به زراعی کشاورزی
دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶
صفحه‌های ۲۱۳-۲۰۳

بررسی کاربرد کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گل‌راعی

شهلا شفیعی ادیب[۱]*، مجید امینی دهقی[۲]، فاطمه شهبازی[۳]

۱. دانشجوی دکترا، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۲۴

چکیده

به منظور بررسی اثر کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی فسفر بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی گل‌راعی، آزمایشی در مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد در دو سال زراعی ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۰ واقع در استان تهران به اجرا درآمد. آزمایش به صورت فاکتوریل شامل سطوح ورمی‌کمپوست (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و کود شیمیایی فسفر (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، عملکرد سرشاخه گلدار، عملکرد ماده مؤثره هیپریسین، عملکرد زیستی و شاخص برداشت سرشاخه گلدار بود. نتایج نشان داد که عامل کود فسفره و ورمی‌کمپوست به تنهایی و اثر متقابل این دو عامل در اکثر صفات مورد اندازه گیری در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین دو سال نشان داد که بیشترین میزان عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد هیپریسین در تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر به همراه ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به ترتیب ۲۰۵۸ کیلوگرم و ۳۴۱/۴۶ گرم در هکتار و تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر به همراه ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به ترتیب به میزان ۲۱۳۹/۸۳ کیلوگرم و ۲۹۴/۷۴ گرم در هکتار حاصل گردید و کمترین میزان مربوط به شاهد بود. به نظر می‌رسد که استفاده تلفیقی کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست می‌تواند باعث افزایش قابل ملاحظه‌ی عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گل‌راعی در مقایسه با شاهد گردد.

کلیدواژه‌ها: علف چای، عملکرد سرشاخه گلدار، کود آلی، کود فسفره، هیپریسین

* نویسنده مسئول
Email: ss.adib88@gmail.com

۱. مقدمه

اثرات جانبی داروهای شیمیایی، الزامات زیست‌محیطی و روند تدریجی گرایش به سوی فرآورده‌های طبیعی سبب افزایش استفاده از گیاهان دارویی در کشورهای پیشرفته به ویژه در دهه اخیر شده است [۲۷]. گل‌راعی یا علف چای[1] گیاهی علفی و پایا از خانواده هیپریکاسه[2] می‌باشد. این گیاه دارویی در ترمیم زخم‌ها، بیماری‌های عصبی مانند سیاتیک، بیماری‌های عفونی مانند سفلیس، سل، اسهال خونی و سیاه‌سرفه، دفع کرم و دفع مالاریا و همچنین بیماری افسردگی نقش اساسی دارد [۲۲].

از آنجایی‌که در هر اکوسیستمی جریان انرژی در میان اجزاء آن و چرخش مواد غذایی، اساسی‌ترین فرآیندهایی است که در نهایت، پویایی مواد غذایی، کارآیی استفاده از انرژی و برخی جنبه‌های تولیدی سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد، شناسایی و مطالعه‌ی عوامل تأثیرگذار محیطی و عوامل زراعی خصوصا اثر سیستم‌های تغذیه بر کمیت و کیفیت متابولیت‌های ثانویه و روغن اسانس بسیار حائز اهمیت است [۲۳]. فسفر از جمله عناصر کلیدی به شمار می‌رود که وظایف مهمی را در گیاه به عهده دارد. اثرات فسفر روی گیاهان بسیار متنوع است. فسفر چندین نقش اساسی در گیاه ایفا می‌نماید که شامل شرکت در واکنش‌های انتقال انرژی به واسطه‌ی ATP، فتوسنتز، تغییر شکل قند و نشاسته و انتقال خصوصیات ژنتیکی از یک نسل به نسل دیگر می‌باشد. به علاوه فسفر می‌تواند سبب بلوغ زودرس گیاه، کاهش رطوبت دانه و بهبود کیفیت محصول شود [۲۵]. در خصوص نیاز غذایی این گیاه مطالعات متعددی انجام شده است. در پژوهشی استفاده از کود شیمیایی فسفر (۱۰۰ کیلو گرم در هکتار اکسید فسفر) و نیتروژن (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش تعداد ساقه گل‌دهنده، میزان عملکرد هیپریسین، میزان کلروفیل در گیاه دارویی گل‌راعی گردید [۵]. همچنین در مطالعه‌ای مصرف کودهای شیمیایی به میزان ۶۰ کیلوگرم نیتروژن، ۸۰ کیلوگرم اکسید فسفر و ۱۲۰ کیلوگرم اکسید پتاس در هکتار بیشترین محصول را بر اساس وزن تر در سال اول و دوم در گل‌راعی موجب شد [۲۴].

استفاده از ورمی‌کمپوست یکی دیگر از راه‌های تأمین حاصلخیزی خاک می‌باشد. ورمی‌کمپوست گروهی از کودهای زیستی می‌باشد و نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم‌های خاکی است که در نتیجه تغییر و تبدیل و هضم نسبی ضایعات آلی (کود دامی و بقایای گیاهی و غیره) در ضمن عبور از دستگاه گوارش این جانور به وجود می‌آید [۱۰]. این ماده دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و ظرفیت زیاد نگهداری آب و بدون بوی نامطبوع و عوامل بیماری‌زا می‌باشد و امروزه استفاده از آن در کشاورزی پایدار، جهت بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی متداول است [۱۲]. یکی از دلایل قابلیت جذب عناصر در ورمی کمپوست به دلیل خاصیت تامپونی این ماده است که از تغییرات بیش از حد pH در خلال جذب عناصر توسط گیاه جلوگیری نموده و همچنین اسیدهای آلی موجود در آن، عناصر غذایی موجود در خاک را (به‌خصوص عناصر میکرو نظیر آهن و غیره) از طریق کمپلکس نمودن به صورت محلول در آورده و در اختیار گیاه قرار می دهد[۴]. در رابطه با کاربرد ورمی‌کمپوست بر روی رشد و نمو گیاهان دارویی نتایج حاصل از بررسی تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و کود فسفات زیستی بر گیاه دارویی آنیسون نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه با مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست حاصل گردید [۲]. با توجه به مسائل مطرح شده فوق، هدف از اجرای این پژوهش بررسی تاثیر کود شیمیایی فسفر به همراه کود ورمی‌کمپوست بر

1 *Hypericum perforatum* L.
2. Hypericaceae

عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گل‌راعی به منظور مدیریت بوم نظام زراعی از طریق تغذیه تلفیقی گیاهی است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به صورت دوساله در مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد واقع در اتوبان تهران-قم با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. میانگین بارش سالیانه منطقه ۲۵۹ میلی‌متر در دو سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ و ۱۳۹۰-۱۳۸۹ می‌باشد. قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام گرفت که مشخصات کامل آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه

عمق (cm)	بافت	واکنش گل اشباع (pH)	نیتروژن کل Total N ٪	فسفرقابل جذب P(ava) p.p.m	پتاسیم قابل جذب K(ava) p.p.m	آهن mg/kg	روی mg/kg	مس mg/kg	منگنز mg/kg
۳۰-۰	لومی شنی	۷/۸	۰/۰۳۷	۳/۲	۱۵۰	۱/۹۶	۰/۴۸	۰/۲۲	٤/٦

جدول۲- مشخصات تجزیه ورمی کمپوست

درصد نیتروژن کل	درصد فسفر	درصد اکسید پتاسیم	درصد کلسیم	درصد منیزیم	آهن mg/kg	روی mg/kg	مس mg/kg	منگنز mg/kg	درصد کربن آلی	نسبت کربن به نیتروژن (C/N)
۱/٦۹	۱/٦۷۵	۱/۸۷۲	۳/۹۷٤	۰/۷۳۷	٦۸۰۰	۱۹٤/۵	۳۹	٦۵٦۲	۳۹	۲۰

آزمایش مزرعه‌ای در دو سال رشد گیاه اجرا گردید. در این طرح عامل کود شیمیایی فسفر که شامل ۴۶ درصد سوپر فسفات تریپل در سه سطح (P_1=۰، P_2=۱۰۰ و P_3=۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل ورمی‌کمپوست در سه سطح (V_1=۰، V_2=۵ و V_3=۱۰ تن در هکتار) مورد استفاده قرار گرفت. از ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این آزمایش نمونه‌ای تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید و مشخصات تجزیه ورمی‌کمپوست در جدول ۲ ارائه شد. در این تحقیق از بذور خارجی اصلاح شده رقم زراعی به نام توپاز استفاده گردید. بذور این رقم از مرکز پاکان بذر اصفهان تهیه شد. کشت به صورت غیرمستقیم و با استفاده از خزانه هوای آزاد صورت گرفت. به منظور اجرای آزمایش عملیات تهیه زمین در اسفند ماه با مناسب شدن شرایط اقلیمی انجام گرفت. پس از تسطیح زمین اقدام به کرت‌بندی به ابعاد ۲×۳ گردید که هر کرت دارای شش ردیف کشت و فاصله بوته از یکدیگر ۵۰×۲۰ سانتی‌متر با تراکم ۱۰ بوته در متر مربع بود [۹]. پس از انتقال نشاها در اواخر اسفند ماه، آبیاری براساس خصوصیات اقلیمی و

خاکی و براساس محاسبه نیاز آبی گیاه صورت گرفت و وجین به‌صورت دستی انجام شد. برداشت محصول در هفته اول تیر در زمانی که ۸۰ درصد بوته‌ها به گل رفتند، از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک انجام شد و سپس سرشاخه گلدار برداشت شده از هر کرت توزین گردید و نمونه‌های برداشت شده در سایه و در دمای محیط (۲۵ تا ۳۰ سانتی‌گراد) به مدت سه روز خشک گردید. استخراج هیپریسین با استفاده از سوکسله و اندازه‌گیری آن براساس قوانین بیر و لامبرت با اسپکتروفتومتر ماورای بنفش انجام شد. در این روش شستشوی کلروفیل و استخراج هیپریسین به ترتیب با کلروفرم و متانول صورت گرفت. سپس، میزان جذب هیپریسین در طول موج ۵۹۰ نانومتر مشخص گردید [۲۰، ۲۱]. روش کار به این صورت است که ابتدا مقدار دو گرم از سرشاخه‌های گلدار پودر شدند. سپس در سوکسله با کلروفرم شستشو داده شد تا کلروفیل آن حذف گردد. پس از آن با متانول اقدام به استخراج عصاره گردید. عصاره‌های تهیه شده را به حجم ۱۰۰cc رسانده شد و سپس تا حدی که میزان جذب آن در دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Spectro Direct کمپانی Lovibond) بین ۰/۲ و ۱ باشد، رقیق گردید و با استفاده از رابطه زیر میزان هیپریسین هر نمونه در طول موج ۵۹۰ نانومتر تعیین شد [۲۰، ۲۱].

رابطه ۱ $$C = \frac{E590 \times 100}{718 \times g}$$

در این رابطه، C میزان هیپریسین، E590 مقدار جذب در طول موج و g وزن خشک نمونه است. عملکرد هیپریسین نیز از حاصل‌ضرب عملکرد سرشاخه گلدار در میزان هیپریسین به‌دست آمد. همچنین شاخص برداشت سرشاخه گلدار از نسبت عملکرد سرشاخه گلدار بر عملکرد زیستی محاسبه گردید. اطلاعات حاصل، از طریق برنامه‌های آماری SAS (نسخه ۹/۱) و MSTAT-C 2.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

براساس نتیجه تجزیه واریانس، عامل کود شیمیایی فسفر در سطح یک درصد و عامل کود ورمی‌کمپوست و همچنین اثر متقابل این دو عامل بر میزان ارتفاع بوته در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین بین سطوح مختلف کود شیمیایی فسفر نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع بوته در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (۴۹/۶۶ سانتی‌متر) حاصل گردید. در مقایسه میانگین بین سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست، بیشترین ارتفاع در تیمار پنج تن ورمی‌کمپوست در هکتار (۵۶/۵۶ سانتی‌متر) به دست آمد که با تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین در مقایسه میانگین اثر متقابل کود شیمیایی فسفر و کود ورمی‌کمپوست بین تیمارهای مختلف از نظر ارتفاع اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی همه‌ی تیمارها با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴). در تحقیقی روی گیاه دارویی بابونه ملاحظه شد که مصرف ورمی کمپوست توانست ارتفاع بوته و عملکرد این گیاه را به طرز بارزی افزایش دهد [۶]. نتایج تحقیقات بر روی گیاه دارویی رازیانه [۱] و بر گیاه دارویی آنیسون [۲] نیز مبین همین مطلب است. غلظت فسفر معدنی در برگ بر روی فتوسنتز، چرخه کالوین، آنزیم‌های مورد نیاز و سطح فعالیت آن‌ها موثر است. بنابراین، در پژوهش‌های مختلف مشخص شده است که کمبود فسفر کارائی فتوسنتز را در محصولات زراعی کاهش می‌دهد [۲۸]. در نتیجه فسفر از طریق اثر روی فتوسنتز باعث افزایش رشد و ارتفاع بوته گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی صفات کمی و کیفی گل‌راعی تحت تأثیر ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی فسفر در تجزیه مرکب دو سال آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	عملکرد سرشاخه گلدار	عملکرد بیولوژیک	عملکرد هیپریسین	شاخص برداشت سرشاخه گلدار
سال	۱	۴۲۰۳۷/۴۶**	۱۰۸۶۲۳۱۱/۲**	۱۰۴۴۷۵۵۰۶/۴**	۲۳۹۲۹۹/۱۸**	۷۸۷/۳۹**
تکرار در سال (خطایa)	۴	۵۴/۸۶	۵۲۴۶۹/۰۲	۲۸۳۲۴۱	۲۳۸۴/۴۲	۴۵/۵۲
فسفر	۲	۵۷/۴۷**	۲۹۷۷۴۸۰/۸۴**	۵۷۲۳۹۹۷/۳**	۴۱۵۶۶/۷۲**	۴۴۳/۵۱**
ورمی‌کمپوست	۲	۴۱/۰۳*	۱۳۴۲۰۱۶/۶۸**	۷۳۶۱۲۷۶/۵**	۸۶۱۶۵/۶۹**	۰/۲۹۵^{ns}
ورمی‌کمپوست× فسفر	۴	۳۲/۲۷*	۲۰۵۱۵۲/۴۴*	۳۵۶۵۰۱۶/۱**	۱۵۷۱۵/۰۳**	۱۲۰/۱۷*
فسفر× سال	۲	۲۰/۲^{ns}	۱۱۰۶۷۲۹/۴۹**	۱۲۲۸۳۱۱/۷**	۲۱۰۰۶/۲۷**	۱۵۸/۳۶*
ورمی‌کمپوست ×سال	۲	۱۵/۵۱^{ns}	۶۸۲۳۷۶/۲۶**	۳۶۱۰۴۲۶/۱**	۶۷۲۳۰/۰۸**	۴۹/۴۱^{ns}
فسفر× ورمی‌کمپوست× سال	۴	۱۳/۴۹^{ns}	۹۱۲۶۴/۰۴^{ns}	۵۹۷۸۶۶/۹^{ns}	۵۱۳۱/۴۵^{ns}	۱۶۷/۱۹**
خطای b	۳۲	۱۱/۵۳	۶۲۳۶۴/۶	۲۴۹۷۵۷/۸	۲۶۴۵/۴۶	۴۷/۳۴
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۱۳	۱۶/۸	۱۵/۵۶	۲۰/۵	۱۵/۰۳

ns، * و ** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر ساده و متقابل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست در تجزیه مرکب دوسال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ بر ارتفاع بوته و عملکرد سرشاخه گلدار

تیمارهای کودی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)			عملکرد سرشاخه گلدار(کیلوگرم در هکتار)		
	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	تجزیه مرکب دو سال	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	تجزیه مرکب دو سال
میزان فسفر(کیلوگرم در هکتار)						
صفر	۳۱/۰۹ b	۶۲/۲۱ ab	۴۶/ ۶۵b	۹۹۲/۵۶ b	۱۴۲۴/۲ b	۱۲۰۸/۳۷ b
۱۰۰	۳۲/۷۸ ab	۶۰/۱۹ b	۴۶/۴۹ b	۸۷۴/۳۳ b	۱۷۱۵/۱ b	۱۲۹۴/۶۹ b
۲۰۰	۳۴/۱۳ a	۶۵/۱۸ a	۴۹/۶۶ a	۱۲۴۲/۶۷ a	۲۶۶۱/۳ a	۱۹۵۲ a
میزان ورمی‌کمپوست (تن در هکتار)						
صفر	۳۰/۵۲ b	۶۱/۳ a	۵۰/۹۲ b	۸۷۱/۴۴ b	۱۴۹۹/۶ c	۱۱۸۵/۵۳ c
۵	۳۴/۲ a	۶۱/۹۳ a	۵۶/۵۶ a	۱۱۸۹/۷۸ a	۱۹۰۹/۱ b	۱۵۴۹/۴۲b
۱۰	۳۳/۲۸a	۶۴/۳۶a	۵۳/۲۸ab	۱۰۴۸/۳۳a	۲۳۹۱/۹a	۱۷۲۰/۱۲ a
کود فسفره و ورمی‌کمپوست						
صفر کیلوگرم × صفر تن	۲۶/۸۳c	۵۷/۳۷ b	۴۲/۱ b	۵۲۶ e	۹۹۴/۸۳e	۷۳۵/۴۱ e
صفر کیلوگرم × ۵ تن	۳۲/۷۷ ab	۶۲/۵۸ ab	۴۷/۶۷ a	۱۲۴۰/۳۳ ab	۱۳۱۳/۳۳ ed	۱۲۷۶/۸۳ cd
صفر کیلوگرم× ۱۰ تن	۳۳/۶۷ ab	۶۶/۶۷ a	۵۰/۱۷ a	۱۲۱۱/۳۳ ab	۲۰۱۴/۳۷ bc	۱۶۱۲/۸۵ b

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر ساده و متقابل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست در تجزیه مرکب دوسال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ بر ارتفاع بوته و عملکرد سرشاخه گلدار

تیمارهای کودی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)			عملکرد سرشاخه گلدار(کیلوگرم در هکتار)		
	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	تجزیه مرکب دو سال	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	تجزیه مرکب دو سال
۱۰۰ کیلوگرم × صفر تن	۳۰/۶۷ a	۶۲/۸۵ ab	۴۶/۷۶ a	۹۹۶ b-d	۱۳۳۰ ed	۱۱۶۳ d
۱۰۰ کیلوگرم× ۵ تن	۳۵ a	۵۷/۶۱ b	۴۶/۳۱ a	۸۸۴ cd	۱۵۷۶/۱۷ cd	۱۲۳۱/۵۸ cd
۱۰۰ کیلوگرم× ۱۰ تن	۳۲/۶۷ ab	۶۰/۱۲ ab	۴۶/۳۹ a	۷۴۳ ed	۲۲۳۶ b	۱۴۸۶/۵ bc
۲۰۰ کیلوگرم× صفر تن	۳۴/۰۷ ab	۶۳/۶۷ ab	۴۸/۸۷ a	۱۰۹۲/۳۳ bc	۲۲۲۴ b	۱۶۵۸/۱۷ b
۲۰۰ کیلوگرم× ۵ تن	۳۴/۸۳ ab	۶۵/۵۸ ab	۵۰/۲۱ a	۱۴۴۵ a	۲۸۳۴/۶۷ a	۲۱۳۹/۸۳ a
۲۰۰ کیلوگرم × ۱۰ تن	۳۳/۵ ab	۶۶/۳۳ a	۴۹/۹ a	۱۱۹۰/۶۷ a-c	۲۹۲۵/۳۳ a	۲۰۵۸ a

در ستون مربوط به هر عامل حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

عملکرد سرشاخه گلدار

نتایج به‌دست آمده از آزمایش، بیانگر آن بود که عامل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست به تنهایی در سطح یک درصد و اثر متقابل این دو عامل در سطح پنج درصد بر میزان عملکرد سرشاخه گلدار در هکتار معنی‌دار شد (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست بیشترین میزان عملکرد سرشاخه گلدار در تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفر به همراه پنج تن ورمی‌کمپوست در هکتار (۲۱۳۹/۸۳ کیلوگرم در هکتار) و ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفره به همراه ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار (۲۰۵۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان در شاهد به‌دست آمد. میزان عملکرد سرشاخه گلدار در دو تیمار فوق نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۹۰/۸ و ۱۷۳/۱۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴). مصرف ورمی‌کمپوست از طریق بهبود خواص بیولوژیک خاک مانند افزایش بیوماس میکروبی و عرضه پایدار عناصر غذایی پرمصرف نظیر فسفر و نیز وجود تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در ورمی‌کمپوست می‌تواند موجب بهبود رشد و نمو و عملکرد گردد [۱۵]. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج تحقیقات روی گیاه دارویی رازیانه [۱] و آنیسون [۲] مطابقت دارد. در این آزمایش مصرف توأم کود ورمی‌کمپوست به همراه کود فسفر باعث افزایش عملکرد سرشاخه گلدار در این گیاه گردید. در همین راستا در آزمایشی مصرف توأم کود دامی و فسفر طی چهار سال اجرای طرح سبب حداکثر افزایش در قابلیت استفاده از فسفرخاک، غلظت فسفر در گیاه و عملکرد محصول نسبت به شاهد شد [۳].

عملکرد زیستی

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس، بیانگر آن است که عامل کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی فسفر به تنهایی و اثر متقابل این دو عامل در سطح یک درصد بر میزان عملکرد زیستی معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست نشان داد که بیشترین و کمترین میزان عملکرد زیستی به ترتیب در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۳۷۹۳/۳ کیلوگرم در هکتار) و تیمار شاهد (۲۵۱۸/۱ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. در مقایسه میانگین بین سطوح مختلف کود

شیمیایی فسفر بیشترین میزان عملکرد زیستی در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (۳۸۵۲ کیلوگرم در هکتار) حاصل گردید. همچنین در مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل، بیشترین میزان عملکرد زیستی مربوط به تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفره همراه با پنج و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست بدون مصرف کود فسفر و کمترین مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثر ساده و متقابل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست در تجزیه مرکب دوسال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ بر عملکرد هیپریسین و عملکرد زیستی

تیمارهای کودی	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)			عملکرد هیپریسین (گرم در هکتار)		
	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	تجزیه مرکب دو سال	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	تجزیه مرکب دو سال
میزان فسفر(کیلوگرم در هکتار)						
۰	۱۷۴۰/۸ b	۴۱۸۸/۷ b	۲۹۶۴/۷ b	۱۳۱/۷۲ a	۲۲۶/۱۶ b	۱۷۸/۹۴ b
۱۰۰	۱۵۵۳/۶ b	۴۰۶۷/۴ b	۲۸۱۰/۵ b	۱۲۲/۴۲ a	۲۱۵/۳۷ b	۱۶۸/۹ b
۲۰۰	۲۱۶۳/۲ a	۵۵۴۷/۲ a	۳۸۵۵/۲ a	۱۵۰/۶۸ a	۳۶۲/۷۱ a	۲۵۶/۷ a
میزان ورمی‌کمپوست (تن در هکتار)						
۰	۱۵۱۰/۴ b	۳۵۲۵/۹ c	۲۵۱۸/۱ c	۱۰۴/۳۱ b	۱۵۷/۰۶ c	۱۳۰/۶۸ c
۵	۲۰۵۱/۲ a	۴۶۱۴/۹ b	۳۳۳۳b	۱۶۸/۴۹ a	۲۴۱/۳۶ b	۲۰۴/۹۲ b
۱۰	۱۸۹۶a	۵۶۶۲/۶a	۳۷۷۹/۳ a	۱۳۲/۰۳a	۴۰۵/۸۳a	۲۶۸/۹۳a
کود فسفره و ورمی‌کمپوست						
صفر کیلوگرم × صفر تن	۸۱۱/۲ f	۲۱۹۵ c	۱۵۰۳/۱ c	۶۶/۶۱d	۱۲۷/۶۱ c	۹۷/۱۱ f
صفر کیلوگرم × ۵ تن	۲۰۹۲/۸ bc	۳۷۹۸/۷ b	۲۹۴۵/۷ b	۱۷۱/۸۸ ab	۱۸۶/۸۵ c	۱۷۹/۳۶ de
صفر کیلوگرم× ۱۰ تن	۲۳۱۸/۴ ab	۶۵۷۲/۳ a	۴۴۴۵/۴ a	۱۵۶/۶۸ a-c	۳۶۴/۰۴ b	۲۶۰/۳۶ bc
۱۰۰ کیلوگرم × صفر تن	۱۷۹۰/۴ cd	۳۷۴۷/۳ b	۲۷۶۸/۹ b	۱۳۹/۷۷ a-c	۱۸۲/۳۲ c	۱۶۱/۰۵ d-f
۱۰۰ کیلوگرم× ۵ تن	۱۵۶۰ ed	۴۱۶۹b	۲۸۶۴/۵ b	۱۳۰/۴۳ b-d	۱۵۰/۹ c	۱۴۰/۶۷ d-f
۱۰۰ کیلوگرم× ۱۰ تن	۱۳۱۰/۴ e	۴۲۸۶ b	۲۷۹۸/۲ b	۹۷/۰۷ cd	۳۱۲/۸۹ b	۲۰۴/۹۸ cd
۲۰۰ کیلوگرم× صفر تن	۱۹۲۹/۶ c	۴۶۳۵/۳ b	۳۲۸۲/۵ b	۱۰۶/۵۴ b-d	۱۶۱/۲۵ c	۱۳۳/۹ ef
۲۰۰ کیلوگرم× ۵ تن	۲۵۰۰/۸ a	۵۸۷۷ a	۴۱۸۸/۹ a	۲۰۳/۱۶ a	۳۸۶/۳۲ b	۲۹۴/۷۴ ab
۲۰۰ کیلوگرم × ۱۰ تن	۲۰۵۹/۲ bc	۶۱۲۹/۳ a	۴۰۹۴/۳ a	۱۴۲/۳۵ a-c	۵۴۰/۵۶ a	۳۴۱/۴۶ a

در ستون مربوط به هر عامل حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

احتمالاً خواص شیمیایی و فیزیکی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد [۱۴] و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها باعث افزایش تجمع نیتروژن توسط گیاه می‌شود [۱۳] و افزایش نیتروژن دلیل افزایش رشد گل‌راعی است. فسفر به عنوان یکی از عناصر مورد نیاز گیاه سبب افزایش ماده خشک می‌شود. زیرا، این عنصر با تنظیم هورمون های

گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد [۱۱]. در واقع کود شیمیایی فسفر موجب افزایش مقدار ریشه در گیاه، استقامت اندام هوایی، زودرسی و افزایش عملکرد می‌شود [۴]. بنابراین، گیاه گل‌راعی در اثر مصرف کود فسفره دارای حجم رویشی بالاتر و در نتیجه عملکرد زیستی بیشتر خواهد بود، در همین رابطه نتایج مشابهی در گیاه دارویی بابونه به دست آمد [۷].

عملکرد هیپریسین

نتایج به‌دست آمده از آزمایش نشان داد که عامل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست به تنهایی و اثر متقابل این دو عامل در سطح یک درصد بر میزان عملکرد هیپریسین در هکتار معنی‌دار شد (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست بیشترین میزان عملکرد هیپریسین در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر به همراه ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار (۳۴۱/۴۶ گرم در هکتار) و کمترین میزان در تیمار شاهد (۹۷/۱۱ گرم در هکتار) به دست آمد. میزان عملکرد هیپریسین در تیمار مذکور نسبت به تیمار شاهد ۲۵۱/۸۲ درصد افزایش یافت (جدول ۵). با توجه به اینکه در گل راعی، گل‌ها از مهمترین اندام‌های دارای هیپریسین هستند [۲۶] و همچنین گزارشی در مورد تاثیر عناصر ماکرو بر متابولیسم های بیوسنتزی فلاونوئیدها وجود ندارد. پس افزایش در نسبت اندام ذخیره کننده و سازنده هیپریسین (افزایش عملکرد سرشاخه گلدار) از مهمترین راه‌های افزایش هیپریسین و بهبود کیفیت این محصول هستند. در واقع فسفر بر میزان هیپریسن تاثیری نداشته است و افزایش عملکرد هیپریسین ناشی از افزایش عملکرد سرشاخه گلدار است. در همین راستا در بررسی اثر نیتروژن و فسفر هر یک با مقادیر مشخص صفر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بر تولید ترکیبات شیمیایی ارقام Anthos, Elixir Standard, Topas نشان داد که با تامین این دو ماده شیمیایی، میزان هیپریسین اندکی افزایش یافت و اختلاف معنی‌دار نبود [۱۶]. در پژوهشی روی گیاه دارویی درمنه نتایج بیانگر آن بود که مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای گیاهی موجب بهبود قابل ملاحظه گلدهی این گیاه دارویی در مقایسه با شاهد گردید. به نظر می‌رسد که به کارگیری ورمی‌کمپوست از طریق کنترل آفات و بیماری‌های خاکزی و بهبود واکنش‌های حیاتی مفید در خاک و نیز احتمالاً جذب آب و عناصر غذایی، باعث افزایش رشد و نمو و گلدهی گیاه شده است [۲۷]. همچنین، گزارش شده است که بهبود عملکرد ماده موثره در این گیاه ناشی از افزایش ماده خشک حاصل از مصرف ورمی‌کمپوست بود [۲۷].

شاخص برداشت سرشاخه گلدار

نتایج به‌دست آمده از آزمایش نشان داد که عامل کود شیمیایی فسفر در سطح یک درصد و اثر متقابل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست در سطح پنج درصد بر میزان شاخص برداشت سرشاخه گلدار معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین سطوح مختلف کود شیمیایی فسفر نشان داد که بیشترین میزان شاخص برداشت سرشاخه گلدار در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (۵۱/۵۱ درصد) حاصل گردید. همچنین در مقایسه میانگین اثر متقابل دو عامل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست بیشترین میزان شاخص برداشت سرشاخه گلدار مربوط به تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفره همراه با پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست (۷۸/۵۲ درصد) و ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر بدون مصرف ورمی‌کمپوست (۵۴/۵۱ درصد) بود (جدول ۶). استفاده از کود شیمیایی فسفر و کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش درصد شاخص برداشت سرشاخه گلدار گردید. در تفسیر این موضوع باید به این نکته توجه کرد که شاخص برداشت بالا زمانی قابل

قبول می‌باشد که حاصل از افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه یا افزایش سهم عملکرد اقتصادی و یا هر دو آن‌ها باشد [۸]. بنابراین، باید شاخص برداشت را همراه با عملکرد زیستی و عملکرد سرشاخه گلدار مورد بررسی قرار داد. با توجه به این موضوع استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر همراه با پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست باعث افزایش شاخص برداشت سرشاخه گلدار گل‌راعی گردید. افزایش شاخص برداشت در تیمارهای کودی را می‌توان به دلیل دسترسی بهتر مواد غذایی ضروری در گل‌راعی ذکر کرد که منجر به رشد بهتر و در نتیجه تولید بیشتر می‌شود و این باعث بزرگ شدن عملکرد اقتصادی گیاه شده است. در تحقیقی روی گیاه دارویی نعناع نتایج نشان داد که مهمترین عامل خارجی که باعث تغییرات در شاخص برداشت می‌شوند، تغییرات در سطح کودی می‌باشد [۱۸].

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های اثر ساده و متقابل کود شیمیایی فسفر و ورمی‌کمپوست در تجزیه مرکب دوسال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ بر درصد شاخص برداشت سرشاخه گلدار

سطوح تیمارهای کودی	شاخص برداشت سرشاخه گلدار (درصد)		
	سال اول	سال دوم	تجزیه مرکب دو سال
میزان فسفر(کیلوگرم در هکتار)			
صفر	۴۹/۸۹ ab	۳۶/۰۲ c	۴۲/۹۶ b
۱۰۰	۴۳/۸۹ b	۴۱/۸۳ b	۴۲/۸۶ b
۲۰۰	۵۵ a	۴۸/۰۱ a	۵۱/۵۱ a
کود فسفر و ورمی‌کمپوست			
صفر کیلوگرم × صفر تن	۴۳/۳۳ab	۴۳/۵۳ bc	۴۳/۹۳ bc
صفر کیلوگرم × ۵ تن	۵۲/۳۳ ab	۳۴/۰۷ de	۴۳/۲ bc
صفر کیلوگرم× ۱۰ تن	۵۳ ab	۳۰/۴۷ e	۴۱/۷۳ bc
۱۰۰ کیلوگرم × صفر تن	۴۳ b	۳۵/۴ de	۳۹/۲ c
۱۰۰ کیلوگرم× ۵ تن	۴۴ ab	۳۷/۸۳ cd	۴۰/۹۱ bc
۱۰۰ کیلوگرم× ۱۰ تن	۴۴/۶۶ ab	۵۲/۲۷ a	۴۸/۴۶ ab
۲۰۰ کیلوگرم× صفر تن	۶۱ a	۴۸/۰۳ ab	۵۴/۵۱ a
۲۰۰ کیلوگرم× ۵ تن	۵۷/۳۳ ab	۴۸/۲۳ ab	۵۲/۷۸ a
۲۰۰ کیلوگرم × ۱۰ تن	۴۶/۶۶ ab	۴۷/۷۷ ab	۴۷/۲۱ a-c

در ستون مربوط به هر عامل حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین میانگین تیمارها می‌باشند.

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد کود شیمیایی فسفر به همراه ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار عملکرد سرشاخه گلدار، عملکرد هیپریسین، عملکرد بیولوژیک و درصد شاخص برداشت سرشاخه گلدار در گل‌راعی گردید. با توجه به اینکه قسمت اعظم فسفر مصرفی در خاک‌های آهکی تثبیت

می‌شود. مواد آلی می‌تواند به صورت پوششی محافظ در اطراف ذرات کود یا به عنوان پیونددهنده فسفر در محل-های تبادل آنیونی و یا از طریق واکنش با فسفر و تشکیل ترکیبات فسفات آلی عمل نماید که در تمامی این حالات قابلیت استفاده فسفر برای گیاه افزایش یافته و آزاد سازی تدریجی فسفر در محلول خاک وجود خواهد داشت [۱۷]. با توجه به موارد فوق از آنجایکه در این آزمایش خاک لومی شنی و pH=۷/۸ است و میزان فسفر آن پایین است، احتمال تثبیت فسفر بسیار بالا است. لذا به منظور افزایش کارایی استفاده از فسفر، کاربرد منابع آلی به همراه کودهای شیمیایی در مدیریت حاصلخیزی خاک مناسب‌تر از کاربرد کودهای شیمیایی است. همچنین به نظر می‌رسد مخلوط کود شیمیایی و ورمی کمپوست به دلیل ترکیب مناسب عناصر مورد نیاز این گیاه و بهبود کیفیت فیزیکی و بیولوژیک خاک، ضمن حفظ سلامت محصول قادر است بیشترین میزان رشد و عملکرد را تولید نماید.

منابع

۱. درزی م ت. قلاوند ا. سفیدکن ف. و رجالی ف (۱۳۸۷) تاثیر کاربرد میکوریزا، ورمی‌کمپوست و کود فسفات زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۴(۴): ۴۱۳-۳۹۶.

۲. درزی م ت.، حاج سید هادی م ر. و رجالی ف (۱۳۸۹) تاثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و کود فسفات زیستی برعملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۶(۴): ۴۶۵-۴۵۲.

۳. زلفی باوریانی م. و نوروزی م (۱۳۸۹) تاثیر ماده آلی بر بازیابی فسفر باقی مانده در یک خاک آهکی. علوم آب و خاک. ۱۴(۵۲):۸۷-۹۷.

۴. سماوات س. پازکی ع ر. لادن مقدم ع ر. و سماوات س (۱۳۸۷) اصول کاربردی مواد آلی در کشاورزی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار.ص۱۴۴

۵. عزیزی م. و امید بیگی ر (۱۳۸۰) بررسی اثرات مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر بر رشد و نمو، عملکرد و میزان ماده موثر هیپریسین در گل راعی. پژوهش و سازندگی. ۳۲ (۴): ۷۲۵-۷۱۹.

۶. عزیزی م. رضوانی ف. خیاط م ح. لکزیان ا. و نعمتی ح (۱۳۸۷) بررسی تأثیر سطوح متفاوت ورمی‌کمپوست و آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیکی و میزان اسانس بابونه آلمانی رقم گورال. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۴(۱): ۹۳-۸۲.

۷. علیجانی م. امینی‌دهقی م. مدرس‌ثانوی ع م. و محمدرضایی س (۱۳۸۹) تاثیر مقادیر نیتروژن و فسفر بر عملکرد، اجزا عملکرد و درصد اسانس بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۶(۱): ۱۱۳-۱۱۰.

۸. کوچکی ع. و سرمدنیا غ ح (۱۳۸۵) فیزیولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران.

۹. لباسچی م ح. قلاون ا. ابوالقاسمی م. امین غ. و حیدری شریف آبادی ع (۱۳۸۰) تاثیرکودهای آلی وشیمیایی و تراکم بر عملکرد و مواد موثر گل راعی. مجله‌ی پژوهش و سازندگی. ۵۱ (۲):۱۸-۲۴

۱۰. ملکوتی ج (۱۳۷۵) کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش ترویج کشاورزی، ص۷۹.

۱۱. ولدآبادی ع. لباسچی م ح و علی‌آبادی فراهانی ح (۱۳۸۸) تأثیر قارچ میکوریز آربوسکولار (AMF)، کود P_2O_5 و دور آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد

گشنیز(*Cariandrum sativum* L.). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۵(۳): ۴۲۸-۴۱۴.

12. Arancon N, Edwards A, Dierman P, Welch C and Metzger JD (2004_a) Influences of Vermicomposts on field Strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology. 93:145-153.
13. Arancon NQ, Edwards CA, Atieyh RM. and Metzger JD (2004_b) Effect of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Brioresource Technology. 93: 139-143.
14. Arancon NQ, Galvis PA. and Edwards A (2005) Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioresource Technology. 96(10): 1137-1142
15. Arancon NQ, Edwards C A, Lee S and Byrne R (2006b) Effects of humic acids from Vermicomposts on plant growth. European Journal of Soil Biology. 42: 65-69.
16. Barl B, Dragland S and Salamon I (2002) The effect of Soil Nutrients on the Phytochemical Profile of Nutraceutical Crops. Proceedings of the Symposium on Fertilizing Crops for Functional Food. 11-13 November. www.ppi-ppic.org /ppiweb/ filelib.Nsf.
17. Bruce R C (1980) Availability of residual phosphorus fertilizer in two soils of coastal lowland, south east of Queensland. Trop. Grassl. 14: 6-13.
18. Bernath J (1993) Wild and cultivated medicinal plants Mezo. pub Budapest. pp 566.
19. Bernath J (2000) Medicinal and aromatic plants. (In Hungarian). Mezo. Publ. Budapest. pp 667.
20. Braunewell H (1991) Okologische, ontogenestische und morphogenetische Einflusse aufdes Doktotgrades. Universitiat Giesen. 252p.
21. Berghofer R and Holzl J (1987) Biflavonoids in *Hypericum perforatum* L. Planta Medica. 53: 216- 217.
22. Goldstein AH, Braverman K and Osorio N (1999) evidence for mutualism betweena a plant growing in a phosphate–limited desert environment and a mineral phosphate solubilizing (MPS) bacterium. FEMS Microbiological Ecology. 3:295-300.
23. Halcon A and Linda L (2002) Aromatherapy Therapentic applications of plant essential oils. Minnesota Medicine. Nov. 7.85.
24. Kalbasi M, Filsoot F and Rezainejad Y (1988) Effect of sulfur treatments on yield and uptake of Fe and Mn by corn, sorghum and soybeans. Plant Nutrition. 11: 1353- 1360.
25. 25- Kim KK, Jordan D and Mac Donald GA (1989) Entro bacter agglomerans, phosphate solublizing bacterial activity in soil: effect of carbon sources. Soil Biology and Biology and Biochemistry. 89: 995-1003.
26. Lai F, Wissing SA, Müller RH and Fadda AM (2006) *Artemisia arborescens* L. essential oil-loaded solid lipid nanoparticles for potential agricultural application: Preparation and characterization. AAPS Pharmaceutical Science and Technology. 7(1): E10-E18.
27. Palevitch D (1987) Recent advances in cultivation of medicinal plants. Acta Horticulture. No 208. 29-34.
28. Pandey R (2005) Mangement of *Meloidogyne incognita* in *Artemisia pallens* with bio organics. Phytoparasitica. 33(3): 304-308.
29. Wissuwa M. Gamat G and Ismail AM (2005) Is root growth under phosphorus deficiency affected by source or sink limitation. Journal of Experimental Botany 56: 1943-1950.