یک ویژگی ژنتیکی بوده و تحت تأثیر محیط و تغذیه قرار نمی‌گیرد (پارسا و باقری، 1387).

عملکرد زیست‌توده به‌عنوان برآیند تمامی عوامل فیزیولوژیکی، محیطی و مدیریتی در طی رشد گیاه نشان داد که کاربرد کودهای زیستی موجب تفاوت معنی‌دار در این صفت شد (جدول 3). کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات موجب تولید بیشترین عملکرد زیست‌توده در نخود شد (جدول 6)؛ اما تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات به همراه قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا نداشت. از طرف دیگر کمترین زیست‌توده در تیمارهای بدون کاربرد کودهای زیستی (شاهد) و کاربرد باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و تیمار کاربرد قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا به‌تنهایی حاصل شد. تفاوت بین بیشترین و کمترین میزان زیست‌توده تولیدی در تیمار کودهای زیستی 209 گرم در مترمربع زیست‌توده (معادل 33 درصد) که تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده شد. بررسی اثر روش‌های کنترل علف‌های هرز نیز بر میزان زیست‌توده تولیدی نخود نشان داد که استفاده از مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم موجب کاهش 23 درصدی این صفت نسبت به روش کنترل علف‌های هرز با عملیات وجین شد که تفاوت آن‌ها معنی‌دار بود. در مقابل بین روش‌های دو و سه بار وجین علف‌های هرز در طول فصل رشد در زراعت نخود تفاوتی از نظر تولید زیست‌توده مشاهده نشد. برهمکنش تیمارهای کاربرد کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز حاکی از تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد زیست‌توده در تیمارهای کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات در دو بار وجین علف‌های هرز و کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات با کنترل علف‌های هرز با استفاده از مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم و کمترین آن در تیمار کاربرد باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و دو بار وجین

روابط همزیستی نخود و میکروارگانیسم‌های خاک این اثرات را در پی داشته است (رسولی، 1391 و ایزدی دربندی و اکرم، 1391). باین وجود نیاز به بررسی دقیق‌تری در مطالعات آتی است.

انجام شده کاربرد علف‌کش انتخابی پیریدیت در نخود بر روابط همزیستی باکتری‌های رایزوبیوم و نخود تأثیری نداشته‌اند این امکان وجود دارد که کاربرد مخلوط این علف‌کش با علف‌کش کلتودیم از طریق اثرات سوء بر

جدول 6- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز بر عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، وزن صد دانه و شاخص برداشت نخود

میانگین	MKP	KP	P	M	K	C	کنترل علف‌های هرز	صفات
436 ^B	447 ^{a-c}	712 ^a	297 ^c	433 ^{a-c}	323 ^c	402 ^{bc}	H	عملکرد زیست‌توده (گرم در مترمربع)
565 ^A	693 ^a	622 ^{ab}	713 ^a	557 ^{a-c}	320 ^c	483 ^{a-c}	W2	
565 ^A	712 ^a	556 ^{a-c}	575 ^{a-c}	458 ^{a-c}	620 ^{ab}	472 ^{a-c}	W3	
	617 ^A	630 ^A	528 ^{AB}	483 ^B	421 ^B	452 ^B	میانگین	
210 ^B	223 ^{a-d}	338 ^{ab}	145 ^{cd}	218 ^{a-d}	140 ^d	195 ^{b-d}	H	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
297 ^A	327 ^{ab}	327 ^{ab}	378 ^a	297 ^{a-d}	185 ^{b-d}	267 ^{a-d}	W2	
276 ^A	312 ^{ab}	261 ^{a-d}	297 ^{a-d}	240 ^{a-d}	305 ^{a-c}	242 ^{a-d}	W3	
	287 ^A	309 ^A	273 ^{AB}	252 ^{AB}	210 ^B	234 ^B	میانگین	
30/7 ^B	31/4 ^{a-c}	28/5 ^{bc}	31/8 ^{a-c}	31/7 ^{a-c}	32/0 ^{a-c}	29/1 ^{bc}	H	وزن صد دانه (گرم)
30/6 ^B	30/6 ^{a-c}	30/1 ^{a-c}	27/8 ^c	30/6 ^{a-c}	33/0 ^{ab}	31/7 ^{a-c}	W2	
31/9 ^A	35/3 ^a	29/9 ^{bc}	31/4 ^{a-c}	31/2 ^{a-c}	32/3 ^{a-c}	31/4 ^{a-c}	W3	
	32/4 ^A	29/5 ^B	30/3 ^{AB}	31/1 ^{AB}	32/4 ^A	30/7 ^{AB}	میانگین	
48/3 ^B	50/4 ^{ab}	47/7 ^{ab}	49/3 ^{ab}	50/3 ^{ab}	43/3 ^b	48/7 ^{ab}	H	شاخص برداشت (درصد)
53/5 ^A	47/1 ^{ab}	52/5 ^{ab}	52/6 ^{ab}	53/3 ^{ab}	60/2 ^a	55/3 ^{ab}	W2	
49/2 ^B	43/8 ^b	46/9 ^{ab}	51/7 ^{ab}	52/3 ^{ab}	49/3 ^{ab}	51/0 ^{ab}	W3	
	47/1 ^A	49/1 ^A	51/2 ^A	52/0 ^A	50/9 ^A	51/7 ^A	میانگین	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. C: شاهد، K: باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، P: باکتری‌های حل‌کننده فسفات، M: اندوفیت شبه مایکوریزا، H: کنترل علف‌های هرز با علف‌کش‌های پیریدیت و کلتودیم، W2: دو بار وجین به ترتیب قبل از گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها، W3: سه بار وجین به ترتیب قبل از گلدهی، اتمام گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها.

بدون قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا بیشترین تولید زیست‌توده و دانه را دارا بودند که نشان‌دهنده اثر مثبت این میکروباها بر تولید گیاه نخود می‌باشند.

به نظر می‌رسد در تیمار کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات بدون قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا، باکتری‌های حل‌کننده فسفات توانسته‌اند خلأ قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا در تهیه فسفر را برای گیاه پر کنند. مطالعه همبستگی بین صفات مورد مطالعه با زیست‌توده تولید شده نشان داد که بیشترین همبستگی بین این ویژگی با تعداد کل غلاف در بوته ($r=0/58^{**}$) مشاهده شد. از طرف دیگر تعداد ساقه اصلی همبستگی معنی‌داری با وزن زیست‌توده نداشت اما تعداد ساقه فرعی همبستگی مثبت اما غیر معنی‌داری ($r=0/25$) با این صفت داشت (جدول 8). در تیمارهای کنترل علف‌های هرز با وجود اینکه کاربرد مخلوط علف‌کش‌های پیریدیت و کلتودیم موجب کنترل کامل

فراهمی عناصر غذایی به‌عنوان یک عامل مهم و غیرقابل‌انکار در تولید گیاهان محسوب می‌گردد (سیندو و همکاران، 2012) و استفاده از انواع کودهای شیمیایی و زیستی موجب بهبود دسترسی گیاه به عناصر قابل‌جذب خواهد شد (لیان و همکاران، 2010). استفاده از کودهای زیستی به‌خصوص باکتری‌ها که قابلیت تجزیه و حلالیت کانی‌های خاک و عناصر شیمیایی غیر قابل‌جذب را دارند موجب می‌گردد تا گیاه بتواند به‌طور مؤثری از منابع موجود غیرقابل‌مصرف حداکثر بهره‌برداری را نماید (سینگ و همکاران، 2010). همچنین استفاده از میکرو ارگانیسم‌هایی مانند قارچ‌های اندوفیت شبه مایکوریزا که در توسعه ریشه و افزایش کارایی آن‌ها در جذب عناصر غذایی و آب نقش مؤثری دارند می‌تواند در توسعه و رشد گیاه مؤثر باشند (وو و همکاران، 2005). در این مطالعه کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات به همراه قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا و همچنین تیمار کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات

حل‌کننده پتاسیم و دو بار وجین علف‌های هرز و کمترین آن مربوط به کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات به همراه قارچ اندوفیت میکوریزا با اختلاف 13 درصدی بود. با توجه به نتایج آزمایش، علی‌رغم عدم معنی‌داری بین تیمارهای کودهای زیستی، میزان شاخص برداشت در مصرف توأم کودهای زیستی کاهش یافت که نشان‌دهنده افزایش بیشتر میزان رشد رویشی در مقایسه با رشد زایشی در نخود بود (جدول 6). به‌طورکلی تحقیقات نشان داده است که رابطه مثبتی بین میزان عملکرد دانه و شاخص برداشت وجود دارد (ابوطالبیان و الهی، 1394)، اما در این مطالعه حضور توأم باکتری‌ها و قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا در محیط ریشه تأثیر بیشتری بر میزان زیست‌توده تولیدی نسبت به عملکرد دانه داشت و شاخص برداشت با مصرف این کودها در مقایسه با تیمار بدون کاربرد کودهای زیستی کاهش یافت. بررسی همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص برداشت نیز حاکی از معنی‌دار نبودن این رابطه بود (جدول 6).

غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی نخود تحت تأثیر تیمارهای کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز قرار گرفت (جدول 3). در تمامی تیمارهای کودی، غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی در تیمار کنترل علف‌های هرز با استفاده از مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم بیشتر از سایر روش‌های کنترل علف‌های هرز بود. در بین کودهای زیستی مورد استفاده، کاربرد توأم باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات به همراه قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا در روش کنترل علف‌های هرز با استفاده از علف‌کش بیشترین و تیمار بدون کاربرد کود زیستی و سه بار وجین علف‌های هرز در طول فصل رشد کمترین میزان پتاسیم اندام‌های هوایی را دارا بودند. تفاوت میان بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم اندام‌های هوایی در تیمارهای مذکور 37 درصد بود (جدول 7). پتاسیم یکی از عناصر ضروری و پرمصرف برای تمامی موجودات زنده است. در فیزیولوژی گیاه، پتاسیم کاتیون حیاتی در رابطه با عملکرد بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در بافت‌های گیاهی محسوب می‌گردد (ژانگ و کونگ، 2014). پتاسیم بعد از نیتروژن بیشترین مقدار جذب در بین عناصر توسط ریشه گیاهان کشت شده را دارد، هر چند که نیاز پتاسیم در برخی از گیاهان مانند پنبه (*Gossypium herbaceum*)، موز (*Musa sapientum*) و برخی از گونه‌ها بیشتر از نیتروژن است (مورا و همکاران، 2012). کاتیون پتاسیم در محلول خاک حل و ممکن است توسط رس و کلوئیدهای آلی جذب گردد. همچنین پتاسیم می‌تواند بخشی از ترکیبات شیمیایی پیچیده‌تر نیز باشد (زاندونادی و

علف‌های هرز گردید (داده‌ها نشان داده نشده) اما منجر به کاهش میزان زیست‌توده و دانه تولیدی نخود گردید.

وزن صد دانه به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار گرفت (جدول 3). بررسی برهمکنش تیمارهای کودی و روش‌های کنترل علف‌های هرز از نظر وزن صد دانه نشان داد که تیمار استفاده هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات به همراه قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا و سه بار وجین علف‌های هرز در طول فصل رشد بیشترین و تیمار استفاده از باکتری حل‌کننده فسفات و دو بار وجین علف‌های هرز کمترین وزن صد دانه را تولید کردند. هر چند روش‌های کنترل علف‌های هرز تأثیر معنی‌داری بر تغییرات وزن صد دانه در نخود نداشتند اما در بررسی اثرات ساده کودهای زیستی مشاهده شد که وزن صد دانه در تیمار کاربرد توأم باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات کاهش معنی‌داری داشت. این تیمار بیشترین عملکرد دانه را در بین تیمارهای کودی دارا بود. با توجه به اینکه این تیمار بیشترین تعداد غلاف بارور در بوته را تولید کرده بود، به نظر می‌رسد میزان کاهش وزن صد دانه را با تولید تعداد بیشتر دانه جبران کرده است (جدول 6). افزایش وزن دانه نخود در اثر کاربرد کودهای زیستی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (ابوطالبیان و الهی، 1394). افزایش وزن دانه در گیاه نخود می‌تواند تحت تأثیر دو عامل طول دوره رشد و سرعت انتقال مواد و پر شدن دانه باشد (کار و همکاران، 2005). در این مطالعه به نظر می‌رسد فراهمی عناصر غذایی در تیمار کاربرد هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات به همراه قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا موجب افزایش مواد پرورده و انتقال بیشتر آن‌ها به دانه شده است. نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که رابطه منفی معنی‌داری بین وزن صد دانه و تعداد غلاف کل ($r = -0.26^*$) و بارور ($r = -0.25^*$) در نخود مشاهده شد (جدول 8). با توجه به اینکه وزن دانه به‌عنوان یک عامل مهم در افزایش عملکرد نخود محسوب می‌گردد با افزایش تعداد ساقه‌های فرعی در بوته و در نتیجه آن افزایش تعداد غلاف در بوته (افزایش مخزن) گیاه نتوانسته دانه‌های تولید شده را تغذیه کامل نماید و مواد فتوسنتزی بین تعداد بیشتری از مخازن تقسیم شده است؛ بنابراین نیاز است تا با برنامه غذایی و روش‌های مدیریتی مناسب‌تر میزان فتوسنتز افزایش و خلأ موجود کاهش یابد.

برهمکنش تأثیر تیمارهای کودی و روش‌های کنترل علف‌های هرز بر شاخص برداشت مشاهده که بیشترین شاخص برداشت مربوط به کاربرد باکتری

همکاران، 2010). پتاسیم جذب شده به صورت کاتیون در گیاه ذخیره شده و به صورت بسیار فعال در سلول، بافت و فواصل طولانی در آوندهای چوب و آبکش متحرک است. بسیاری از میکروارگانیزم‌ها در خاک قادر به آزاد کردن شکل‌های غیرقابل دسترس پتاسیم جایگذاری شده در کانی‌ها مانند میکا، الویت و ارتوکلاس‌ها با اسیدهای آلی هستند (سیندو و همکاران، 2010). در این مطالعه مشاهده شد که مصرف باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم موجب افزایش جذب و ذخیره پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه نخود گردید. در سایر مطالعات نیز کاربرد باکتری‌های آزادکننده پتاس در ذرت (*Zea mays*) موجب افزایش غلظت پتاسیم در بافت گیاهی نسبت به تیمار بدون کودهای زیستی گردید (وو و همکاران، 2005).

با توجه به نتایج حاصل بیشترین میزان غلظت فسفر در تیمار استفاده از قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا و کنترل شیمیایی علف‌های هرز و کمترین مقدار فسفر در تیمار کاربرد استفاده توأم باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات و دو بار وجین علف‌های هرز در طول فصل رشد با 18 درصد تفاوت مشاهده شد (جدول 7). با وجود اینکه بین کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا تفاوت معنی‌دار آماری از نظر میزان غلظت فسفر مشاهده نشد اما کارایی قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا نسبت به باکتری‌های حل‌کننده فسفات تنها در شرایط استفاده از علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز برتری داشت (جدول 7). مطالعه اثر کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ اندوفیت مایکوریزا بر غلظت

فسفر در ذرت نشان داد زمانی که میزان مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفات افزایش می‌یابد مقدار تلقیح قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا با ریشه ذرت کاهش می‌یابد (وو و همکاران، 2005). در واقع باکتری‌های حل‌کننده فسفات مقدار فسفر خاک را افزایش داده و گیاه نیاز کمتری برای همزیست شدن با قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا پیدا می‌کند. در پژوهش حاضر تیمار کاربرد توأم باکتری‌های آزادکننده فسفات و قارچ اندوفیت شبه مایکوریزا بیشترین مقدار فسفر در اندام هوایی را دارا بود که نشان می‌دهد علی‌رغم کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات قارچ‌های اندوفیت شبه مایکوریزا نیز فعالیت بالایی در جذب و انتقال فسفر در گیاه داشته است (جدول 7)؛ بنابراین می‌توان عنوان کرد در صورتی که تنها از باکتری‌های آزادکننده فسفات استفاده شود برای جذب بیشتر فسفر باید مقدار مصرف و در نهایت جمعیت باکتری‌ها را در خاک افزایش داد.

غلظت کلسیم اندام‌های هوایی نخود تحت تأثیر معنی‌دار کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز قرار نگرفت (جدول 3). کلسیم در مقایسه با پتاسیم یک عنصر با تحرک بسیار کم است که بیشتر در ساختارهای گیاه نقش دارد (وروسوگلو و همکاران، 2011)؛ بنابراین ممکن است میزان جذب آن نیز به دلیل نقش کمتر آن در گیاه نسبت به سایر عناصر کمتر تحت تأثیر کودهای زیستی مورد استفاده در این مطالعه قرار گرفته باشد.

جدول 7- مقایسه میانگین تأثیر کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز بر مقدار عناصر پتاسیم، فسفر و کلسیم در اندام‌های هوایی نخود

میانگین	MKP	KP	P	M	K	C	کنترل علف‌های هرز	صفات
2/16 ^A	2/60 ^a	2/10 ^{a-c}	1/89 ^{a-c}	2/13 ^{a-c}	2/53 ^{ab}	1/72 ^c	H	پتاسیم (درصد)
1/90 ^B	2/15 ^{a-c}	1/95 ^{a-c}	1/73 ^c	1/93 ^{a-c}	1/74 ^c	1/90 ^{a-c}	W2	
1/73 ^B	1/79 ^c	1/76 ^c	1/86 ^{bc}	1/63 ^c	1/75 ^c	1/57 ^c	W3	
	2/18 ^A	1/94 ^{AB}	1/83 ^B	1/90 ^{AB}	2/01 ^{AB}	1/73 ^B	میانگین	
0/42 ^A	0/43 ^{ab}	0/41 ^{ab}	0/41 ^{ab}	0/44 ^a	0/39 ^{ab}	0/41 ^{ab}	H	فسفر (درصد)
0/39 ^B	0/41 ^{ab}	0/36 ^b	0/40 ^{ab}	0/39 ^{ab}	0/39 ^{ab}	0/40 ^{ab}	W2	
0/40 ^{AB}	0/41 ^{ab}	0/40 ^{ab}	0/41 ^{ab}	0/38 ^{ab}	0/40 ^{ab}	0/41 ^{ab}	W3	
	0/42 ^A	0/39 ^A	0/41 ^A	0/40 ^A	0/39 ^A	0/41 ^A	میانگین	
0/876 ^B	0/845 ^a	0/691 ^a	0/966 ^a	0/884 ^a	0/903 ^a	0/970 ^a	H	کلسیم (درصد)
0/959 ^A	0/980 ^a	1/05 ^a	0/961 ^a	0/951 ^a	0/951 ^a	0/864 ^a	W2	
0/952 ^A	1/03 ^a	0/926 ^a	0/874 ^a	0/914 ^a	1/03 ^a	0/941 ^a	W3	
	0/951 ^A	0/888 ^A	0/933 ^A	0/916 ^A	0/961 ^A	0/925 ^A	میانگین	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. C: شاهد، K: باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، P: باکتری‌های حل‌کننده فسفات، M: اندوفیت شبه مایکوریزا، H: کنترل علف‌های هرز با علف‌کش‌های پیردیت و کلنودیم، W2: دو بار وجین به ترتیب قبل از گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها، W3: سه بار وجین به ترتیب قبل از گلدهی، اتمام گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها.

جدول 8- ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده همبستگی در نخود تحت تأثیر کودهای زیستی و روش‌های کنترل علف‌های هرز

صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. ارتفاع کانوبی	1															
2. ارتفاع اولین ساقه فرعی از سطح زمین	0/27*	1														
3. ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین	0/69**	0/19	1													
4. تعداد ساقه اصلی	-0/01	-0/24	-0/04	1												
5. تعداد ساقه فرعی	0/09	-0/16	-0/07	0/25	1											
6. تعداد کل غلاف	0/26*	-0/09	0/02	0/09	0/58**	1										
7. تعداد غلاف پوک	0/22	-0/08	-0/18	0/25	0/65**	0/66**	1									
8. تعداد غلاف بارور	0/25	-0/09	0/03	0/08	0/56**	1/00**	00/61**	1								
9. تعداد دانه در غلاف	-0/01	-0/01	-0/14	0/27*	0/03	0/06	0/23	0/04	1							
10. وزن صد دانه	-0/03	0/05	0/19	-0/09	-0/20	-0/26*	-0/29*	-0/25*	-0/12	1						
11. عملکرد زیست‌توده	0/25*	0/001	0/03	-0/16	0/23	0/58**	-0/44**	0/57**	0/03	-0/21	1					
12. عملکرد دانه	0/23	-0/02	0/05	-0/17	0/18	0/55**	0/38**	0/54**	0/06	0/27*	0/95**	1				
13. شاخص برداشت	-0/16	-0/06	0/01	-0/11	-0/14	-0/08	-0/19	-0/06	-0/08	-0/16	-0/20	0/08	1			
14. پتاسیم	0/01	-0/03	-0/01	0/40**	0/11	0/05	0/19	0/03	0/32*	0/01	-0/10	-0/13	-0/08	1		
15. فسفر	-0/09	0/12	-0/08	-0/02	-0/03	-0/10	-0/20	-0/09	0/02	0/09	-0/25	-0/27*	-0/05	0/12	1	
16. کلسیم	-0/18	-0/29*	-0/18	-0/05	-0/35**	-0/09	-0/22	-0/08	-0/19	0/03	-0/09	-0/08	0/10	-0/14	-0/19	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

نتیجه‌گیری

هم‌زمان باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم و فسفات بیشترین تأثیر مثبت را در بهبود عملکرد نخود داشتند. در مقابل استفاده از مخلوط علف‌کش‌های پیردیت و کلتودیم موجب کاهش 23 درصدی عملکرد زیست‌توده و 29 درصد عملکرد بذر نسبت به روش کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی شد. این امکان وجود دارد که کاربرد مخلوط این علف‌کش با علف‌کش کلتودیم از طریق اثرات سوء بر روابط همزیستی نخود و میکروارگانیسم‌های خاک این اثرات را در پی داشته است (رسولی، 1391 و ایزدی دربندی و اکرم، 1391) که نیاز به بررسی دقیق‌تری در مطالعات آتی است.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این مطالعه از محل طرح مصوب با کد 43073 در معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌نماید.

استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی صدمات بسیار زیادی به خاک‌های کشاورزی وارد کرده است. همچنین تغذیه گیاهان با استفاده از کودهای شیمیایی بیش از آنکه به نفع گیاه زراعی باشد به نفع علف‌های هرز می‌باشد. در چنین شرایطی علف‌های هرز به دلیل اینکه نسبت به نیاز خود به عناصر غذایی، جذب به مراتب بیشتری دارند، ضمن اینکه موجب افزایش رقابت و کاهش بیشتر محصول می‌شوند گیاه زراعی را نیز با فقر بیشتر عناصر غذایی مواجه می‌سازند. از اینرو استفاده از کودهای زیستی به عنوان راهکاری هم در کاهش اثرات سوء زیست محیطی کودهای شیمیایی و هم در کاهش اثرات سوء علف‌های هرز مورد توجه قرار گرفته‌اند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، کاربرد کودهای زیستی موجب بهبود عملکرد نخود گردید. تیمارهای کاربرد

فهرست منابع:

1. اله‌دادی، ا.، شیرخانی، ع؛ و رحیمیان‌مشهدی، ح. 1385. بررسی اثر علف‌هرز بر عملکرد نخود دیم. مجله کشاورزی. ج 8. ش 3: 1-12.
2. ابوظالبیان، م.ع؛ و الهی، م. 1394. جایگزینی کاربرد کودهای شیمیایی فسفات با کودهای زیستی در تولید نخود در شرایط پیش تیمار کردن مزرعه‌ای. علوم گیاهان زراعی ایران. 46 (3): 381-394.
3. امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره 182. چاپ اول. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران
4. ایزدی دربندی، ا؛ و اکرم، ل. 1391. تأثیر علف‌کش‌های پیردیت، بنتازون و ایمازتاپیر بر رشد، گره‌زایی و تثبیت زیستی نیتروژن در نخود (*Cicer arietinum* L.). پژوهش‌های حبوبات ایران. ص. 105-118.
5. آمارنامه کشاورزی. 1393-1394. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصاد.
6. پارسا، م؛ و باقری، ع. 1392. حبوبات. چاپ اول انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
7. رسولی، ر. 1391. تأثیر علف‌کش‌های فومسافن، سیمازین و پیردیت بر رشد، گره‌زایی و تثبیت زیستی نیتروژن در نخود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.
8. مقصودی، آ. 1396. استفاده از اختلاط علف‌کش‌ها و کاربرد مالچ همراه با علف‌کش در کنترل علف‌های هرز نخود (*Cicer arietinum* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.
9. وقار، م. س.، نورمحمدی، ق.، شمس، ک.، پازکی، ع؛ و کبرایی، س. 1388. بررسی عملکرد و اجزا عملکرد سه رقم نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) در تاریخ‌های مختلف کاشت در کرمانشاه. زراعت و اصلاح نباتات ایران. 5 (1): 1-17.
10. Al-Karaki, G.N. and Al-Raddad, A. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Mycorrhiza* 7:83-88.

11. Azcon, R., Rodríguez, R., Amora-Lazcano, E. and Ambrosano, E. 2008. Uptake and metabolism of nitrate in mycorrhizal plants as affected by water availability and N concentration in soil. *European Journal of Soil Science* 59: 131–138.
12. Bacon, C.W. and Hinton, D.M. 2006. Bacterial endophytes: The endophytic niche, its occupants, and its utility. P. 155–194. In: S.S. Gnanamanickam, (ed). *Plant-Associated Bacteria*. Springer; Netherlands.
13. Datta, A., Sindel, B.M., Jessop, R.S., Kristiansen, P. and Felton, W.L. 2007. Phytotoxic response and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes with pre-emergence application of isoxaflutole. *Australia Expe Agriculture* 47: 1460-1467.
14. Davies, F.T., Potter, J.R. and Linderman, R.G. 1992. Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development on pepper plants independent of plant size and nutrient content. *Journal of Plant Physiology* 139:289–294.
15. Dimitrios, B., Anestis, K., Aristidis, K., Sotiria, P. and Vassilios, T. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi: a blessing or a curse for weed management in organic olive crops? *Australian journal of Crop Science* 5: 858-868.
16. FAO. 2015. *FAO Year Book*. FAO Publication.
17. Francis, Rm and Read, D.J. 1995. Mutualism and antagonism in the mycorrhizal symbiosis, with special reference to impacts on plant community structure. *Candan Journal Botany* 73: 1301-1309.
18. Friedrich, S., Platonova, N.P. and Karavaiko, G.I. 1991. Chemical and microbiological solubilization of silicates. *Acta Biotechnol* 3: 187–196.
19. Gulati, A., Sharma, N., Vyas, P., Sood, S., Rahi, P., Pathania, V. and Prasad, R. 2010. Organic acid production and plant growth promotion as a function of phosphate solubilization by *Acinetobacter rhizosphaerae* strain BIHB 723 isolated from the cold deserts of the trans-Himalayas. *Archives of Microbiology* 192: 975–983.
20. Gupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K. and Singh, V. 2015. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial and Biochemical Technology* 7(2): 96-102.
21. Jordan, N.R., Zhang, J. and Huerd, S. 2000. Arbuscular-mycorrhizal fungi: Potential roles in weed management. *Weed Research* 40: 397-410.
22. Kaur, S., Gupta, A.K. and Kaur, N. 2005. Seed priming increase crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. *Journal Agronomy of Crop Science* 191: 81-87.
23. Lian, B., Wang, B., Pan, M., Liu, C. and Henry, H. 2010. Microbial release of potassium from K-bearing minerals by thermophilic fungus *Aspergillus fumigatus*. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 72:87–98.
24. Martinez-Viveros, O., Jorquera, M.A., Crowley, D.E., Gajardo, G. and Mora, M.L. 2010. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Soil Science Plant Nutrition* 10 (3): 293–319.
25. Miransari, M., Rejali, F., Bahrami, H.A. and Malakouti, M.J. 2009. Effects of soil compaction and arbuscular mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) nutrient uptake. *Soil and Tillage Research* 103: 282-290.
26. Mora, V., Baigorri, R., Bacaicoa, E., Zamarrenob, A.M. and Garcia-Mina, J.M. 2012. The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. *Environmental and Experimental Botany* 76: 24–32.
27. Pezeshkpour, P., Ardakani, M.R. and Vazan, S. 2014. Effects of vermicompost, mycorrhizal symbiosis and biophosphate solubilizing bacteria on some characteristics related to chickpea root growth under autumn in the dryland condition. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 3(2): 19-25.

28. Rodriguez, H., Fraga, R., Gonzalez, T. and Bashan, Y. 2006. Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria. *Plant Soil* 287:15–21.
29. Pramanik, J.K., Sayedul Haque, A.K.M. and Jamil Uddin, F.M. 2014. Effect of biofertilizer and weeding on the growth characters and seed yield of summer mungbean. *Journal of Environmental Science and Natural Resources* 7: 87–92.
30. Shen, J., Li, C., Mi, G., Li, L., Yuan, L., Jiang, R. and Zhang, F. 2011. Maximizing root/rhizosphere efficiency to improve crop productivity and nutrient use efficiency in intensive agriculture of China. *Plant Physiology* 156: 997–1005.
31. Sindhu, S.S., Dua, S., Verma, M.K. and Khandelwal, A. 2010. Growth promotion of legumes by inoculation of rhizosphere bacteria. p 195–235 In: Khan, M.S., Zaidi, A. and Musarrat, J. (eds) *Microbes for legume improvement*. SpringerWien, New York/Heidelberg.
32. Sindhu, S.S., Parmar, P. and Phour, M. 2012. Nutrient cycling: Potassium solubilization by microorganisms and improvement of crop growth. In: Armar, N. and Singh, A. (eds) *Geomicrobiology and biogeochemistry: Soil biology*. Springer-Wien, New York/Heidelberg.
33. Singh, G., Biswas, D.R., and Marwah, T.S. 2010. Mobilization of potassium from waste mica by plant growth promoting rhizobacteria and its assimilation by maize (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Nutrition* 33: 1236–1251.
34. Spaepen, S., Vanderleyden, J. and Remans, R. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism–plant signaling. *FEMS Microbiol Review* 31: 425–448.
35. Sylvia, D.M., Hammond, L.C., Bennett, J.M, Haas, J.H. and Linda, S.B. 1993. Field response of maize to a VAM fungus and water management. *Agronomy Journal* 85: 193–198.
36. Veresoglou, S.D., Mamolos, A.P., Thornton, B., Voulgari, O.K., Sen, R. and Veresoglou, S. 2011. Medium-term fertilization of grassland plant communities masks plant species-linked effects on soil microbial community structure. *Plant and Soil* 344: 187–196.
37. Weil, R.R., Brady, N.C. and Weil, R.R. 2016. *The nature and properties of soils*. Pearson.
38. 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 AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. *Geoderma* 125(1): 155-166.
39. Zandonadi, D.B., Santos, M.P., Dobbss, L.B., Olivares, F.L., Canellas, L.P., Binzel, M.L., Okorokova-Facanha, A.L. and Facanha, A.R. 2010. Nitric oxide mediates humic acids-induced root development and plasma membrane H⁺-ATPase activation. *Planta* 231: 1025–1036.
40. Zhang, C. and Kong, F. 2014. Isolation and identification of potassium-solubilizing bacteria from tobacco rhizospheric soil and their effect on tobacco plants. *Applied Soil Ecology* 82:18–25.

Effect of biological fertilizers and different weed control methods on improvement of growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.)

E. Izadi-Darbandi¹, J. Nabati, A. Nezami and A. Oskoueian

Member of Faculty of Agriculture, Department of Agrotechnology and Research Center for Plant Science- Ferdowsi University of Mashhad; E-mail: e-izadi@um.ac.ir

Member of Research Center for Plant Science- Ferdowsi University of Mashhad; E-mail: jafarnabati@um.ac.ir

Member of Faculty of Agriculture, Department of Agrotechnology and Research Center for Plant Science- Ferdowsi University of Mashhad; E-mail: nezami@um.ac.ir

Ph.D. Student of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad; E-mail: armin_oskoueian@yahoo.com

Received: Jun, 2018 & Accepted: March, 2019

Abstract

Using biofertilizers and weed control can be effective on improving of chickpea yield. In this study, a factorial experiment was conducted in a RCBD with three replications at Ferdowsi University of Mashhad. Experimental Factors included the application of biofertilizers in six levels (phosphate solubilizing bacteria (*Bacillus* + *Pseudomonas*), potassium solubilizing bacteria (*Thiobacillus* sp.), pseudo-mycorrhizae (*Piriformospora indica*), *Bacillus* + *Pseudomonas* + *Thiobacillus*, *Bacillus* + *Pseudomonas* + *Thiobacillus* + *Piriformospora*, and control treatment) and weeds control at three levels (weed control with combination of pyridate and cletodim herbicides, two and three times weeding). Results showed that the distance of the first branch from the soil surface was not affected by biological fertilizers and weed control treatments although it was increased with application of biological fertilizers. The highest pod distance from the soil surface was observed in phosphate solubilizing bacteria + two weeding treatment. The maximum number of main branches per plant was obtained in phosphate solubilizing + two weeding treatment. The highest number of lateral branches per plant was observed in potassium solubilizing bacteria treatment + phosphate solubilizing bacteria + weed control using combination of pyridate and cletodim herbicides. Concomitant using of potassium solubilizing bacteria with phosphate solubilizing bacteria increased the number of pods per plant by 30% compared to the control treatment. There were no significant differences between chemical and weeding of weed control treatments in terms of number of pods per plant. Concomitant consumption of potassium + phosphate solubilizing bacteria and concomitant application of potassium + phosphate solubilizing bacteria along with endophytic fungi mycorrhiza produced the highest chickpea biomass and seed yield. The application of pyridate + cletodim herbicides reduced seed yield to 29 and 24 percent, respectively, compared with two and three times weeding. The highest concentration of shoot phosphorus was obtained in the treatment of endophytic fungi and chemical control of weeds and the highest concentration of potassium was obtained in the combination treatment of potassium and phosphate solubilizing bacteria and endophytic fungi. Generally, in this study biological fertilizers had a positive effect on yield and yield components of chickpea, although the application of combination of pyridate and cletodim herbicides had a negative effect on chickpea yield.

Keywords: Biomass, Endophytic fungi mycorrhiza, Herbicide, Phosphate solubilizing bacteria

¹ Corresponding author: Department of Agrotechnology and Research Center for Plant Science- Ferdowsi University of Mashhad