

اثرات کود مرغی و کود پتاسیمی بر عملکرد و جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و مس در سیب‌زمینی

علیرضا یزدان‌پناه^{۱*}، رحیم مطلبی‌فرد^۲

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۱۵)

چکیده

استفاده از کودهای آلی می‌تواند در افزایش عملکرد محصولات مختلف کشاورزی و نیل به کشاورزی پایدار مؤثر باشد. این پژوهش به منظور بررسی اثر کود مرغی و کود پتاسیمی بر عملکرد و جذب برخی عناصر غذایی توسط سیب‌زمینی به صورت آزمایش فاکتوریل، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، به مدت ۲ سال در ایستگاه تحقیقاتی تجرک استان همدان اجرا گردید. تیمارهای کود مرغی در ۴ سطح (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) و کود پتاسه در ۳ سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع سولفات پتاسیم بودند. در مرحله گلدهی با تهیه نمونه و برداشت بخش هوایی، عملکرد و غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی، و بعد از برداشت نیز عملکرد و غلظت عناصر غذایی غده تعیین شد. نتایج ادغام شده دو سال آزمایش نشان داد که اثر اصلی کود مرغی بر عملکرد غده و بخش هوایی سیب‌زمینی و غلظت عناصر غذایی آن معنی‌دار بود. اثر اصلی سولفات پتاسیم فقط بر غلظت مس و روی بخش هوایی و غده معنی‌دار بود و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بیشترین غلظت عناصر غذایی روی (Zn) و مس (Cu) را در غده و بخش هوایی سیب‌زمینی ایجاد نمود. با مصرف ۵ تن در هکتار کود مرغی، بیشترین مقدار عملکرد غده سیب‌زمینی به میزان ۴۴/۷۱ تن در هکتار به دست آمد. بیشترین غلظت عناصر غذایی غده و بخش هوایی و بیشترین عملکرد بخش هوایی سیب‌زمینی نیز در تیمار مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی مشاهده شد. در این تیمار غلظت روی و مس غده به ترتیب ۳۵/۲۹ و ۲۹/۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن ماده خشک و عملکرد غده ۲۷/۵۱ تن در هکتار بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط خاک‌های مشابه با خاک این پژوهش، مصرف ۵ تن در هکتار کود مرغی می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش عملکرد غده داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: جذب عناصر غذایی، سیب زمینی، کود پتاسیمی، کود مرغی

۱- مربی پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران (مکاتبه کننده)

۲- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

*- پست الکترونیک: Yazdanpanah2@yahoo.com

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) از محصولات است که از نظر ارزش غذایی و نیز سطح زیر کشت در استان همدان از اهمیت بالایی برخوردار است. طبق آمار نامه سازمان جهاد کشاورزی استان همدان در سال ۱۳۹۱، استان همدان دارای حدود ۲۶۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت سیب زمینی با میانگین عملکرد ۴۰ تن در هکتار می‌باشد که حاصل مصرف بذر خوب و مدیریت صحیح مزرعه می‌باشد. این در حالی است که با رعایت تغذیه متعادل و بهینه، می‌توان به عملکردهای بالاتر نیز دست پیدا کرد.

سیب‌زمینی برای رشد و نمو خود نیازمند خاک‌های با ساختمان مناسب و نفوذ پذیری خوب و مواد آلی زیاد می‌باشد (Malakouti & Bybordi, 2001). این محصول یکی از منابع عمده غذایی انسان است که به دلیل داشتن نشاسته (حدود ۲۰ درصد)، پروتئین (حدود ۹ درصد) و سهولت افزایش تولید آن، توجه بیشتری را می‌طلبد. لذا با توجه به این مشخصات، سیب زمینی به عنوان یک ماده غذایی اصلی و پرارزش شناخته شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه سیب زمینی از نظر تولید و ارزش اقتصادی در تولیدات کشاورزی کشور چهارمین مقام را دارا می‌باشد و به دلیل سازگاری بالای آن با شرایط آب و هوایی مختلف، کاشت آن در تمام دنیا مرسوم شده است از این رو شاهد تقاضای روز افزون این ماده غذایی هستیم. با توجه به تقاضا و ارزش غذایی این محصول، مساحت قابل توجهی از اراضی کشور به کشت سیب زمینی اختصاص داده شده است. ولی تولید این محصول با مشکلات فراوانی از جمله عدم در نظر گرفتن تناوب زراعی، کشت‌های مداوم سیب زمینی در مزارع، عدم توجه کافی به تولید بذر سیب زمینی، افزایش حمله آفات و بیماری‌های گیاهی به دلیل در نظر نگرفتن تناوب زراعی و توجه کم به تغذیه متعادل و بهینه کودی مواجه است (Khavazi et al., 2014).

کود مرغی از مواد آلی متداول است که به‌طور فراوان در کشت سیب‌زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در پژوهش‌های متعددی اثر کود مرغی بر عملکرد محصولات مختلف گزارش شده است. در تحقیقی توسط زندیان و همکاران (Zandian et al., 2012)، مشاهده شد که اثر کود مرغی بر روی تمام صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی در منطقه کرمانشاه بسیار معنی‌دار بود. با مصرف کود مرغی افزایش عملکرد ذرت توسط

کوپرباند و همکاران (Cooperband, et al., 2002) و در سیب‌زمینی توسط افشار و افشارمنش (Afshar & Afsharmanesh, 2011) بیش از سایر تیمارها گزارش شده است. در این مطالعه بیشترین عملکرد سیب‌زمینی از تیمار ۱۵ تن در هکتار کود مرغی (۲۷/۵۴ تن در هکتار) گزارش شد، در حالی که کمترین عملکرد از تیمار بدون کود مرغی به مقدار ۲۱/۵۳ تن در هکتار به دست آمد. آنان به نقل از لالهگانی و همکاران (Lalhagani et al., 2006) بیان کردند که نتایج مشابهی در مورد اثر کود مرغی بر عملکرد سیب-زمینی به دست آمده است. در این تحقیق گزارش شد که با افزایش مصرف کود مرغی، کارایی مصرف آب افزایش پیدا کرد، ولی اثر متقابل رژیم آبیاری و کود مرغی بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نبود. کود مرغی به دلیل دارا بودن مقادیر بالای عناصر غذایی و بهبود خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، می‌تواند جذب عناصر غذایی مختلف را افزایش دهد. در تحقیقی توسط واکر و برنال (Walker & Bernal, 2008)، کود مرغی افزوده شده به خاک موجب افزایش وزن خشک بخش هوایی و غلظت سدیم (Na)، کلسیم (Ca) و نیز پتاسیم (K) قابل جذب خاک و غلظت فسفر (P) و بور (B) در بخش هوایی چغندر قند گردید مقدار نیترات در خاک‌هایی که در آنها کود مرغی مصرف شد، به طور معنی‌داری افزوده شد.

در تحقیق انجام شده توسط گوش و همکاران (Ghosh, et al., 2004)، پتانسیل کودی سه کود آلی ارزیابی گردید. این کودها شامل کود دامی، کود مرغی و فسفو کمپوست بودند. طبق نتایج حاصله، افزایش نیتروژن (N)، P و K از ۰ تا ۱۰۰ درصد مقدار محصول را افزایش داد. در این تحقیق افزایش کود آلی به همراه کود شیمیایی نسبت به مصرف کود شیمیایی به تنهایی محصول سورگوم و سویا را افزایش داد. در این تحقیق گزارش شد که مصرف کود آلی به همراه کود شیمیایی موجب ۲۵٪ صرفه‌جویی در مصرف کود شیمیایی شده است. آنها به نقل از میشر و همکاران (Mishra 1990) (et al.,) نقل قول نمودند که اثرات مفید ترکیب استفاده از کودهای آلی و شیمیایی در تمام محصولات موجب افزایش مقدار محصول می‌گردد. در این تحقیق، گفته شده که نقش کودهای آلی به همراه کود شیمیایی با توجه به اثر کودهای آلی در ازدیاد مقدار عناصر ضروری جهت رشد محصول می‌باشد، که این اثر با توجه به معدنی‌شدن مداوم کود آلی ایجاد می‌گردد. همچنین آنها به نقل از هاتی و همکاران

محتوای K برگ و عملکرد غده به گونه‌ای معنی‌دار با هم همبستگی داشتند. کود دامی به طور معنی‌دار قابلیت استفاده پتاسیم را افزایش داد.

با توجه به سرانه مصرف سیب‌زمینی در ایران (بیش از ۴۵ کیلوگرم در سال) که بعد از گندم و برنج بیش‌ترین سهم را در سبد غذایی مردم کشور دارد (Eskandari *et al.*, 2011)، اطلاع از غلظت عناصر غذایی مختلف در این محصول مخصوصاً در شرایط مختلف بسیار مفید می‌باشد و با غنی سازی مواد غذایی پرمصرفی مانند سیب‌زمینی می‌توان گام مؤثری در راستای امنیت و سلامت غذایی مردم برداشت. در دهه‌های اخیر به دلیل رواج مصرف کودهای شیمیایی، روز به روز از مواد آلی خاک‌ها کاسته شده است و این کاهش مواد آلی به کاهش شدید حاصلخیزی خاک منجر شده است از طرفی استفاده مداوم از کودهای شیمیایی علاوه بر کاهش مواد آلی به تخریب محیط زیست نیز منجر شده است. بنابراین در سالهای اخیر بحث مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه مطرح شده است. مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی بر پایه استفاده همزمان از کودهای آلی، شیمیایی و زیستی استوار است. چرا که کودهای آلی به تنهایی قادر به تامین نیازهای گیاهان پرپزده نیستند. مصرف توأم کودهای آلی و شیمیایی و زیستی می‌تواند باعث بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک شده و افزایش کربن آلی و عناصر غذایی را به دنبال داشته باشد (Khavazi *et al.*, 2014).

در استان همدان استفاده از کود مرغی جهت کشت سیب‌زمینی بسیار رایج می‌باشد و کشاورزان منطقه از مقادیر زیاد و حتی بیش از ۱۵ تن در هکتار از کود مرغی استفاده می‌کنند که این امر به صورت افراطی موجب کاهش محصول آنها می‌گردد. در ارتباط با چگالی عناصر غذایی^۱ در غده سیب‌زمینی مطالعات خیلی محدودی در کشور انجام شده است. در حالی که اطلاع کافی از غلظت عناصر غذایی در غده محصول پرمصرفی مانند سیب‌زمینی می‌تواند در ایجاد امنیت غذایی برای قسمت عمده‌ای از افراد جامعه مفید باشد. همچنین مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی یکی از راه‌های مؤثر در افزایش محصول و بهبود کیفیت آن می‌باشد که توجه مناسبی به آن نشده است. به علت تاثیر کود پتاسیمی بر راندمان جذب عناصر غذایی و نقش آن در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی، این آزمایش با هدف بررسی اثر کود مرغی بر تجمع عناصر غذایی و همچنین اثر مصرف

(Hatti *et al.*, 2001) بیان کردند که این اثر می‌تواند به علت تاثیر مثبت کود آلی در بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک ایجاد گردد. در این مقاله به گفته ادوارد و دنیل (Edward & Denil, 1992) بیان شد که افزودن کود مرغی به کود شیمیایی، تمامی عناصر مورد نیاز محصول را فراهم می‌نماید. چن و همکاران (Chen *et al.*, 1996) بیان کردند که در نقاطی که کود مرغی فراوان است، استفاده از کود مرغی به جای کود شیمیایی اقتصادی بوده و از آنجا که کود مرغی سرشار از نیتروژن، فسفر و ماده آلی می‌باشد، اثرات مثبتی بر تولید محصول داشته و نیز خواص فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشد. در این مطالعه، غلظت Zn و Cu در کود مرغی بسیار زیاد گزارش شده است. به عنوان مثال غلظت Cu در کود مرغی ۱۷۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش گردیده است. میازاوا و همکاران (Miazawa *et al.*, 2002) و واکر و همکاران (Walker *et al.*, 2003) بیان کرده‌اند که جذب عناصر فلزی و سنگین از منبع کودهای آلی، متفاوت از جذب آنها از منبع سولفات فلزی است. موهنتی و همکاران (Mohanty *et al.*, 2006) با استفاده از تکنیکهای رادیویزوتوپی دریافتند که اثر کود آلی بر جذب فسفر توسط گیاه بادام‌زمینی در مقایسه با سوپر فسفات ساده به صورت معنی‌داری بیشتر است، و کود مرغی بیشترین تاثیر را نشان می‌دهد. فراهمی فسفر با افزایش کلاته کردن کاتیون‌ها توسط اسیدهای آلی حاصل از تجزیه کودهای آلی افزوده می‌گردد. در تحقیقی توسط ای‌ید (Ayed, 2002) مشاهده شد که اثر تیمارهای ۲۰، ۴۰ و ۸۰ تن در هکتار کود مرغی، بجز K بر تجمع کلیه عناصر توسط غده پیاز معنی‌دار بود.

اثر افزایش کود دامی بر روی راندمان جذب K در آزمایشات صحرایی و آزمایشگاهی بر روی خاک اسیدی تپه‌ها در سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۸۷ در منطقه شیمل در هندوستان توسط سود و گریوال (Sud & grewal, 1990) بررسی گردید. افزایش ۵ تن در هکتار کود دامی به تنهایی و یا همراه با پتاسیم به گونه‌ای معنی‌دار عملکرد غده‌های سیب‌زمینی، ترکیب غده‌ها، جذب K و باز یافت کودهای شیمیایی افزوده شده را تحت تاثیر قرار داد. راندمان استفاده از کود پتاسه در تیمار ۵ تن در هکتار کود دامی همراه با ۶۳ کیلوگرم پتاسیم، بیش از ۱۰٪ افزایش یافت. هر دو کود محتوای K برگ را پس از ۵۰ روز بعد از رشد گیاه افزایش دادند.

کود پتاسیمی بر غلظت عناصر در غده سیبزمینی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تجرک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان و در سری خاک تجرک با (Fine mixed, mesic Typic calcixerepts) که سری غالب دشت بهار و ایستگاه اکباتان می‌باشد، به مدت دو سال اجرا گردید. برای اجرای پژوهش هر سال یک قطعه زمین متفاوت به ابعاد ۲۷×۵۰ متر مربع انتخاب شد و از عمق ۳۰-۰ سانتی متری نمونه مرکب خاک تهیه و پس از هواخشک کردن و عبور دادن از الک دو میلی متری، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن شامل فسفر قابل جذب گیاه در خاک به روش اولسن (Jones, 2001)، پتاسیم قابل جذب گیاه در خاک به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک مولار (Jones, 2001)، بافت خاک به روش هیدرومتری با چهار قرائت (Gee & Bauder, 1986)، کربن آلی به روش اکسایش تر (Nelson & Sommers, 1996)، اسیدیته خاک در سوسپانسیون ۱:۱ آب به خاک (McLean, 1982)، قابلیت هدایت الکتریکی محلول ۱:۱ آب به خاک (Jones, 2001) و کربنات کلسیم معادل خاک به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراژ کردن با سود (Richards, 1969) تعیین شدند. سپس آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. فاکتورهای پژوهش شامل کود مرغی پوسیده غیر پلیت شده (از منبع مرغ تخم‌گذار که نتایج تجزیه عناصر غذایی آن در جدول ۲ قابل مشاهده است) در چهار سطح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار که در بهار هم‌زمان با کشت اضافه گردید، و کود پتاسیم در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار و در مجموع با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار بودند. کودهای نیتروژنی و فسفاتی به ترتیب از منبع اوره و سوپرفسفات‌تریپل و بر پایه آزمون خاک مصرف شد.

توصیه کودی برای عناصر غذایی به جز پتاسیم بر اساس آزمون خاک انجام شد و مقدار پتاسیم کود مرغی از تیمارهای شامل کود پتاسیمی کسر گردید. تمام کودهای پرمصرف و کم‌مصرف توصیه شده همراه با یک سوم کود نیتروژنی قبل از کاشت و به صورت پایه مصرف شد و دو سوم مابقی کودهای نیتروژنی نیز طی دو تقسیط (در زمان خاک‌دهی پای بوته و قبل از گلدهی) و به صورت سرک

مصرف گردید. مقدار کودهای فسفاتی مصرفی در این پژوهش و در سالهای مختلف شامل سوپر فسفات تریپل با مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که فسفر موجود در کود مرغی از آن کسر گردید. کود اوره ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد و برای توصیه کودی نیتروژن، مقدار نیتروژن موجود در کود مرغی از توصیه کودی نیتروژن کم شد و اگر باقیمانده‌ای بود، مصرف گردید. طول هر کدام از کرت‌ها در این آزمایش ۸ متر و عرض آنها ۳/۷۵ متر (۳۰ مترمربع) بود. در عملیات کشت غده‌ها در شیباری به عمق حدود ۶ سانتی متر قرار گرفتند. رقم استفاده شده در تحقیق آگریا (Agria) و با اندازه بذری (۵۵-۴۵ میلی‌متر) بود. فاصله بین دو پشته در یک کرت ۷۵ سانتی‌متر بود و برای کاشت از کارنده نیمه اتوماتیک شرکت سبز دشت مدل PS2 با قابلیت تنظیم فاصله بین شیار بازکن‌ها و لوله‌های سقوط استفاده شد. فاصله بین غده‌ها ۲۵ سانتی‌متر بود. آزمایش دارای ۳ تکرار با فاصله ۲ متر از هم بود. مقدار آب آبیاری برابر نیاز آبی گیاه بود. سطح برداشت از هر کرت ۱۳/۵ متر مربع که شامل سه خط وسط به طول ۶ متر و به عرض ۲/۲۵ متر بود.

حدود یک ماه بعد از پایان گلدهی، بخش هوایی یک خط از هر کدام از کرت‌ها جهت اندازه‌گیری وزن خشک آن برداشت شد و در زمان برداشت هم یک نمونه غده از هر کرت تهیه و قسمتی از آن در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شد. غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و مس در بخش هوایی و غده پس از خشک‌سوزانی همراه با مخلوط اسیدکلریدریک و اسیدنیتریک (Westerman, 1990) تعیین گردید. فسفر به روش رنگ‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Jones, 2001) Cu و Zn توسط دستگاه جذب اتمی (Ryan et al., 2001)، غلظت پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و به روش نشر شعله‌ای (Waling, 1989) و نیتروژن موجود در عصاره‌های گیاهی با استفاده از روش تیتراسیون بعد از تقطیر در دستگاه کج‌دال (Waling, 1989) اندازه‌گیری شد.

پس از برداشت محصول نیز عملکرد غده هر کرت به طور جداگانه توزین و اندازه‌گیری گردید. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد. ابتدا آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها انجام و در صورت نیاز از تبدیل مناسب برای داده‌های غیرنرمال استفاده شد. سپس مقایسه

جدول شماره ۱ نتایج برخی تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در سالهای اول و دوم اجرای پژوهش را نشان می‌دهد که در هر سال محل اجرای آزمایش جابجا شده است. جدول شماره ۲، نتایج تجزیه کود مرعی مصرف شده در آزمایش را نشان می‌دهد.

میانگین‌ها با آزمون Duncan در سطح احتمال پنج درصد انجام و تجزیه و تحلیل رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of the studied soil

مس Cu	روی Zn (mg kg ⁻¹)	پتاسیم K	فسفر P	هدایت الکتریکی EC(1:1) (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH (1:1)	کربن آلی OC (%)	آهک CCE (%)	بافت Texture	سال اول First year	سال دوم Second year
0.7	1.7	248	11	0.44	8.63	0.42	17.5	لوم Loam		
0.8	1.8	240	10	0.24	8.49	0.42	15.3	لوم رس‌شنی SCL		

جدول شماره ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی کود مرعی مورد استفاده در پژوهش

Table 2- Selected chemical properties of of poultry manure used in the experiment

مس Cu (mg kg ⁻¹)	روی Zn (mg kg ⁻¹)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	نیتروژن N (%)	اسیدیته pH
106.8	400	2	1.5	5	7.6

خطی افزایش یافت و تفاوت تمام سطوح مصرف کود مرعی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مصرف ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود مرعی عملکرد بخش هوایی سیب‌زمینی را به ترتیب ۳۳ و ۴۹ درصد در مقایسه با شرایط عدم مصرف کود مرعی افزایش داد. گزارش شده است که کود مرعی دارای مقادیر بسیار بالایی از نیتروژن است (۵ درصد در کود مرعی استفاده شده در این پژوهش) (Eskandari *et al.*, 2011). بر اساس یافته‌های نیستانی و همکاران (Neisani *et al.*, 2011)، وقتی کود مرعی در مقادیر ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار مصرف شد، با در نظر گرفتن رطوبت ۵۰ درصدی آن، معادل ۱۱۰۰ تا ۱۶۵۰ کیلوگرم اوره، نیتروژن وارد خاک شد. این نیتروژن به تدریج و احتمالاً در اواخر فصل رشد آزاد گردید و رشد رویشی سیب‌زمینی را باعث شد. رشد رویشی بیشتر سیب‌زمینی احتمالاً باعث شد تا فرآیند غده‌زایی و تشکیل غده در سیب‌زمینی کاهش پیدا کند و از عملکرد نهایی کم شود.

عملکرد بخش هوایی و غده

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود مرعی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد غده و بخش هوایی سیب‌زمینی معنی‌دار بود ولی اثر اصلی کود پتاسیم و اثر متقابل دوجانبه کود مرعی و پتاسیم بر عملکرد غده و بخش هوایی سیب‌زمینی معنی‌دار نبود (جدول ۳). با افزایش مصرف کود مرعی تا ۵ تن در هکتار، عملکرد غده سیب‌زمینی افزایش یافت، ولی با مصرف مقادیر بیشتر از ۵ تن در هکتار، عملکرد نه‌تنها افزایش نیافت، بلکه از عملکرد تیمار شاهد هم کمتر شد (جدول ۴). بیشترین مقدار عملکرد سیب‌زمینی با مصرف ۵ تن در هکتار کود مرعی به دست آمد که با ادامه مصرف کود مرعی، با ۱۹ درصد کاهش به ۳۷/۵۹ تن در هکتار در شرایط مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرعی رسید. مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرعی باعث کاهش ۱۷ درصدی عملکرد غده سیب‌زمینی در مقایسه با شاهد گردید. با مصرف کود مرعی وزن خشک بخش هوایی به‌طور

جدول ۳ - تجزیه واریانس اثر تیمارها بر عملکرد و غلظت عناصر غده سیب زمینی در دو سال اجرای آزمایش
Table 3- Variance analysis of effects of treatments on yield and nutrient concentration in potato tuber in two years of experiment

مس غده Tuber Cu	روی غده Tuber Zn	پتاسیم غده Tuber K	فسفر غده Tuber P	نیتروژن غده Tuber N	عملکرد غده Tuber Yield	درجه آزادی Degree of freedom	منابع خطا Error Sources
0.245 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	1	سال (Y) Year
0.723 ^{ns}	0.357 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{**}	0.001 ^{ns}	0.106 ^{ns}	4	تکرار × سال Y × Rep
72.6 ^{**}	119.2 ^{**}	0.010 ^{**}	0.012 ^{**}	0.032 ^{**}	207.868 ^{**}	3	کود مرغی (M) Manure
0.166 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.0224 ^{**}	3	سال × کود مرغی M×Y
1.8 ^{**}	1.807 ^{**}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.004 ^{ns}	2	کود پتاسه (P) Potassium
0.735 ^{ns}	1.705 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.078 ^{ns}	2	سال × کود پتاسه P×Y
0.093 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.015 ^{ns}	6	کود مرغی × کود پتاسه P×M
0.086 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.028 ^{ns}	6	سال × کود مرغی × کود پتاسه Y×M×P
0.253	0.209	0.000	0.000	0.000	0.023	42	خطا (Error)

** معنی دار بودن در سطح ۱ درصد.

Significant at 1% probability level

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر کود مرغی بر عملکرد و غلظت عناصر در غده سیب زمینی در دو سال اجرای آزمایش
Table 4- Means comparison of manure effect on yield and nutrient concentration in potato tuber in two years of experiment

مس غده Tuber Cu (mg kg ⁻¹ DW)	روی غده Tuber Zn (mg kg ⁻¹ DW)	پتاسیم غده Tuber K (%)	فسفر غده Tuber P (%)	نیتروژن غده Tuber N (%)	عملکرد غده Tuber Yield (ton ha ⁻¹)	سطوح Levels	فاکتور Factor
24.63d	29.32d	3.88d	0.4044d	2.153d	44.12b	0 ton ha ⁻¹	
26.29c	31.24c	3.827c	0.4244c	2.184c	44.71a	5 ton ha ⁻¹	کود مرغی Poultry Manure
27.42b	33.28b	3.847b	0.4444b	2.206b	40.27c	10 ton ha ⁻¹	
29.41a	35.29a	3.867a	0.4639a	2.254a	27.59d	15 ton ha ⁻¹	
27.02a	32.44a	3.835a	0.44a	2.197a	41.75a	0 kg ha ⁻¹	کود پتاسیمی Potassium Fertilizer
27.17a	32.44a	3.838a	0.44a	2.200a	41.74a	50 kg ha ⁻¹	
26.62b	31.97b	3.840a	0.42a	2.201a	41.76a	100 kg ha ⁻¹	

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($p < 0.05$) نمی باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$)

عملکرد غده سیب زمینی نیز با نتایج زندیان و همکاران (Zandian et al., 2012) مطابقت داشت.

در تحقیق حاضر، اثر کود مرغی بر افزایش وزن خشک بخش هوایی با نتایج گزارش شده توسط واکر و برنال (Walker and Bernal, 2008) در مورد وزن بخش هوایی گیاه چغندر قند و ژو و همکاران (Zhou et al., 2005) در ارتباط با گیاه تربچه مطابقت داشت. اثر کود مرغی بر

احتمال یک درصد معنی‌دار نبود. اثر متقابل دو جانبه کود مرغی و پتاسیم بر غلظت هیچ‌یک از عناصر غذایی پرمصرف اندازه‌گیری شده غده و بخش هوایی سیب‌زمینی معنی‌دار نبود (جدول ۳ و ۵).

غلظت عناصر غذایی پرمصرف غده و بخش هوایی تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود مرغی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم غده و بخش هوایی سیب‌زمینی معنی‌دار بود. اثر اصلی پتاسیم مصرفی بر غلظت هیچ‌یک از عناصر غذایی پرمصرف اندازه‌گیری شده غده و بخش هوایی سیب‌زمینی در سطح

جدول ۵ - تجزیه واریانس اثر تیمارها بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی بخش هوایی سیب‌زمینی در دو سال اجرای آزمایش
Table 5- Variance analysis of effects of treatments on yield and nutrient concentration in potato shoot in two years of experiment

مس اندام هوائی Shoot Cu	روی اندام هوائی Shoot Zn	پتاسیم اندام هوائی Shoot K	فسفر اندام هوائی Shoot P	نیتروژن اندام هوائی Shoot N	عملکرد غده Tuber Yield	درجه آزادی Degree of freedom	منابع خطا Error Sources
2.347 ^{ns}	0.889 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	62.347 ^{ns}	1	سال (Y) Year
0.139 ^{ns}	1.778 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.101 ^{ns}	7051.819 ^{ns}	4	تکرار × سال Y × Rep
110.30 ^{**}	30.000 ^{**}	0.007 ^{**}	0.061 ^{**}	2.558 ^{**}	11248362 ^{**}	3	کود مرغی (M) Manure
0.125 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.026 ^{ns}	4808 ^{ns}	3	سال × کود مرغی M×Y
7.764 ^{**}	2.000 [*]	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.029 ^{ns}	2330 ^{ns}	2	کود پتاسه (P) Potassium
2.431 ^{**}	0.050 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.020 ^{ns}	3300 ^{ns}	2	سال × کود پتاسه P×Y
0.134 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.018 ^{ns}	3492 ^{ns}	6	کود مرغی × کود پتاسه P×M
0.097 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.009 ^{ns}	5227 ^{ns}	6	سال × کود مرغی × کود پتاسه Y×M×P
0.412	0.626	0.001	0.000	0.03	4196	42	خطا (Error)

** : معنی‌دار بودن در سطح ۱ درصد (Significant at 1% probability level)

هستند، به راحتی از بخش هوایی به غده منتقل می‌شوند. بنابراین بین نیتروژن و فسفر غده و بخش هوایی سیب-زمینی معمولاً همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. در این پژوهش هم بین نیتروژن غده و بخش هوایی همبستگی خطی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ($r=0.981^{**}$) و همبستگی مشابه نیز بین فسفر بخش هوایی و غده مشاهده گردید ($r=0.976^{**}$). همانطور که در جدول ۲ قابل مشاهده است، کود مرغی دارای مقادیر قابل توجهی عناصر غذایی مختلف است و با مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی، به ترتیب ۷۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم خالص وارد هر هکتار مزرعه می‌گردد. این مقادیر به

مصرف کود مرغی غلظت عناصر غذایی پرمصرف غده سیب-زمینی را افزایش داد. بیشترین غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم غده (به ترتیب ۲/۲۵، ۰/۴۶ و ۳/۸۷ درصد) از مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی به دست آمد، که بیانگر افزایش ۵، ۱۵ و ۲ درصدی غلظت این عناصر در مقایسه با شرایط عدم مصرف کود مرغی می‌باشد (جدول ۴). غلظت نیتروژن و فسفر بخش هوایی نیز با مصرف کود مرغی افزایش یافت که این افزایش، در شرایط مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی ۴۲ و ۷۲ درصد برای نیتروژن و فسفر بخش هوایی، در مقایسه با شرایط عدم مصرف کود مرغی بود (جدول ۶). عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر که در گیاه متحرک

مرغی غلظت Zn غده سیبزمینی را افزایش داد. بیشترین غلظت Zn غده (۳۵/۲۹) میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک (غده) از مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی و کمترین آن از شرایط عدم مصرف کود مرغی (۲۹/۳۲) میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک غده) به دست آمد که نشان دهنده افزایش ۲۰ درصدی غلظت Zn در شرایط مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی در مقایسه با شرایط عدم مصرف آن می باشد (جدول ۴). با افزایش مصرف کود مرغی، غلظت Zn غده به طور خطی افزایش یافت و رابطه ای خطی و معنی دار بین کود مرغی مصرفی و غلظت Zn غده (PM= 0.999^{**} $(0.339(Zn)+29.29)$, r=0.999** وجود داشت. از این رابطه رگرسیونی می توان مقدار Zn در غده سیب زمینی را در مقادیر مختلف کود مرغی با دقت مناسبی به دست آورد. تحلیل رگرسیونی نشان داد که بین کود مرغی (PM) و مقدار Zn در غده، رابطه رگرسیونی معنی دار با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۹ وجود داشت. غلظت Zn بخش هوایی هم دقیقاً روندی مشابه روند Zn غده داشت و با مصرف کود مرغی غلظت Zn بخش هوایی هم به طور خطی افزایش یافت (PM= $0.206 (Zn)+36.28$, r=0.999**). با حدود ۹ درصد افزایش، غلظت روی بخش هوایی از ۳۶/۳ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک بخش هوایی در شرایط عدم مصرف کود مرغی، به ۳۹/۴ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک بخش هوایی در شرایط مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی رسید (جدول ۶). بین Zn بخش هوایی و غده سیب زمینی همبستگی مثبت و معنی دار در سطح احتمال یک درصد ($r=0.999^{**}$) وجود داشت. مصرف کود مرغی باعث افزایش غلظت Cu غده سیبزمینی شد. بیشترین غلظت Cu غده (۲۹/۴۱) میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک غده) از مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی به دست آمد که در مقایسه با شرایط عدم مصرف آن (۲۴/۶۳) میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک غده) ۱۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). رابطه ای خطی و معنی دار بین کود مرغی مصرفی و غلظت Cu غده (PM= $0.309(Cu)+24.61$, r=0.999** مشاهده شد. تغییرات غلظت Cu بخش هوایی هم مشابه روند تغییرات Cu غده بود و با مصرف کود مرغی غلظت Cu این بخش هم به طور خطی افزایش یافت (PM= 0.999^{**} $(0.383 (Cu)+17.38)$, r=0.999** مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی غلظت Cu بخش هوایی را ۳۳ درصد در مقایسه

تدریج آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می گیرند و به افزایش غلظت آنها در بخش هوایی و به تبع آن در غده منجر می گردند. همچنین مصرف کود مرغی باعث می گردد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بهبود حاصل کند و این موضوع به افزایش جذب عناصر غذایی کمک می نماید. کاراواکا و همکاران (Karawaka et al., 2002) بیان کردند که افزایش محصول حاصل از مصرف کودهای آلی به دلیل افزایش جذب عناصر، ممکن است در اثر پایداری خاک دانه ها در ناحیه ریزوسفر ریشه و تحریک میکروارگانیسم های مفید این ناحیه باشد که می تواند موجب افزایش تولید گردد. روندی که آنان در مقاله خود در مورد تولید ماده خشک گیاهی گزارش کردند، در مورد کود دامی بیش از کود مرغی و آن نیز بیش از کود خوکی بود. در تحقیقی توسط تور و بال (Toor & Bahl, 1999) مشاهده شد که افزایش کود مرغی موجب افزایش تولید اشکال کریستاله فسفات در فاز نسبتاً پایدار^۱ و یا اشکال کم کریستاله در خاکهای آهکی و غیر آهکی می گردد. بنابراین به حلالیت و فراهمی فسفر در این خاکها افزوده می گردد. در بررسی اقبال و پاور (Eghball & Power, 1999) رابطه ای مستقیم بین مقدار فسفر آزمون خاک و کل فسفر اضافه شده توسط کود آلی وجود داشت که بیانگر تعیین فسفر قابل جذب خاک توسط مقدار کل کود آلی فسفره صرف نظر از منبع فسفر است. پیدرسون و همکاران (Pederson et al., 2002) گزارش کردند که نسبت نیتروژن به فسفر در ساقه گیاه تحت تاثیر این نسبت در کود مرغی بود. غلظت N در گیاه به غلظت P، Cu و Zn در قسمت های هوایی گیاه بسیار وابسته بود که نشان می دهد، افزایش غلظت N موجب افزایش غلظت P، Cu و Zn در گیاه شده است.

غلظت عناصر غذایی کم مصرف غده و بخش هوایی

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود مرغی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت Zn و Cu غده و بخش هوایی سیبزمینی معنی دار بود. اثر اصلی پتاسیم مصرفی بر غلظت Zn در اندام هوایی گیاه در سطح احتمال ۵ درصد و بخش هوایی و غده سیبزمینی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، ولی اثر متقابل دو جانبه کود مرغی و پتاسیم بر غلظت هیچ یک از عناصر Cu و Zn غده و بخش هوایی سیبزمینی معنی دار نبود (جداول ۳ و ۵). مصرف کود

هاتی (Wood & Hatti, 1995)، وود و همکاران (Wood *et al.*, 1996) و هان و همکاران (Han *et al.*, 2000) گزارش کردند که افزایش طولانی مدت و کوتاه مدت کود مرغی به خاک، غلظت Zn و Cu خاک را به ویژه در ۵ تا ۱۰ سانتی-متری لایه سطحی خاک افزایش می‌دهد. مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم غلظت Zn و Cu بخش هوایی را افزایش داد، ولی با افزایش مصرف آن غلظت این دو عنصر کاهش یافت (جدول ۶). روند مشاهده شده در مورد بخش هوایی با شدت کمتر در مورد غده هم مشاهده گردید (جدول ۴). مصرف K موجب رشد بیشتر ریشه شد و توسعه بیشتر ریشه احتمالاً جذب بیشتر عناصر در گیاه و انتقال آنها به غده را باعث شد. افزایش غلظت عناصر غذایی با مصرف پتاسیم با نتایج پژوهش پیدرسون و همکاران (Pederson *et al.*, 2002) در غلات و سود و گریوال (Sud & grewal, 1990) بر روی سیب‌زمینی مطابقت داشت. افزایش غلظت فسفر در اثر مصرف پتاسیم در پژوهش موهنتی و همکاران (Mohanty *et al.*, 2006) بر روی گیاه بادام زمینی و افزایش غلظت عناصر مس و روی با مصرف پتاسیم در بافتهای گیاهی تریچه در پژوهش ژو و همکاران (Zhou *et al.*, 2005) مشاهده شد.

با شرایط عدم مصرف کود مرغی افزایش داد. بین مقدار Cu در بخش هوایی و غده سیب‌زمینی همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ($r=0/999^{**}$) وجود داشت. کود مرغی مقادیر زیادی عناصر کم‌نیاز را به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهد. در مطالعه انجام شده توسط ژو و همکاران (Zhou *et al.*, 2005) دیده شد که مصرف کود مرغی غلظت Zn و Cu بافت گیاه را افزایش داد، ولی این افزایش از غلظت حدود بحرانی این عناصر تجاوز نمود. ایشان همچنین همبستگی خوبی میان Zn و Cu خاک و غلظت این عناصر در بافت گیاه مشاهده کرده است. در تحقیق انجام شده دیگر توسط پیدرسون و همکاران (Pederson *et al.*, 2002) مشخص گردید که کود مرغی استفاده شده جهت گیاهان علوفه‌ای موجب تجمع عناصر غذایی در طول زمان در درون خاک می‌گردد و جذب این عناصر توسط گیاه را آسان می‌نماید. غلظت P، Zn و Cu در اغلب اندامهای غلات کشت شده در خاک کود داده شده با کود مرغی بالاتر بود. بنا به اظهارات موهانا و نیس (Mohana & Niss, 1999)، تنها ۶٪ از روی موجود در غذای پرندگان توسط آنها جذب شده و بقیه در کود مرغی دفع می‌گردد که در خاک آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. وود و

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر کود مرغی بر عملکرد و غلظت عناصر بخش هوایی سیب زمینی در دو سال اجرای آزمایش
Table 6- Means comparison of manure effect on yield and nutrient concentration in potato shoot

مس اندام هوایی Shoot Cu (mg kg^{-1}) (DW)	روی اندام هوایی Shoot Zn (mg kg^{-1}) (DW)	پتاسیم اندام هوایی Shoot K (%)	فسفر اندام هوایی Shoot P (%)	نیترژن اندام هوایی Shoot N (%)	عملکرد اندام هوایی Shoot Yield (ton ha^{-1})	سطح کودی Fertilizer Level
17.44d	36.3d	3.87a	0.11d	2.12d	3870d	0 ton ha^{-1}
19.22c	37.3c	3.84a	0.15c	2.52c	4834c	5 ton ha^{-1} کود مرغی
21.22b	38.3b	3.86a	0.16b	2.72b	5156b	10 ton ha^{-1} Poultry Manure
23.17a	39.4a	3.89a	0.19a	3.02a	5763a	15 ton ha^{-1}
20.17b	37.67b	3.86a	0.15a	2.56a	4894a	0 kg ha^{-1} کود پتاسه
20.88a	38.17a	3.87a	0.15a	2.63a	4912a	50 kg ha^{-1} Potassium Fertilizer
19.75c	37.67b	3.86a	0.15a	2.61a	4911a	100 kg ha^{-1}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$)

رویشی را در طی فصل تداوم بخشید. این موضوع باعث اثر سوء بر عملکرد غده سیب‌زمینی گردید و عملکرد غده سیب‌زمینی در مقادیر بیشتر کود مرغی کاهش یافت که لازم است در مدیریت تغذیه گیاه سیب‌زمینی به این موضوع

نتیجه‌گیری کلی

مصرف کود مرغی در مقادیر بیشتر از ۵ تن در هکتار، رشد رویشی بخش هوایی سیب‌زمینی را افزایش داد و دوره رشد

در شرایط خاکهای مشابه با خاک این پژوهش، مصرف ۵ تن در هکتار کود مرغی می‌تواند بسیار مفید باشد و موجب افزایش معنی‌دار عملکرد غده گردد. ولی اگر هدف کشاورز افزایش غلظت عناصر غذایی در غده باشد، می‌توان از مقادیر بیشتر کود مرغی هم استفاده کرد، به شرطی که غلظت بالای نیتروژن موجود در کود مرغی محاسبه شده و از مقدار توصیه کود نیتروژن کسر شود.

توجه کافی مبذول گردد. همچنین به علت سرشار بودن کود مرغی از عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم-مصرف، با مصرف کود مرغی غلظت اکثر عناصر غذایی غده و بخش هوایی افزایش یافت که می‌تواند باعث غنی‌سازی محصولی پرمصرف مانند سیب‌زمینی شده و در افزایش امنیت غذایی جامعه مؤثر باشد. از طرفی غلظت نیتروژن هم افزایش یافت که لازم است موقع مصرف کود مرغی به همان نسبت از میزان توصیه کود نیتروژن کاسته شود. بنابراین،

References

- Afshar A., and Afsharmanesh G. 2011. Effect of irrigation and manure on water use efficiency and potato yield in Jiroft. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 1: 63-75. (In Persian)
- Anonymous. 2012. Statistical Report of Agriculture of 2011-2012. Hamadan Province Organization of Agriculture. Hamadan. Iran. 138p. (In Persian)
- Ayed A. 2002. Effect of chicken manure, sheep manure and inorganic fertilizer on yield and nutrients uptake by onion. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(3): 266-268.
- Cooperband L., Bollero G., and Coale F. 2002. Effect of poultry litter and composts on soil nitrogen and phosphorus availability and corn production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62: 185-194.
- Eghball B. and Power J.F. 1999. Phosphorous and nitrogen based manure and compost applications corn production and soil phosphorus. *Soil Science Society American Journal*, 63: 895-901.
- Eskandari A., Khazaei M.R., Nezami A., and Kafi M. 2011. Study of irrigation effect on yield and qualitic attributes of tree potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Water and Soil*, 25(2): 240-247. (In Persian)
- Gee G.W. and Bauder J.W.C. 1986. Particle Size Analysis. In Klute A. (Eds). *Methods of Soil Analysis: Part1. Physical and Mineralogical Methods (2nd Eds.)*. *Soil Science Society of American Book Series No: 5*. Madison, WI, USA. pp. 383-412.
- Ghosh P.K., Ramesh P., Bandyopadhyay K.K., Tripathi A.K., Hati K.M., Misra A.K., and Acharyam C.L. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphor-compost and fertilizer-NPK on three cropping systems. In vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and system performance. *Bioresource Technology*, 95: 77-83.
- Jones, J. 2001. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press, LLC. USA, 363p.
- Khavazi K., Balali, M.R., Bazargan K., Tehrani, M.M., Asadi Rahmani, H., Gheibi M.N., Davoodi M.H., Saadat, Moshiri, F., Davatgar, N. 2014. Comprehensive soil fertility and plant nutrition program 2014-2025. *Soil and Water Research Institute Press*, 282p. (In Persian)
- Malakouti M.J. and Bybordi, A. 2001. Strategies for Yield Increasing, Quality Improvement and Nitrate and Cadmium Concentration Reduction in Potato and Onion” Medical warnings”. Technical Publication no: 242 of *Soil and Water Research Institute*, Agricultural Education Press, Karaj, Iran, 20p. (In Persian)
- Mclean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. *Soil Science Society of American Book Series No. 5*. Madison, WI, USA, pp. 383-412.
- Mohanty S., Paikaray N.K., and Rajan A.R. 2006. Availability and uptake of phosphorus from organic manures in Groundnut (*Arachis hypogea* L.)-corn (*Zea mays* L.) sequence using radio tracer technique. *Geoderma*, 133: 225-230.
- Neisani S., Fallah S., and Reisi F. 2011. Reaction of nitrogen and phosphorous efficiency of corn (*Zea mays* L) to various levels of urea and chicken manure in short term stress. *Journal of Ecological Agriculture*, 3(4): 525-534.
- Nelson D.W. and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Sparks D.L. (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods*. *Soil Science Society of American Book Series No. 5*. Madison, WI, USA, pp. 967-1010.

- Pederson G.A., Brink G.E., and Fairbrother T.E. 2002. Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorus, potassium, copper, and zinc. *Agronomy Journal*, 94: 895-904.
- Richards L.A. 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Laboratory Staff. Agricultural Handbook. No. 60. USDA. USA, 166p.
- Sud K.C. and Grewal J.S. 1990. Integrated use of farmyard manure and potassium in potato production in acidic hill soils of Shimla. *Journal of Potassium Research*, 6(3): 83-95.
- Toor G.S. and Bahl G.S. 1999. Kinetic of phosphate desorption from different soils as influenced by application of poultry manure and fertilizer phosphorous and its uptake by soybean. *Bioresource Technology*, 69:117-121.
- Waling I., Vark W.V., Houba V.J.G., and Vanderlee J.J. 1989. Soil and Plant Analysis, A series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University, Netherland. 168p.
- Walker D.J. and Bernal M.P. 2008. The Effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource Technology*, 99: 396-403.
- Zandian F., Farnia A., and Eftekharinasab, N. 2012. Effect of Vermicompost and chicken manure on potato yield and yield components in Kermanshah. First National Conference of Sustainability Strategies, 8p. (In Persian)
- Zhou D.M., Hao X.Z., Wang Y.J., Dong Y.H., and Cang L. 2005. Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. *Chemosphere*, 59: 167-175.

The Effects of Poultry Manure and Potassium Fertilizer on Yield and Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Zinc and Copper Uptake of Potato

Alireza Yazdanpanah^{1*}, Rahim Motalebifard²

(Received: April 2016 Accepted: September 2016)

Abstract

Use of organic manure can improve yield of agricultural products for sustainable agriculture. This research was conducted to study the effects of poultry manure and potassium fertilizer on yield and uptake of some nutrients by Potato in a factorial experiment with a randomized complete block design that replicated three times for two years in Tajarak research station, Hamadan province. The poultry manure had four levels (0, 5, 10 and 15 ton ha⁻¹) and potassium fertilizer had three levels (0, 50 and 100 kg ha⁻¹) as potassium sulfate. In flowering stage, shoot yield and nutrient concentrations was determined by sampling. Yield of potato tubers and nutrient concentrations of tubers were also determined after harvesting. Combined data of two years of experiment showed that the main effect of poultry manure on the potato tubers and shoot yield and the nutrient concentrations were significant. The main effect of potassium sulfate was only significant on the copper and zinc concentrations of tubers and the shoots. Consumption of 50 kg ha⁻¹ potassium sulfate made maximum concentration of copper and zinc in tubers and shoots. Use of 5 ton ha⁻¹ poultry manure caused the highest yield equal to 44.7 ton ha⁻¹. The maximum nutrient concentrations in tubers and shoots and maximum yield of shoots were obtained with application of 15 ton ha⁻¹ poultry manure. In this treatment the tubers zinc and copper concentration were 35.29 and 29.41 mg kg⁻¹ dw, respectively, and tubers yield was 27.51 ton ha⁻¹. Therefore, in the soil conditions similar to this research, using 5 ton ha⁻¹ poultry manure could cause considerable increase in tuber yield.

Keywords: Nutrient uptake, Potato, Potassium fertilizer, Poultry manure

1- Staff Member of Hamadan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Hamadan, Iran.

2- Research Assistant Professor of Hamadan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Hamadan, Iran.

*Corresponding author Email: yazdanpanah2@yahoo.com