مجله علوم و فنون باغباني ايران جلد ۱۱ شماره ۲ صفحه هاي ۹۹ تا ۱۱۰ (۱۳۸۹)

تأثير كاربرد ورمي كمپوست و كود شيميايي بر ويژگي هاي شيميايي خاک و غلظت عناصر غذايي در گياه لوبيا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.)[1]

EFFECTS OF VERMICOMPOST AND CHEMICAL FERTILIZER ON SOIL PROPERTIES AND NUTRITION CONTENT OF BUSH BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

همت اله پيردشتي، محمد علي بهمنيار و آلاله متقيان[2]

چكيده

به منظور بررسي اثرهاي كاربرد توأم ورمي كمپوست و كود شيميايي بر ويژگي هاي شيميايي خاک و غلظت عناصر لوبيا سبز آزمايشي در قالب طرح بلوک كامل تصادفي با ۸ تيمار كودي در ۴ تكرار در سال ۱۳۸۷ به صورت گلداني اجرا گرديد. تيمارها شامل ۳ سطح از ورمي كمپوست (۱۵، ۳۰، ۴۵ تن در هكتار)، ۳ سطح از ورمي كمپوست + كود شيميايي (۱۵، ۳۰، ۴۵ تن در هكتار به همراه ۵۰ كيلوگرم در هكتار اوره، سولفات پتاسيم و سوپر فسفات تريپل)، كود شيميايي (هر كدام به ميزان ۱۰۰ كيلوگرم در هكتار اوره، سولفات پتاسيم و سوپر فسفات تريپل) و شاهد (بدون مصرف ورمي كمپوست و كود شيميايي) بود. در اين آزمايش برخي ويژگي هاي خاک گلدان ها و همچنين محتوي عناصر پر مصرف (نيتروژن، فسفر، پتاسيم) و كم مصرف (آهن، مس، منگنز، روي) و سديم ريشه و شاخساره گياه لوبيا هنگام آغاز گلدهي تعيين گرديد. بررسي نتايج نشان داد بالاترين ميزان هدايت الكتريكي، سديم و كلر محلول در خاک تحت تيمارهاي ٤٥ تن ورمي كمپوست در هكتار (همراه و بدون مصرف كود شيميايي) و بيشترين مقدار منيزيم و بيكربنات محلول در خاک متعلق به تيمار ٤٥ تن ورمي كمپوست بدون مصرف كود شيميايي مشاهده شد. محتوي نيتروژن و سديم ريشه و شاخساره، پتاسيم ريشه و فسفر شاخساره لوبيا سبز در تيمارهاي ۳۰ و ٤٥ تن در هكتار ورمي كمپوست همراه با كود شيميايي در مقايسه با تيمار كود شيميايي افزايش يافت. همچنين استفاده از ۳۰ تن ورمي كمپوست (همراه با كود شيميايي) و ۴۵ تن (همراه يا بدون مصرف كود شيميايي) در هكتار موجب بيشترين غلظت آهن ريشه و شاخساره و غلظت روي و مس شاخساره لوبيا سبز شد. افزون بر اين هدايت الكتريكي خاک با مقدار سديم و كلر (به ترتيب $r=۰/۹۳^{**}$ و $r=۰/۹۰^{**}$) همبستگي نشان داد. به علاوه بين ريشه و شاخساره همبستگي بالايي از نظر محتوي آهن، مس، روي و نيتروژن (به ترتيب $r=۰/۹۱^{**}$، $r=۰/۹۳^{**}$، $r=۰/۹۲^{**}$، $r=۰/۸۹^{**}$) وجود داشت.

واژه هاي كليدي: خاک، عناصر كم مصرف، لوبيا سبز، ورمي كمپوست، ويژگي هاي شيميايي.

مقدمه

حبوبات با داشتن پروتئيني حدود ۲۰% و گاهي بيشتر نقش مهمي در تغذيه انسان به عنوان يك مكمل غذايي طبيعي براي غلات محسوب مي شوند. مقدار پروتئين در حبوبات به طور قابل ملاحظه اي متفاوت است، اما

۱- تاريخ دريافت: ۸۸/۲/۱۴ تاريخ پذيرش: ۸۹/۱/۲۵

۲- به ترتيب استاديار (h.pirdashti@sanru.ac.ir) و دانشيار دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي ساري و پژوهشگر پژوهشكده برنج و مركبات، ساري، جمهوري اسلامي ايران.

حتي كمترين مقدار هم در حبوباتي مثل نخود، لوبيا ليما، لوبيا آردي و غيره حدود سه برابر مقدار پروتئين موجود در برنج (۶/۴%) است. حبوبات پس از گندم و برنج از اهميت ويژه اي در كشور ما برخوردارند (۳).

وجود محدوديت اراضي كشاورزي در ايران، كشاورزان را به استفاده از مقادير بالاي كودهاي شيميايي جهت دستيابي به بيشترين محصول در كوتاه ترين زمان ممكن تشويق مي كند. از طرف ديگر خطر تخريب ويژگي هاي فيزيكو شيميايي خاک ها در حالت مصرف دراز مدت كودهاي شيميايي وجود دارد (٤). در همين حال گزارش شده است كه مي توان از كودهاي آلي جهت تقويت بستر كشت بسياري از گياهان زراعي و باغي استفاده كرد (٦، ١١). پژوهش هاي اخير نشان داد كه كمپوست حاصل از طيف وسيعي از مواد زائد مانند لجن فاضلاب، بقاياي كشاورزي، زباله شهري و صنعتي در تلفيق با گونه هاي مختلف كرم خاكي به يک تركيب پايدار جهت مصارف كشاورزي تبديل مي شود (۷، ۱۵). پژوهشگران تأثير اين نوع كودها را بر pH خاک و بر فراهمي كاتيون هايي مانند كلسيم و منيزيم و برخي عناصر پر مصرف و كم مصرف ديگر و در نتيجه بهبود تغذيه گياه را از مزاياي مصرف كودهاي آلي نسبت به كودهاي شيميايي مي دانند (۱۶، ۳۰).

پژوهشگران در بررسي اثر انواع كمپوست بر ويژگي هاي خاک، افزايش pH را به دليل معدني شدن كربن، توليد يون OH^- و افزايش كاتيون هايي مانند كلسيم و منيزيم ناشي از پيوندهاي تبادلي دانسته اند (۸، ۱۳، ۳۱). از طرفي دسترسي گياه به عناصر غذايي خاک وابسته به pH بوده به طوري كه با افزايش pH خاک از مقدار يون هاي آلومينيوم و آهن كاسته شده و در نتيجه رسوب فسفر كاهش يافته و دسترسي آن براي گياه افزايش مي يابد (١٦). تا كنون بررسی هاي متعددي نشانگر تأثير مثبت مقادير مناسب كمپوست و ورمي كمپوست بر بهبود ويژگي هاي فيزيكي، سطح تغذيه خاک و مؤلفه هاي رشدي گياهان زراعي بوده است (۹، ١٤، ١٩، ٢٣، ٢٦). اما پژوهشگران در برخي موارد احتمال افزايش شوري و خطر سميت بستر كشت توسط عناصر سنگين و ورود اين عناصر به زنجيره غذايي را در نتيجه مصرف كمپوست در مقادير بالا و با كيفيت پايين آن گزارش نمودند (۱۰، ۱۲، ۱۸، ۲۰، ۲۱). در همين زمينه آستارايي و فتاحي كياسري (۱) افزايش هدايت الكتريكي خاك در مصرف سطوح بيش از ۲۰% مصرف شيرابه كمپوست زباله نسبت به آب را گزارش نمودند به طوري كه تيمار ۱۰۰% كمپوست با افزايش شوري خاک موجب از بين رفتن گياه فلفل گرديد. با توجه به اهميت تغذيه و نيز تأمين سلامت محيط زيست، در اين پژوهش تأثير توأم مقادير مختلف ورمي كمپوست و كود شيميايي بر ويژگي هاي شيميايي خاک و غلظت عناصر غذايي لوبيا سبز بررسي شده است.

مواد و روش ها

اين آزمايش به صورت گلداني در قالب طرح بلوک هاي كامل تصادفي با چهار تكرار در سال ۱۳۸۷ در دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي ساري اجرا شد. تيمارهاي كودي عبارت بودند از ورمي كمپوست (به دست آمده از تفاله نيشكر + كود گاوي) به ميزان ۱۵، ۳۰ و ٤٥ تن در هكتار، ورمي كمپوست (۱۵، ۳۰ و ٤٥ تن در هكتار) همراه با ۵۰ كيلوگرم در هكتار از هر كدام از كودهاي اوره، سولفات پتاسيم و سوپر فسفات تريپل، كود شيميايي (اوره، سولفات پتاسيم و سوپر فسفات تريپل هر كدام به ميزان ۱۰۰ كيلوگرم در هكتار) و تيمار شاهد (بدون مصرف ورمي كمپوست و يا شيميايي). ويژگي هاي شيميايي خاک گلدان ها و ورمي كمپوست مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. در هر گلدان پلاستيكي (به قطر ۲۵ و ارتفاع ۲۸ سانتي متر) ۱۱ عدد بذر لوبيا سبز رقم ‘جماران ۴۱۸’ كشت شد و پس از حصول اطمينان از روئيدن به تعداد دو بوته در گلدان كاهش يافت. آبياري

گلدان ها هر ۲ روز یک بار با توجه به ظرفیت مزرعه خاک به طور یکنواخت انجام شد و هر هفته یک بار نیز گلدان ها در فضاي آزاد جابجا گردید تا تمام گیاهان در شرایط محیطي (نور و گرما) یکسان قرار گیرند.
از شاخساره و ریشه گیاه لوبیا سبز در مرحله گلدهي (٦٠ روز پس از کشت) نمونه گیري شد و نمونه ها بیدرنگ به آزمایشگاه منتقل و پس از شستشو با آب مقطر در آون تهویه دار با دماي ٦٥ درجه سلسیوس به مدت ٤٨ ساعت خشک شدند. جهت اندازه گیري مقدار فسفر، پتاسیم، سدیم و عناصر کم مصرف، نیم گرم از نمونه خشک شاخساره و ریشه گیاه لوبیا در دماي ٥٥٠ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت در کوره الکتریکي، خاکستر، به همراه ۲/٥ میلي لیتر کلریدریک اسید (۳۸%) با آب مقطر به حجم ٥٠ میلي لیتر رسانده شد. در عصاره به دست آمده محتوي فسفر به وسیله روش رنگ سنجي و با استفاده از اسپکتروفتومتر (Bauh & Lomb, Belgium)، پتاسیم و سدیم توسط فلیم فتومتر (Corning–eel, England) و غلظت عناصر کم مصرف (آهن، روي، مس، منگنز) توسط دستگاه جذب اتمیک (Spectra AA 10–Australia) تعیین گردید. تعیین درصد نیتروژن شاخساره و ریشه گیاه لوبیا نیز به روش هضم (نیم گرم نمونه خشک به همراه سولفوریک اسید و آب اکسیژنه هضم، سپس با سود ۱۰ مولار در بوریک اسید تقطیر و توسط کلریک اسید تیتر گردید) و توسط دستگاه کجلتک (Kjeltec 2300 Analyzer , FOSS) انجام گرفت (۲). پس از برداشت گیاهان، از خاک گلدان ها نمونه برداري انجام گرفت. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه خشک، کوبیده و از الک دو میلي متري عبور داده شدند. pH نمونه هاي خاک در گل اشباع و هدایت الکتریکي، میزان کل عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر و بیکربنات خاک تیمار شده از عصاره اشباع اندازه گیري شد (۵). تجزیه آماري داده هاي آزمایش با کمک نرم افزار SAS (۲۵) و مقایسه میانگین ها براي ویژگي هاي مورد ارزیابي به روش آزمون چند دامنه اي دانکن انجام گرفت.

جدول ۱- ویژگي هاي شیمیایي خاک و ورمي کمپوست مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Chemical properties of soil and vermicompost in this study.

ویژگي ها Properties	آهن Fe	روي Zn	مس Cu	منگنز Mn	ماده آلي (درصد) Organic mater (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکي (دسي زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS m^{-1})
	قابل جذب (میلي گرم بر کیلوگرم) Available (mg kg^{-1})						
خاک (Soil)	58.4	1.0	3.63	13.9	2.41	7.52	2.34
ورمي کمپوست (VC)	9740	126	35	450	21	7.75	3.3

نتایج

تأثیر تیمارها بر ویژگي هاي خاک

با توجه به تأثیر معني دار تیمارهاي کودي بر ویژگي هاي مورد بررسي، مشخص گردید که تمام تیمارهاي کود آلي موجب افزایش هدایت الکتریکي خاک نسبت به خاک شاهد گردید. سطح ٤٥ تن ورمي کمپوست در هکتار (بدون و همراه با کود شیمیایي) بیشترین هدایت الکتریکي، محتوي سدیم و کلر خاک و مصرف ۳۰ و ٤٥ تن ورمي کمپوست در هکتار (بدون و همراه با کود شیمیایي) نیز بیشترین pH خاک را موجب شدند. در این

آزمايش تمام تيمارهاي كودي غير از تيمار ۳۰ تن ورمي كمپوست در هكتار ميزان كلسيم محلول خاک را به طـور معني داري نسبت به خاک شاهد افزايش دادند و بيشترين منيزيم خاک نيز در تيمـار ۴۵ تـن ورمـي كمپوسـت در هكتار مشاهده شد. همچنين تيمار كود شيميايي و سطوح ۳۰ و ٤٥ تن ورمي كمپوست در هكتار از بيشترين ميزان بيكربنات محلول در خاک برخوردار بودند (جدول ۲).

بـين هـدايت الكتريكـي خـاک بـا سـديم ($r = ۰/۹۳^{**}$)، كلـر ($r = ۰/۹۰^{**}$)، منيـزيم ($r = ۰/۷۹^{**}$)، كلسـيم ($r = ۰/٦٥^{**}$) و بيكربنات ($r = ۰/٤٥^{**}$) محلول در خاک همبستگي مثبت و معني داري مشاهده شد (جدول ٤).

تأثير تيمارها بر غلظت عناصر غذايي در گياه

تأثير مقادير مختلف ورمي كمپوست بر غلظت عناصر پر مصرف و غلظـت سـديم ريشـه و شاخسـاره- بـا توجه به جدول ۲ مشاهده مي شود كه تأثير تيمارهاي كودي بر تجمع عناصر پـر مصـرف و سـديم بخـش هـاي ريشه و شاخساره (غير از غلظت پتاسيم شاخساره لوبيا) معني دار بود. تيمار ۴۵ تن ورمـي كمپوسـت در هكتـار همـراه بـا كـود شـيميايي از بيشـترين محتـوي نيتـروژن ريشـه (۳/۱۰%) برخـوردار بـود و سـطح ۳۰ تـن ورمي كمپوست همراه با كود شيميايي درصد نيتروژن ريشه را بيش از كود شيميايي افزايش داد و تيمارهاي ۴۵ تن ورمي كمپوست و ۱۵ تن ورمي كمپوست به همراه كود شيميايي با تيمار كود شيميايي از نظر نيتروژن ريشـه در يک گروه آماري قرار داشتند. همچنين سطح ۴۵ تن ورمي كمپوست (بدون يا همراه با كود شـيميايي) و تيمـار كود شيميايي از لحاظ محتوي فسفر ريشه لوبيا سبز نسبت به گياه شاهد برتري نشان دادند به طوري كه محتوي فسفر ريشه از ۰/۱۹% در شاهد به ۰/۲۸% در تيمار ۴۵ تن ورمي كمپوست همـراه بـا كـود شـيميايي و ۰/۲۳% در تيمارهاي ۴۵ تن ورمي كمپوست و كود شيميايي افزايش يافت. تيمار ۴۵ تن ورمي كمپوست (بـدون يـا همـراه بـا كود شيميايي) از بيشترين غلظت پتاسيم ريشه برخوردار بود و در تمام تيمارهاي كود آلي غلظت پتاسـيم ريشـه بيش از كود شيميايي و شاهد بوده است. همچنين درصد سديم ريشه در تمام تيمارهاي كود آلـي بـيش از تيمـار كود شيميايي و گياه شاهد بود. همچنين با افزايش سطح مصرف ورمي كمپوست سطح سـديم ريشـه لوبيـا سـبز افزايش نشان داد (جدول ۳).

بيشترين ميزان نيتروژن شاخساره در تيمار ۴۵ تن ورمـي كمپوسـت همـراه بـا كـود شـيميايي (۳/۷۴%) مشاهده شد و سطح ۳۰ تن ورمي كمپوست همراه با كود شـيميايي مقـدار نيتـروژن شاخسـاره را بـيش از كـود شيميايي افزايش داده است. همچنين تيمارهاي ۴۵ تن ورمـي كمپوسـت، ۱۵ تـن ورمـي كمپوسـت همـراه بـا كـود شيميايي و كود شيميايي از لحاظ اين ويژگي در يـک گـروه آمـاري قـرار داشـتند. محتـوي فسـفر شاخسـاره در تيمارهاي ۳۰ و ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار همراه با كود شـيميايي نيـز بـيش از تيمـار كـود شـيميايي بـود. افزون بر اين، تيمار ۴۵ تن ورمي كمپوسـت همـراه بـا كـود شـيميايي در هكتـار باعـث افـزايش محتـوي پتاسـيم شاخساره لوبيا سبز نسبت به گياه شاهد شده ولـي از لحـاظ آمـاري ايـن اخـتلاف معنـي دار نبـود. همچنـين در بالاترين سطح مصرف ورمي كمپوست (۴۵ تـن در هكتـار) تفـاوت محتـوي سـديم شاخسـاره بـه ترتيـب ۳۶/۸۲ و۶۱/۴۰% نسبت به تيمارهاي كود شيميايي و شاهد افزايش يافت (جدول ۳).

جدول ۲- مقايسه ميانگين هاي ويژگي هاي شيميايي بستر كشت در تيمارهاي مختلف كودي (٦٠ روز پس از كاشت، آغاز گلدهي).

Table 2. Mean comparison of growing media chemical properties in different fertilizer treatments (60 days after sowing, initial flowering).

بيكربنات HCO_3^-	منيزيم Mg	كلسيم Ca	كلر Cl	سديم Na	اسيديته pH	هدايت الكتريكي (دسي زيمنس بر متر) Electrical conductivity ($dS\ m^{-1}$)	تيمارها Treatments
محلول در خاک (ميلي اكي والان بر ليتر) Extractable soil ($mq\ L^{-1}$)							
0.87c	2.37d	10.00d	3.60d	9.52c	7.59c	2.66c†††,†	Γ_1 (control)†††
1.43ab	3.25d	14.37ab	3.77d	9.81c	7.59c	2.76c	Γ_2 (NPK)
0.86c	2.83d	14.18ab	7.11c	12.67b	7.65bc	3.22b	Γ_3 (15 $t.ha^{-1}$ VC)
1.50ab	5.25b	11.50cd	10.43b	14.12b	7.72ab	3.47b	Γ_4 (30 $t.ha^{-1}$ VC)
1.62a	6.25a	15.87a	14.65a	19.53a	7.81a	4.80a	Γ_5 (45 $t.ha^{-1}$ VC)
0.94c	4.06c	14.12ab	8.22c	13.25b	7.69bc	3.22b	Γ_6 (15 $t.ha^{-1}$ VC+1/2NPK)
1.31b	4.00c	13.18bc	10.62b	14.12b	7.75ab	3.16b	Γ_7 (30$t.ha^{-1}$ VC+1/2NPK)
1.25b	5.37b	15.62a	15.79a	19.36a	7.81a	4.69a	Γ_8 (45 $t.ha^{-1}$ VC+1/2NPK)
14.39	13.77	10.63	9.08	7.67	0.88	7.31	ضريب تغييرات (CV) (%)

††† T_1 (control): Check (no organic or chemical fertilizer application); T_2 (NPK): Chemical fertilizer (100 $kg\ h^{-1}$ urea, potassium sulfate, triple super phosphate); T_3 (15 $t.ha^{-1}$ VC): 15 $t\ ha^{-1}$ vermicompost; T_4 (30 $t.ha^{-1}$ VC): 30 $t\ ha^{-1}$ vermicompost; T_5 (45 $t.ha^{-1}$ VC): 45 $t\ ha^{-1}$ vermicompost; T_6 (15 $t\ ha^{-1}$ VC+1/2NPK): 15 $t\ ha^{-1}$ vermicompost + 1/2NPK; T_7 (30 $t\ ha^{-1}$ VC+1/2NPK): 30 $t\ ha^{-1}$ vermicompost + 1/2NPK; T_8 (45 $t\ ha^{-1}$ VC+1/2NPK): 45 $t\ ha^{-1}$ vermicompost + 1/2NPK.

††† T_1 (control): شاهد (بدون مصرف كود آلي و يا شيميايي)، T_2 (NPK): كود شيميايي (١٠٠ كيلوگرم در هكتار اوره، سولفات پتاسيم، سوپر فسفات تريپل)، T_3 (15 $t\ ha^{-1}$ VC): ١٥ تن ورمي كمپوست در هكتار، T_4 (30 $t\ ha^{-1}$ VC): ٣٠ تن ورمي كمپوست در هكتار، T_5 (45 $t\ ha^{-1}$ VC): ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار، T_6 (15 $t\ ha^{-1}$ VC+1/2NPK): ١٥ تن ورمي كمپوست در هكتار + ١/٢ كود شيميايي، T_7 (30 $t\ ha^{-1}$ VC+1/2NPK): ٣٠ تن ورمي كمپوست در هكتار +١/٢ كود شيميايي، T_8 (45 $t\ ha^{-1}$ VC+1/2NPK): ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار + ١/٢ كود شيميايي.

جدول ۳- مقايسه ميانگين هاي ويژگي هاي شيميايي ريشه و شاخساره لوبيا سبز در تيمارهاي مختلف كودي (٦٠ روز پس از كاشت، آغاز گلدهي).

Table 3. Mean comparison chemical properties of bush bean root and shoot in different fertilizer treatments (60 days after sowing, initial flowering).

وزن خشک Dry weight	روي Zn	منگنز Mn	مس Cu	آهن Fe	پتاسيم K	فسفر P	نيتروژن N	سديم Na	تيمارها Treatments
Root (g plant^{-1}) ريشه (گرم در بوته)		Root (mg kg^{-1})	ريشه (ميلي گرم بر كيلوگرم)			Root (%)	ريشه (درصد)		
0.33c	55.23d	68.79c	30.59d	1181.67c	1.70e	0.19d	2.05e	1.10d†	T_1(control) ††
0.73b	58.86c	75.21bc	38.51c	1209.30c	1.79de	0.23bc	2.44c	1.17d	T_2(NPK)
0.74b	59.22c	76.55b	38.51c	1538.27b	2.16cd	0.20cd	2.27d	1.71c	T_3(15 t.ha^{-1} VC)
0.61b	67.95ab	79.94b	42.05ab	1628.44b	2.55bc	0.20bcd	2.31d	1.90bc	T_4(30 t.ha^{-1} VC)
0.08d	70.12a	94.84a	44.56a	1951.41a	3.22a	0.23b	2.51c	2.70a	T_5(45 t.ha^{-1} VC)
0.03a	64.68b	77.52b	40.39bc	1720.13b	2.19bcd	0.20bcd	2.51c	1.67c	T_6(15 t.ha^{-1} VC+1/2NPK)
0.97a	68.31ab	80.16b	45.69a	1904.17a	2.66b	0.22bcd	2.92b	1.95b	T_7(30t.ha^{-1} VC+1/2NPK)
0.17d	71.22a	97.02 a	46.14a	1976.16a	3.61a	0.28a	3.10a	2.67a	T_8(45 t.ha^{-1} VC+1/2NPK)
15.77	3.71	5.64	5.92	6.81	12.07	9.02	2.71	8.10	ضريب تغييرات (%)
وزن خشک Dry weight	روي Zn	منگنز Mn	مس Cu	آهن Fe	پتاسيم K	فسفر P	نيتروژن N	سديم Na	
Aerial (g plant^{-1}) شاخساره (گرم در بوته)		Shoot (mg kg^{-1})	شاخساره (ميلي گرم بر كيلوگرم)			Shoot (%)	شاخساره (درصد)		
1.74e	35.98e	60.80b	21.48e	329.26c	4.89bc	0.45d	3.00e	0.10de	T_1(control)
2.45d	37.91de	64.56b	27.19d	344.31c	4.93abc	0.48bc	3.35c	0.14e	T_2(NPK)
2.60d	37.08e	66.02b	27.46d	348.69c	4.83c	0.42e	3.18d	0.185c	T_3(15 t.ha^{-1} VC)
3.10c	41.62bc	63.73b	33.02bc	375.18c	5.04abc	0.47cd	3.29cd	0.182cd	T_4(30 t.ha^{-1} VC)
0.73f	43.68ab	81.52a	35.33ab	470.50ab	5.10abc	0.48bc	3.35c	0.28a	T_5(45 t.ha^{-1} VC)
4.75b	39.83cd	66.20b	30.48c	441.76b	5.01abc	0.49ab	3.41c	0.22b	T_6(15 t.ha^{-1} VC+1/2NPK)
5.30a	43.26ab	69.96b	36.22a	463.79ab	5.39a	0.51a	3.57b	0.19c	T_7(30 t.ha^{-1} VC+1/2NPK)
1.71e	45.88a	85.30a	38.02a	496.05a	5.34a	0.52a	3.74a	0.29a	T_8(45 t.ha^{-1} VC+1/2NPK)
9.14	4.36	8.88	6.57	8.11	5.62	3.20	3.06	8.24	ضريب تغييرات (%)

† In each column, mean with different letters are significantly different at 5% level of probability using DMRT.

† حروف متفاوت در هر ستون بيانگر اختلاف معني دار در سطح احتمال ۵% با آزمون چند دامنه اي دانكن مي باشد.

†† T_1 (control): Check (no organic or chemical fertilizer application); T_2 (NPK): Chemical fertilizer (100 Kg h^{-1} urea, uotassium sulfate, triple super phosphate); T_3 (15 t ha^{-1} VC): 15 t ha^{-1} vermicompost; T_4 (30 t ha^{-1} VC): 30 t ha^{-1} vermicompost; T_5 (45 t ha^{-1} VC): 45 t ha^{-1} vermicompost; T_6 (15 t ha^{-1} VC+1/2NPK): 15 t ha^{-1} vermicompost + 1/2NPK; T_7 (30 t ha^{-1} VC+1/2NPK): 30 t ha^{-1} vermicompost + 1/2NPK; T_8 (45 t ha^{-1} VC+1/2NPK): 45 t ha^{-1} vermicompost + 1/2NPK.

†† T_1 (control): شاهد (بدون مصرف كود آلي و يا شيميايي)، T_2 (NPK):كود شيميايي (۱۰۰ كيلوگرم در هكتار اوره، سولفات پتاسيم، سوپر فسفات تريپل)، T_3 (15 t ha^{-1} VC): ۱۵ تن ورمي كمپوست در هكتار، T_4 (30 t ha^{-1} VC): ۳۰ تن ورمي كمپوست در هكتار، T_5 (45 t ha^{-1} VC): ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار، T_6 (15 t ha^{-1} VC+1/2NPK): ۱۵ تن ورمي كمپوست در هكتار + ۱/۲ كود شيميايي، T_7 (30 t ha^{-1} VC+1/2NPK): ۳۰ تن ورمي كمپوست در هكتار +۱/۲ كود شيميايي، T_8 (45 t ha^{-1} VC+1/2NPK): ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار + ۱/۲ كود شيميايي.

جدول ۴ – ضرايب همبستگي ساده ويژگي هاي شيميايي با هدايت الكتريكي خاک و محتوي سديم ريشه و شاخساره لوبيا سبز (n = ۳۲).

Table 4. Correlation coefficients of soil chemical properties with electrical conductivity and Na content of bush bean root and shoot (n = 32).

سديم شاخساره Aarial Na	سديم ريشه Root Na	بيكربنات HCo3	منيزيم Mg	كلسيم Ca	كلر Cl	سديم Na	اسيديته pH	هدايت الكتريكي Electrical conductivity	Conductivity
								1	هدايت الكتريكي Electrical
							1	0.72††	اسيديته pH
						1	0.75††	0.93††	سديم Na
					1	0.93††	0.80††	0.90††	كلر Cl
				1	0.54††	0.53††	0.45††	0.65††	كلسيم Ca
			1	0.40†	0.82††	0.79††	0.72††	0.79††	منيزيوم Mg
		1	0.66††	0.24	0.44†	0.44††	0.39†	0.45††	بيكربنات HCo3
	1	0.39†	0.82††	0.53††	0.95††	0.92††	0.75††	0.89††	سديم ريشه Root Na
1	0.88††	0.21†	0.69††	0.52††	0.85††	0.89††	0.61††	0.86††	سديم شاخساره Aarial Na

†† and †: Significant at 1% and 5% level of probability, respectively.

††و †: به ترتيب معني دار در سطح احتمال ۱% و ۵%.

در بررسي همبستگي ساده ويژگي هاي ياد شده مشخص گرديد كه بين محتوي نيتروژن ريشه و شاخساره ($r = ۰/۸۹^{**}$)، فسفر ريشه و شاخساره ($r = ۰/۵۵^{**}$) و همچنين پتاسيم در ريشه و شاخساره لوبيا ($r = ۰/٤۵^{**}$) همبستگي مثبت و معني داري وجود داشت.

تأثير مقادير مختلف ورمي كمپوست بر تجمع عناصر كم مصرف ريشه و شاخساره

در بين تيمارهاي مختلف كودي، سطح ۴۵ تن ورمي كمپوست (همراه و بدون كود شيميايي) و ۳۰ تن ورمي كمپوست غني شده در هكتار از بيشترين محتوي آهن ريشه و شاخساره و نيز بيشترين ميزان عناصر روي و مس شاخساره لوبيا سبز برخوردار بودند. البته در مورد مقدار آهن ريشه گياه، تمام تيمارهاي كود آلي نسبت به تيمار كود شيميايي برتري نشان دادند اما بين ورمي كمپوست ۱۵ و ۳۰ تن در هكتار از لحاظ محتوي آهن شاخساره تفاوت معني داري مشاهده نشد. سطوح ۳۰ و ۴۵ تن در هكتار ورمي كمپوست (همراه و بدون كود شيميايي) بيشترين محتوي عناصر روي و مس ريشه را موجب گرديدند. همچنين در سطح ۴۵ تن ورمي كمپوست (همراه و بدون كود شيميايي) بيشترين ميزان منگنز ريشه و شاخساره مشاهده شد. تأثير تيمارهاي ۱۵ تن ورمي كمپوست غني نشده و كود شيميايي بر غلظت عناصر كم مصرف ريشه و شاخساره به غير از آهن ريشه مشابه بود (جدول ۳).

با توجه به نتايج همبستگي ساده بين محتوي آهن ريشه و شاخساره ($r = ۰/۹۱^{**}$)، مس ريشه و شاخساره ($r = ۰/۹۳^{**}$)، منگنز ريشه و شاخساره ($r = ۰/۹۱^{**}$) و همچنين محتوي روي ريشه و شاخساره لوبيا ($r = ۰/۹۲^{**}$) همبستگي بالايي وجود داشت.

بحث

در اين پژوهش با افزايش مقدار مصرف ورمي كمپوست از سطح ۳۰ به ٤۵ تن در هكتار، هدايت الكتريكي خاک افزايش قابل ملاحظه اي يافت به طوري كه در تيمار ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار (همراه و بدون كود شيميايي) هدايت الكتريكي خاک براي رشد گياه لوبيا كه از خانواده لگوم ها و به نسبت حساس به شوري است (۲۲) نامطلوب بود. در مورد غلظت كاتيون و آنيون هاي مورد بررسي در خاک نيز سطوح بالاي مصرف ورمي كمپوست افزايش قابل توجهي را نشان دادند كه با نظر زالر[1] (۲۹) مبني بر افزايش شاخص TDS (كل نمک هاي محلول) خاک در بيشترين سطح مصرف ورمي كمپوست (۵۵% ورمي كمپوست +۵۵% پيت) و كاهش رشد سيب زميني در مقايسه با تركيب ۲۵% ورمي كمپوست + ۸۰% پيت همسويي دارد، اين پژوهشگر تغيير در ويژگي هاي خاک را منوط به منبع تهيه كود آلي و ميزان مصرف آن بيان داشت. به ويژه آن كه در اين آزمايش افزايش سديم و كلر محلول خاک در تيمار ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار (همراه و بدون كود شيميايي) به ترتيب حدود دو و چهار برابر تيمار كود شيميايي و شاهد بود. كورتني و مالن[2] (۱۰) نيز همبستگي مثبت بين هدايت الكتريكي و سديم قابل حل خاک را با افزايش ميزان مصرف كمپوست (سطوح ۵۰ و ۱۰۰ تن در هكتار) گزارش نمودند.

با توجه به نتايج اين آزمايش سطوح ۳۰ و ۴۵ تن ورمي كمپوست غني شده در هكتار موجب افزايش معني دار نيتروژن ريشه و شاخساره و نيز فسفر شاخساره گياه لوبيا سبز نسبت به تيمار كود شيميايي شدند و سطح ۴۵ تن ورمي كمپوست (همراه و بدون كود شيميايي) از بيشترين غلظت پتاسيم ريشه برخوردار بود.

۱- Zaller ۲- Courtney and Mullen ۳- Perez-Murcia *et al.*

افزايش pH خاک در تيمارهاي ۳۰ و ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار (بدون و همراه با كود شيميايي) نسبت به كود شيميايي افزايش جذب عناصر پر مصرف در گياه را تأييد مي كند و با نظر پرزمارسيا و همكاران[۳] (۲۰) مبني بر اين كه مصرف مقادير بالاي كمپوست بر قابليت دسترسي مواد غذايي خاک و جذب آن ها به وسيله گياه مؤثر مي باشد، هماهنگي دارد. در اين آزمايش با وجود افزايش پتاسيم جذب شده توسط ريشه، افزايش معني داري در ميزان تجمع عنصر ياد شده در شاخساره گياه مشاهده نشده است كه اثر رقيق شدن[۱] عنصر به دليل وزن تازه بيشتر توليد شده توسط گياه مي تواند از دلايل احتمالي آن باشد كه با نظر پرز مارسيا و همكاران (۲۰) همسويي دارد. ساحني و همكاران[۲] (۲۴) افزايش نيتروژن و فسفر شاخساره نخود فرنگي در مقادير مختلف ورمي كمپوست مصرفي نسبت به گياه شاهد را گزارش نمودند به طوري كه با افزايش سطح مصرف كود آلي غلظت نيتروژن گياه نيز افزايش نشان داد. در پژوهش حاضر افزايش هدايت الكتريكي خاک تيمار شده با ورمي كمپوست افزايش محتوي سديم ريشه گياه تحت تأثير تمام تيمارهاي ورمي كمپوست را به همراه داشت كه با يافته هاي وارمن و هاوارد[۳] (۲۷) مبني بر افزايش قابل ملاحظه سديم در غده و آهن برگ هاي سيب زميني در كشت ارگانيک همسويي دارد.

در مورد ميزان سديم شاخساره لوبيا سبز نيز مشاهده مي شود با وجود افزايش درصد سديم ريشه متناسب با افزايش سطح كود آلي و تجمع آن در شاخساره گياه در تيمار ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار، افزايش ميزان مصرف ورمي كمپوست از ۱۵ به ۳۰ تن در هكتار نه تنها افزايشي در درصد سديم شاخساره لوبيا موجب نگرديد بلكه در سطح ۳۰ تن ورمي كمپوست غني شده درصد سديم كمتر از ۱۵ تن ورمي كمپوست غني شده بود و تيمار ۳۰ تن ورمي كمپوست از اين حيث با تيمار كود شيميايي و شاهد در يک گروه آماري قرار گرفت. از آن جا كه بيشترين وزن خشک شاخساره گياه در سطح ۳۰ تن ورمي كمپوست مشاهده گرديد مي توان تعديل غلظت سديم در گياه را به موجب رقيق شدن اين كاتيون در زيست توده بالاي گياه توجيه نمود و با توجه به اين كه زيست توده شاخساره گياه در تيمار ۴۵ تن ورمي كمپوست به دليل محدوديت شوري افزايشي نسبت به گياه شاهد نشان نداد و حتي از وزن ريشه كمتري نيز برخوردار بوده است. بر همين اساس غلظت عنصر مذكور در شاخساره لوبيا سبز تحت اين تيمار به طور چشمگيري افزايش يافت.

با توجه به نتايج به دست آمده ديده مي شود كه سطوح ۳۰ و ۴۵ تن ورمي كمپوست در هكتار بدون يا همراه با كود شيميايي از لحاظ غلظت آهن ريشه، غلظت روي و مس ريشه و شاخساره گياه نسبت به تيمار كود شيميايي برتري نشان دادند. نتايج به دست آمده با يافته هاي سومار و همكاران[۴] (۲۶) كه افزايش جذب آهن بافت گياه چاودار تحت تيمار ۵۰ و ۱۰۰ تن كمپوست غني شده در هكتار را نسبت به تيمار فقط كود شيميايي گزارش نمودند، همسويي دارد. پرزمارسيا و همكاران (۲۰) در بررسي تأثير مقادير مختلف كمپوست بر غلظت عناصر كم مصرف (آهن، مس، منگنز، روي) اظهار داشتند تمام مقادير كودي غلظت اين عناصر را در گياه كلم بروكلي افزايش دادند و بيشترين مقدار كمپوست (۵۰% وزني بستر كشت) بيشترين غلظت عناصر آهن و روي را موجب گرديد ولي غلظت مس در شاخساره كلم بروكلي در تيمار ۳۰% وزني بيشترين بود. در آزمايشي ديگر در تجزيه بافت برگ سويا افزايش چشمگيری عناصر كم مصرف تحت تيمار ۴۵ تن كمپوست زباله شهري غني شده با ۵۰% كود شيميايي مورد نياز گياه در مقايسه با مصرف فقط كود شيميايي مشاهده شد (۱۷). با توجه به نتايج اين گزارش تيمارهاي ۲۰ و ۴۰ تن ورمي كمپوست غني شده با كود شيميايي در بين عناصر مورد بررسي تنها موجب افزايش

۱- Dilution effect ۲- Sahni *et al.* ۳- Warman and Havard ۴- Soumare *et al.*

محتوي آهن برگ گياه نسبت به تيمار شاهد گرديد. ولي در پژوهش حاضر تـأثير چشـمگير سـطح ۴۵ تـن ورمـي كمپوست غني شده در افزايش ميزان تمام عناصر كم مصرف شاخساره گياه به طور كامل مشهود است و با نتايج گزارش ياد شده همسو نيست. دليل احتمالي افزايش تجمع عناصر در بافت لوبيا، ارتفاع كوتاه و زيست توده كمتـر اين گياه در شرايط گلداني نسبت به شرايط مزرعه اي در يک سال مصرف كمپوست بوده است.

غلظت منگنز ريشه و شاخساره تنها در بالاترين سطح مصرف ورمي كمپوست نسبت بـه كـود شـيميايي برتري نشان داد در حالي كه تجزيه شيميايي ورمي كمپوست مقدار بالاي محتوي منگنز را نشان داد، احتمال دارد pH بالاي خاک مورد آزمايش قابليت دسترسي گياه به اين عنصر را محدود كرده باشد كه با نظر وارمن و ترمر[1] (۲۸) مبني بر اين كه قابليت جذب منگنز توسط گياه به شدت تحت تأثير pH خاک و يون H^+ بوده به طوري كه بـا افزايش pH خاک جذب اين عنصر توسط گياه كاهش مي يابد، هماهنگي دارد. اين پژوهشگران افزايش منگنز بافـت گياه ذرت در تيمار لجن فاضلاب را به دليل اسيدي شدن و كاهش اكسيژن خاک دانستند. سومار و همكـاران (۲۶) افزايش جذب منگنز گياه چاودار را در تيمار ۲۵ و ۵۰ تن كمپوسـت در هكتـار بـيش از نسـبت ۱۰۰ تـن در هكتـار گزارش نمودند.

منابع REFERENCES

۱. آستارايي، ا.، و ي. فتاحي كياسري، ۱۳۸۵. اثر شيرابه كمپوست زباله شهري بر برخي خصوصيات شـيميايي خاک و گياه فلفل. علوم كشاورزي ايران ۱-۱۲.

۲. امامي، ع.، ۱۳۷۵. روش هاي تجزيه گياه. انتشارات سازمان تحقيقات، آموزش و تـرويج كشـاورزي مؤسسـه تحقيقات خاک و آب. شماره ۱. ۱۲۸ ص.

۳. مجنون حسيني، ن. ۱۳۸۳. حبوبات در ايران. انتشارات جهاد دانشگاهي واحد تهران. چاپ سوم. ۲۴۰ ص.

۴. ملكوتي، م.، ۱۳۷۵. كشاورزي پايدار و افزايش عملكرد با بهينه سازي مصرف كود در ايران. انتشـارات نشـر آموزش كشاورزي. ۳۷۹ ص.

5. Agricultural Development and Advisory Service (ADAS). 1988. Guide to the interpretation of analytical data for loamless compost. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Circ. No. 25.
6. Atiyeh, R.M., C.A. Edwards, S. Suble and J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. Biores. Technol. 78:11-20.
7. Atiyeh, R.M., J. Dominguez, S. Subler and C.A. Edvards. 2000. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworm (*Eisenia anderi,* Bouche) and the effect on seedling growth. Pedobiologia 44:709-724.
8. Copper, J.M. and P.R., Warman. 1997. Effects of three fertility amendments on soil dehydrogenase activity, organic C and pH. Can. J. Soil Sci. 77:281-287.
9. Corre, R.S., R.E. White and A.J. Weatherley. 2006. Effect of compost treatment of sewage sludge on nitrogen behavior in two soils. Waste Manag. 26:614-619.
10. Courtney, R.G. and G.J. Mullen. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Biores. Technol. 99:2913-2918.
11. Gasco, G. and M.C. Lobo. 2007. Composition of a Spanish sewage sludge and effects on treated soil and olive trees. Waste Manag. 27:1494-1500.

۱- Warman and Termeer

12. Guerra-Rodrıguez, E., J. Alonso, M.J. Melgar and M. Vazquez. 2006. Evaluation of heavy metal contents in co-composts of poultry manure with barley wastes or chestnut burr/leaf litter. Chemosphere 65:1801-1805.
13. Khalilian, A., M.J. Sullivan, J.D. Mueller, A. Sharalipour, F.J. Wolak, R.E. Williamson and R.M. Lippert. 2002. Effects of surface application of MSW compost on cotton production-soil properties, plant responses and nematode management. Compost. Sci. Utilil. 10:270-279.
14. Le Bayona, R.C. and F. Bineta. 2006. Earthworms change the distribution and availability of phosphorous in organic substrates. Soil Biol. Biochem. 38:235-246.
15. Maboeta, M.S., and L. Rensburg. 2003. Vermicomposting of industrially produced woodchips and sewage sludge utilizing *Eisenia fetida*. Ecotoxicol. Environ. Safety 56:265-270.
16. Mkhabelaa, M.S. and P.R. Warman. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorous availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. Agr. Ecosys. Environ. 106:57-67.
17. Mottaghian, A., H. Pirdashti, M.A Bahmanyar and A. Abbasian. 2008. Leaf and seed micronutrient accumulation in soybean cultivars in response to integrated organic and chemical fertilizers application. Pakistan J. Biol. Sci. 11:1227-1233.
18. Murillo, J.M., F. Cabrera, R. Lopez and P. Martın-Olmedo. 1995. Testing low-quality urban composts for agricultural: germination and seedling performance of plants. Agr. Ecosys. Environ. 54:127-135.
19. Ouedraogo, E., A. Mando and N.P. Zombr. 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. Agr. Ecosys. Environ. 84:259-266.
20. Perez-Murcia, M.D., R. Moral, J. Moreno-Caselles and A.C. Paredes. 2006. Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. Biores. Technol. 97:123-130.
21. Petruzzelli, G. 1996. Heavy metals in compost and their effect on soil quality, In: Bertodi, M., P. Sequi, B. Lemmes, T. Papi (eds.), The Science of Composting, 1st ed. Blakie Academic and Professional, Glasgow, UK, 213-223.
22. Saadallah, K., J.J. Drevon and C. Abdelly. 2001. Nodulation and growth of nodules in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) under salt stress. Agronomie. 21:627–634.
23. Sager, M., 2007. Trace and nutrient elements in manure, dung and compost samples in Austria. Soil Biol. Biochem. 39:1383-1390.
24. Sahni, S., B.K. Sarma, D.P. Singh and K.P. Singh. 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietium* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. Crop Protection. 27:369-379.
25. SAS Institute. 1997. SAS User's Guide: Statistics, Version 6.12 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.
26. Soumare, M., F.M.G. Tack and M.G. Verloo. 2003. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. Biores. Technol. 86:15-20.
27. Warman, P.R. and K.A. Havard. 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. Agr. Ecosys. Environ. 68: 207-216.
28. Warman, P.R. and W.C. Termeer. 2005. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn and B content of crops and soils. Biores. Technol. 96:1029-1038.
29. Zaller, G.H., 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Sci. Hort. 112:191-199.

30. Zinati, G.M., Y.C. Li, and H.H. Bryan. 2001. Accumulation and fractionation of copper, iron, manganese, and zinc in calcareous soils amended with compost. Journal of Environ. Health Sci. 36:229-243.
31. Zinati, G.M., Y.C. Li, H.H. Bryan, R.S. Mylavarapu, and M. Cadallo. 2004. Distribution and fractionation of phosphorus, cadmium, nickel, and lead in calcareous soils amended with composts. J. Environ. Health Sci. 39:209-223.