اثر ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی بر برخی ویژگی‌های ریحان سبز (*Ocimum basilicum L.*) و خاک پس از برداشت

مریم موسی‌پور، محمد فیضیان[1] و زهره بوالحسنی

دانشجوی دکتری علوم خاک، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان؛ maryam.mosapour8@gmail.com

دانشیار، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان؛ feizian.m@lu.ac.ir

دانشجوی دکتری علوم خاک، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان؛ z.bolhasani93@yahoo.com

ص: 177-191

دریافت: 1400/6/29 و پذیرش: 1401/2/21

چکیده

یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان تنش رطوبتی می‌باشد. هدف از اجرای این آزمایش بررسی اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی بر برخی ویژگی‌های رشد ریحان سبز و خاک پس از برداشت محصول بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل و سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام شد. عامل اول شامل چهار سطح ورمی‌کمپوست (صفر، 10، 20 و 30 گرم در کیلوگرم خاک) و عامل دوم سه سطح رطوبت خاک (100%، 75% و 55% ظرفیت مزرعه) بود. بر پایه نتایج، بیشترین وزن تر (58/96 گرم در گلدان)، وزن خشک (5/9 گرم در گلدان) و غلظت فسفر اندام هوایی (0/42%) مربوط به تیمار بدون تنش رطوبتی و کاربرد 30 گرم ورمی‌کمپوست بود و کمترین مقدار وزن تر و خشک و فسفر اندام هوایی در بالاترین سطح تنش رطوبتی و عدم کاربرد ورمی‌کمپوست مشاهده گردید. همچنین، بیشترین غلظت نیتروژن (4/74%) و پتاسیم (3/90%) اندام هوایی در تیمار دارای بالاترین سطح تنش و کاربرد 30 گرم ورمی‌کمپوست مشاهده شد. در خاک پس از برداشت، بیشترین غلظت نیتروژن (0/2%) و فسفر قابل جذب (26/25 میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار 30 گرم درکیلوگرم ورمی‌کمپوست با تنش (55% ظرفیت مزرعه) و کم‌ترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده گردید. با توجه به این نتایج، می‌توان گفت که ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی بر افزایش رشد گیاه ریحان در شرایط تنش رطوبتی، دارد.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، کود آلی، عناصر پرمصرف

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: لرستان، دانشگاه لرستان- دانشکده کشاورزی، گروه علوم خاک

مقدمه

ریحان با نام علمی (*Ocimum basilicum L.*) یکی از گیاهان بومی آسیا است که در تیره نعنایان قرار می‌گیرد (پیوندی و همکاران، 1390). اسانس و عصاره استخراج شده از جنس‌های مختلف گیاه ریحان در صنایع دارویی، غذایی، عطرسازی و بهداشتی بکار می‌رود. گیاهان ممکن است در طول دوره رشد خود با تنش‌های محیطی و رطوبتی مواجه شوند که براساس مرحله رشد آن‌ها و میزان حساسیت گیاه، رشد آن‌ها دچار تغییراتی از نظر مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، متابولیکی، بیوشیمیایی و مولکولی شود (امام و زوارهی، 2005). تنش خشکی از بحرانی‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان و کاهش تولید محصول شناخته شده است (بودن و همکاران، 2010). براساس مطالعات صورت گرفته در سطح جهان میزان کاهش عملکرد گیاه بر اثر تنش رطوبتی 50 درصد گزارش شده است (رهبریان و همکاران، 2011).

تنش خشکی از طریق کاهش فشار تورژسانس موجب کاهش رشد و نمو سلول‌ها و به طبع آن کاهش رشد برگ، سطح برگ و سطح تعرق گیاه می‌شود. در نتیجه سطح فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و موجب کاهش تولید ماده خشک و عملکرد گیاه می‌گردد (شاوو و همکاران، 2008). کاهش رطوبت خاک با تأثیر بر رشد ریشه و تحرک عناصر غذایی خاک در جذب عناصر معدنی توسط گیاهان نقش دارد (فیجریا و همکاران، 2002). بنابراین رطوبت خاک با تأثیری که بر جذب عناصر غذایی دارد، ممکن است نقش مهمی در تحمل گیاهان به تنش رطوبتی داشته باشد (سمره و همکاران، 2004). مقدم و همکاران (1394) با بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش رطوبتی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم ریحان گزارش کردند، تنش رطوبتی سبب کاهش معنی‌دار تعداد شاخه‌فرعی، وزن‌تر، وزن خشک و درصد اسانس در ارقام مختلف ریحان شد. در گزارشی کاهش جذب عناصر غذایی توسط ریحان تحت تنش خشکی مشاهده گردید (حسنی و امیدبیگی، 1381). مطالعات شرفی و همکاران نشان داد (1400) که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دارشاخه‌های فرعی، وزن تر و وزن خشک گیاه آویشن باغی گردید.

افزودن موادآلی جهت افزایش حاصلخیزی خاک در مناطق خشک و نیمه خشک امری ضروری به‌نظر می‌رسد (احمد آبادی و قاجارسپانلو،1391). ورمی-کمپوست کودی بیوارگانیک است که از یک مخلوط بیولوژیکی بسیار فعال دارای باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی تشکیل شده است که باعث ادامه عمل تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر رشد گیاه می‌گردد (بریمنس، 1999). ورمی‌کمپوست گاوی فضولات کرم‌هایی است که از کودگاوی، تغذیه کرده باشند. کرم‌ها با خوردن محتویات عالی، زائدات آنها را تجزیه و دگرگون می‌نمایند.

فرآیند هضم این کرم‌ها به تغییر سریعتر مواد منتهی شده و کمپوست حاصله تثبیت می‌شود. نتیجه این عمل دستیابی به ورمی‌کمپوستی با کیفیت بالا است که با بالاترین استانداردهای جهانی برابری می‌کند (فرمحمدی، 1385). کود ورمی‌کمپوست به دلیل ساختار متخلخل، ظرفیت بالای ذخیره آب، داشتن هورمون‌های مختلف مانند تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و مقادیر زیادی مواد مغذی می‌تواند در رشد و نمو گیاهان و همچنین در کاهش اثرات مضر تنش‌های مختلف محیطی روی گیاهان از جمله تنش رطوبتی مؤثر واقع گردد (حسین زاده و همکاران، 1396). استفاده از کودهای آلی مانند کمپوست و ورمی‌کمپوست در خاک‌های مناطق خشک و آهکی با میزان ماده آلی کم، علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش قابلیت جذب عناصری مانند فسفر و پتاسیم ایفا کند. مطالعات صورت گرفته توسط محمدی آریا و همکاران (1389) نشان داد مصرف کود ورمی‌کمپوست نقش موثری در کاهش pH خاک و افزایش میزان فسفر محلول در آب داشت. احمدپور و حسین زاده (2017) با مطالعه تأثیر کود ورمی-

کمپوست بر صفات مورفولوژیکی عدس تحت تنش خشکی گزارش کردند استفاده از ورمی‌کمپوست در خاک، به ویژه در مقادیر 15 و 25 درصد وزنی باعث افزایش معنی داری در کلیه صفات مورد مطالعه در شرایط بدون تنش شد، و در شرایط تنش زیاد افزایش سطح ورمی-کمپوست افزایش معنی داری بر ارتفاع گیاه، تعداد غلاف، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، سطح برگ و سطح ریشه داشت. باتوجه به اهمیت گیاه ریحان از نظر خوراکی و دارویی و اینکه بیش از 80 درصد زمین-های کشاورزی ایران جز خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک هستند که از نظر ماده آلی در سطح پایینی قرار دارند، در این تحقیق به بررسی اثرات سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های شیمیایی گیاه و خاک پس از برداشت گیاه ریحان تحت تنش رطوبتی پرداخته شد.

مواد و روش

در این پژوهش مقدار خاک مورد نیاز از افق سطحی (عمق 30-0 سانتی‌متری) از دانشکده کشاورزی لرستان که هیچ‌گونه سابقه کوددهی در آن وجود نداشت تهیه و پس از هوا خشک کردن با الک 4 میلی‌متری برای خاک گلدان‌های سه کیلوگرمی (به قطر 25 سانتی‌متر و ارتفاع 30 سانتی‌متر) غربال گردید. جهت تجزیه خاک پس از هواخشک کردن از الک 2 میلی‌متری عبور داده شد. در مرحله بعدی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند کربنات کلسیم معادل با روش خنثی-سازی با اسید و تیترکردن با سود (ریچاردز، 1954)، pH به روش عصاره گل‌اشباع با استفاده از دستگاه pH متر (توماس، 1996)، EC عصاره گل‌اشباع توسط دستگاه هدایت الکتریکی (روداس، 1996)، درصد مواد آلی به روش اکسایش تر (نلسون و سامنر، 1982) و بافت خاک به روش هیدرومتری (جی و بودر، 1986) تعیین گردید. نیتروژن کل به روش کلدال (برمنر، 1996)، فسفر قابل استفاده به روش عصاره‌گیری با بی‌کربنات‌سدیم (اولسن و همکاران، 1954) و پتاسیم قابل استفاده خاک با استفاده از عصاره‌گیر استات‌آمونیوم و قرائت با دستگاه شعله سنج استفاده شد (کنادسن و همکاران، 1982) (جدول 1).

کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این پژوهش از شرکت تولیدی کود ورمی‌کمپوست اریکه اراک تهیه گردید (از کود گاوی جهت تولید این نوع ورمی-کمپوست استفاده شده است). برای اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های ورمی‌کمپوست پس از هواخشک کردن و غربال با الک 2میلی‌متری، pH و EC در نسبت 1:5 کود به آب ، نیتروژن و ماده آلی مانند روش‌های صورت گرفته برای خاک، فسفر به روش کو (کو، 1966)، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز به روش خشک سوزانی و حل خاکستر در اسید کلریدریک دو نرمال و قرائت توسط دستگاه جذب اتمی انجام شد(جدول2). قابل ذکر است تمام آزمایش‌های فوق در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان صورت گرفت.

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک مورد استفاده

pH	هدایت الکتریکی	پتاسیم	فسفر	آهن	روی	مس	منگنز	کلاس بافت خاک	سیلت	رس	شن	آهک	O.C	نیتروژن کل
-	$dS.m^{-1}$	قابل جذب($mg.kg^{-1}$)						-	(%)					
7/6	0/72	280	21	5/1	1/03	1/46	7/17	لوم	31/28	20/72	48	28/5	0/9	0/08

جدول 2- برخی خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده

pH	O.C	EC	نیتروژن کل	پتاسیم	فسفر	آهن	روی	مس	منگنز
	(%)	$dS.m^{-1}$	(%)			($mg.kg^{-1}$)			
7/61	13/2	1/7	1/6	1/2	0/85	4223	239/5	70/8	360/7

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف ورمی-کمپوست کودگاوی بر برخی ویژگی‌های گیاه و خاک پس از برداشت ریحان، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل (3×4) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان صورت گرفت. فاکتورهای مورد استفاده شامل 4 سطح ورمی‌کمپوست (۰،۱۰، 20 و 30 گرم در کیلوگرم خاک) و سه سطح رطوبتی (100، 75 و 55 درصد ظرفیت مزرعه) بود. به منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی و بر اساس نتایج آزمون خاک اولیه (جدول1) نیتروژن از منبع کود اوره (150میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) عناصر آهن، منگنز و روی هر کدام به میزان 5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و به‌ترتیب از منابع آهن سولفات آهن، سولفات منگنز و سولفات روی و عنصر مس به میزان 2/5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و از منبع سولفات مس و به‌صورت محلول به‌طور یکنواخت به خاک اولیه همه کیسه‌ها اضافه شدند. نیتروژن در دو نوبت به طور مساوی (75 میلی گرم در کیلوگرم خاک) قبل از کاشت و 4 هفته بعد از جوانه‌زنی بذرها به خاک گلدان‌ها اضافه شد. برای آماده سازی خاک گلدان‌ها، دو روز قبل از کشت، عناصر کم‌مصرف (آهن، روی، منگنز و مس) و نیتروژن برای هر کیلوگرم خاک به مقدار محاسبه شده بصورت محلول اضافه گردید و پس از خشک شدن با خاک کاملا مخلوط گردید.

پس از مخلوط کردن مقادیر ورمی‌کمپوست با خاک (دو روز قبل از کشت) برای هر گلدان بذر ریحان به تعداد 10 عدد در عمق 1 سانتی متری قرار داده شد و سپس با آب شهری در حد ظرفیت مزرعه آبیاری گردید. در ابتدا برای تعیین رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه، مقداری خاک به‌عنوان نمونه از توده اصلی برداشته و به حد اشباع رسانیده شد نمونه خاک در داخل آون جهت خشک شدن قرار گرفت. در انتها نمونه خشک شده وزن شد و از طریق رابطه زیر، ظرفیت زراعی خاک محاسبه گردید:

رابطه (1)

ظرفیت مزرعه= (وزن تر خاک -وزن خشک خاک/وزن خشک)×100

2 هفته پس از کشت، گیاهان تنک شدند و تعداد 5 شاخه در هر گلدان باقی ماند. در سه هفته اول رشد، رطوبت گلدان‌ها با توزین روزانه در حد ظرفیت مزرعه نگه داشته شد. به طوری که هر روز وزن تمام گلدان‌ها اندازه‌گیری شد و با مقایسه وزن اولیه هر گلدان (وزن روز آبیاری) با وزن روزانه آن مقدار رطوبت موجود محاسبه شد و جهت جبران کمبود آب خاک، آبیاری (براساس تیمارها) انجام شد. در ماه دوم کشت تنش‌های رطوبتی مذکور به تیمارها اعمال گردید. به این صورت که سطوح 75 و 55 درصد ظرفیت مزرعه را بر اساس مقدار رطوبت 100 درصد ظرفیت مزرعه محاسبه و به گلدان‌ها اعمال گردید. 8 هفته پس از کاشت اندام هوایی گیاه برداشت شد و خاک هریک از گلدان‌ها هوا خشک و جهت تجزیه آزمایشگاهی به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان انتقال داده شد. پس از اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های رشدی (طول و تعداد شاخه جانبی) و وزن تر به منظور تعیین وزن خشک اندام هوایی نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در آون 72 درجه سانتی گراد خشک شدند و سپس وزن آنها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت 0/001گرم تعیین شد. جهت اندازه‌گیری غلظت پتاسیم گیاه یک گرم از خاکستر نمونه های گیاهی در اسید کلریدریک دو نرمال حل و پس از صاف نمودن با آب مقطر به حجم رسانده شد و با دستگاه شعله‌سنج تعیین شد.

غلظت عناصر نیتروژن و فسفر گیاه نیز به‌ترتیب با روش‌های کجلدال (برمنر، 1996) و آمونیوم مولیبدات وانادات (چاپمن و پرات، 1962) اندازه‌گیری شدند. پس از انجام آزمایش‌های صورت گرفته برای بررسی اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی بر غلظت برخی ویژگی‌های گیاه و خاک پس از برداشت، تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین ها با استفاده از نرم افزارSPSS به روش دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

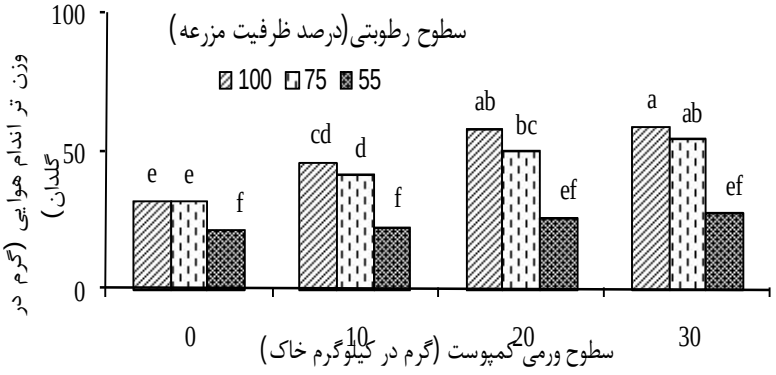
وزن تر و خشک اندام هوایی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول3) اثر اصلی سطوح ورمی‌کمپوست، تنش رطوبتی و اثر متقابل تیمارهای اعمال شده بر وزن تر و خشک اندام هوایی ریحان مثبت و معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی بر وزن تر اندام هوایی (شکل 1) نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی در تیمار بدون تنش رطوبتی و 30 گرم ورمی‌کمپوست در کیلوگرم خاک بود. در حالیکه با تیمار بدون تنش و سطح 20 گرم ورمی‌کمپوست و تیمار 75 درصد ظرفیت مزرعه و سطح 30 گرم ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین وزن تر اندام هوایی مربوط به سطح رطوبتی 55 درصد ظرفیت مزرعه و بدون کاربرد ورمی‌کمپوست بود. نتایج همچنین نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط تنش خشکی سبب افزایش وزن تر اندام هوایی شد هرچند بین برخی سطوح تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر برخی ویژگی های رشدی و غلظت عناصر غذایی ریحان

	میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	وزن تر	وزن خشک	تعداد شاخه جانبی	طول شاخه جانبی
تنش رطوبتی	2	9/012**	0/014**	1/549**	2046**	45/41**	2/34**	20/36**
ورمی‌کمپوست	3	1/498**	0/005**	1/398**	651/7**	7/020**	8/37**	45/87**
تنش رطوبتی*ورمی‌کمپوست	6	0/063*	0/000**	0/101*	83/20**	0/731*	0/238^{ns}	0/32^{ns}
خطا	24	0/029	0/000	0/028	19/18	0/264	0/368	1/66
ضریب تغییرات		0/41	0/01	0/47	11/25	7/23	7/10	35/04

* و ** به ترتیب از لحاظ آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار می‌باشد. ns از لحاظ آماری معنی دار نمی‌باشد.

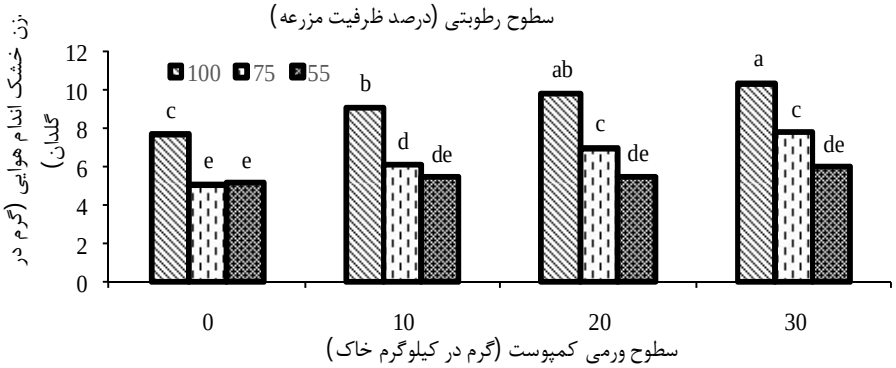


شکل 1- اثر متقابل سطوح رطوبتی و ورمی‌کمپوست بر وزن تر اندام هوایی ریحان (گرم در گلدان)

نتایج نشان داد افزودن ورمی‌کمپوست به خاک سبب افزایش وزن تر اندام هوایی ریحان شد. به نظر می‌رسد ورمی‌کمپوست از طریق فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه (درزی و همکاران، 1389) و بهبود شرایط فیزیکی خاک (احمدیان و همکاران، 2010)

سبب افزایش رشد و وزن تر گیاه می‌گردد. گلدانی و همکاران (1395) با مطالعه تأثیر سطوح مختلف ورمی-کمپوست بر دو اکوتیپ ریحان (ریحان سبز و بنفش) گزارش کردند بیشترین وزن تر ریحان در اثر کاربرد 80 درصد حجمی خاک ورمی‌کمپوست مشاهده گردید که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد. نتایج همچنین نشان داد (نمودار 1) افزایش تنش رطوبتی سبب کاهش وزن تر اندام هوایی گردید. رشد رویشی در گیاهان تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد که از مهمترین این عوامل میزان آب در دسترس است. زارعی (1396) کاهش وزن تر اندام هوایی ریحان در تنش رطوبتی 40 درصد ظرفیت زارعی را گزارش کرد که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد.

براساس نتایج (شکل 2) اعمال تنش رطوبتی موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی ریحان گردید. بطوری که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در شرایط بدون تنش (100درصد ظرفیت مزرعه) و سطح کودی 30 گرم ورمی‌کمپوست در کیلوگرم خاک و کمترین آن در شرایط تنش رطوبتی 55 درصد ظرفیت مزرعه و بدون کاربرد ورمی‌کمپوست مشاهده گردید.



شکل 2- اثر متقابل سطوح رطوبتی و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک اندام هوایی ریحان (گرم در گلدان)

یکی از آثار تنش خشکی کاهش وزن مادهٔ خشک است. بصیری و همکاران (1399) گزارش کردند اثر کم آبیاری بر وزن خشک گیاه نعناع معنی‌دار بود. بطوریکه بیشترین و کمترین وزن خشک گیاه برای تیمارهای 100 و 60 درصد ظرفیت مزرعه مشاهده گردید. رحمانیان و همکاران (1390) در گزارشی بیان کردند کود ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه ریحان نسبت به شاهد شد.

تعداد و طول شاخه جانبی گیاه

نتایج جدول (4) نشان داد سطوح تنش رطوبتی سبب کاهش تعداد شاخه جانبی گردید. به طوریکه این تعداد در سطح 75 و 55 درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب نسبت به شاهد (100 درصد ظرفیت مزرعه) 8/08 و 21/56 درصد کاهش یافت. زارعی (1396) گزارش کرد در شرایط رطوبتی 100 و 80 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه بیش ترین تعداد شاخه‌های جانبی در ریحان مشاهده شد و با افزایش سطح تنش خشکی تعداد شاخه‌های جانبی کاهش یافت به طوری که کمترین تعداد شاخه‌های جانبی درسطح 40 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه مشاهده شد. با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست تعداد شاخه جانبی گیاه افزایش یافت. بطوریکه کاربرد 10، 20 و 30 گرم ورمی-کمپوست به ترتیب نسبت به شاهد تعداد شاخه جانبی را

11/91، 48/37 و 74/36 درصد افزایش داد، درحالیکه بین سطح شاهد و 10 گرم در کیلوگرم ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش تعداد شاخه جانبی در گیاهان از ویژگی‌های ژنتیکی آنها به‌شمار می‌رود، که می‌تواند تحت تأثیر عامل‌های محیطی نیز قرار بگیرد. کود ورمی‌کمپوست می‌تواند با افزایش فراهمی عناصر قابل استفاده گیاه از جمله پتاسیم موجب افزایش شیره پرورده در شاخه و کاهش غلظت هورمون چیرگی انتهایی (اکسین) در بخش‌های دارای مریستم فعال و در حال رشد گیاه از جمله جوانه‌های جانبی، سبب تحریک و افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گردد (خلیل زاده و همکاران، 2012). بر اساس نتایج (جدول 4) افزایش تنش رطوبتی موجب کاهش طول شاخه جانبی ریحان گردید. به این صورت که در سطح 75 و 55 درصد ظرفیت مزرعه نسبت به شاهد (عدم تنش) طول شاخه جانبی به ترتیب 15/6 و 25/85 درصد کاهش یافت که بین این دو سطح (75 و 55 درصد ظرفیت مزرعه) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج همچنین نشان داد اثر اصلی کاربرد ورمی‌کمپوست بر طول شاخه جانبی سبب افزایش این صفت گردید. بطوری که در تیمارهای 10، 20 و 30 گرم در کیلوگرم ورمی‌کمپوست به ترتیب 34/69، 58/26 و 87/07 درصد طول شاخه جانبی افزایش یافت، هرچند بین سطوح 10 و 20 گرم در کیلوگرم ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کودهای آلی با افزایش فراهمی عناصر غذایی و همچنین بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک سبب افزایش شاخ و برگ و همچنین طول شاخساره‌های گیاه می‌شود (عزیز و همکاران، 2010). از طرفی با افزایش تنش رطوبتی و کاهش رشد ریشه و در نتیجه کاهش جذب عناصر غذایی، رشد اندام هوایی گیاه از جمله تعداد و طول شاخه جانبی کاهش می‌یابد.

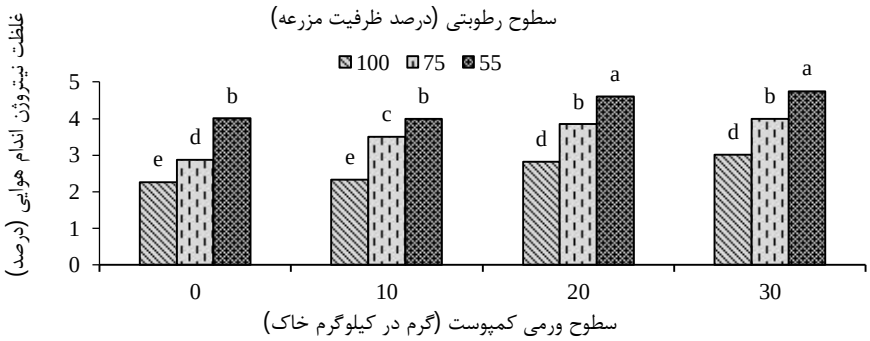
جدول 4- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش رطوبتی و ورمی‌کمپوست بر تعداد و طول شاخه جانبی ریحان

تیمار	سطح	تعداد شاخه جانبی	طول شاخه جانبی (سانتی متر)
تنش رطوبتی (درصد ظرفیت مزرعه)	100	4/08a	10/25a
	75	3/75ab	8/65b
	55	3/2b	7/6b
ورمی‌کمپوست (گرم در کیلوگرم خاک)	0	2/77b	6/11c
	10	3/1b	8/23b
	20	4/11a	9/67b
	30	4/83a	11/43a

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح 5 درصد بر اساس آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

غلظت عناصر اندام هوایی

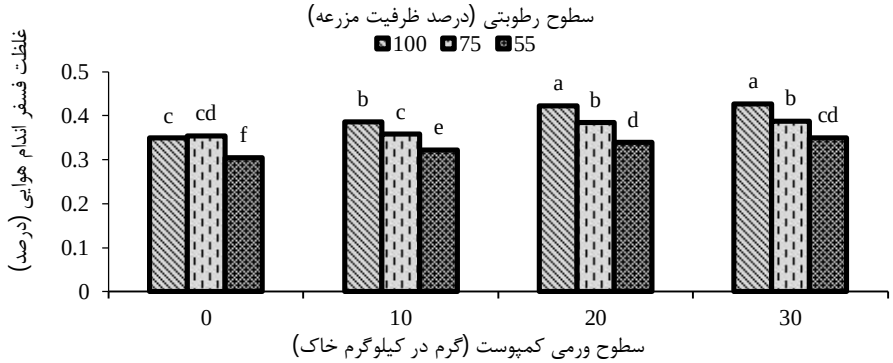
نتایج تجزیه واریانس (جدول 3) نشان داد اثر اصلی سطوح مختلف ورمی‌کمپوست، تنش رطوبتی و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام هوایی ریحان مثبت و معنی‌دار گردید. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین غلظت نیتروژن اندام هوایی در سطح رطوبتی 55 درصد ظرفیت مزرعه و کاربرد 30 گرم ورمی‌کمپوست در کیلوگرم خاک رخ داد. که از نظر آماری با سطح 20 گرم ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین غلظت نیتروژن اندام هوایی در تیمار شاهد (بدون تنش و عدم کاربرد ورمی‌کمپوست) مشاهده گردید. هر چند از لحاظ آماری با سطح 10 گرم ورمی‌کمپوست بر کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل 3).



شکل 3-اثر متقابل سطوح رطوبتی و ورمی‌کمپوست بر غلظت نیتروژن اندام هوایی ریحان (درصد)

ورمی‌کمپوست حاوی مقادیر بالایی از عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم هستند که به راحتی به شکل‌های قابل استفاده گیاه تبدیل می‌شوند. افزایش غلظت نیتروژن با تنش خشکی موضوعی است که مطالعات متعددی روی آن صورت گرفته است (هابرل و رایمانوا، 2008). در واقع این افزایش غلظت به دلیل کاهش وزن خشک و افزایش غلظت و تجمع نیتروژن در گیاه می‌باشد. گزارش‌های متعددی افزایش غلطت نیتروژن با محدویت آبی را بیان کرده اند (عبدالرحمن، 1971؛ پیرزاد و همکاران، 2012). آرجنت و هممکاران (2004) افزایش نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی در گیاهان به دلیل تجمع سریع اسیدآمینه‌هایی است که به پروتئین تبدیل نشده‌اند.

نتایج نشان داد بیشترین غلظت فسفر اندام هوایی در اثر کاربرد 30 گرم بر کیلوگرم خاک ورمی-کمپوست و سطح بدون تنش رطوبتی مشاهده شد که با کاربرد 20 گرم ورمی‌کمپوست بر کیلوگرم خاک و سطح بدون تنش رطوبتی اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین غلظت فسفر نیز مربوط به بدون کاربرد ورمی-کمپوست و بیشترین سطح تنش رطوبتی (55 درصد ظرفیت مزرعه) مشاهده گردید (نمودار 4).

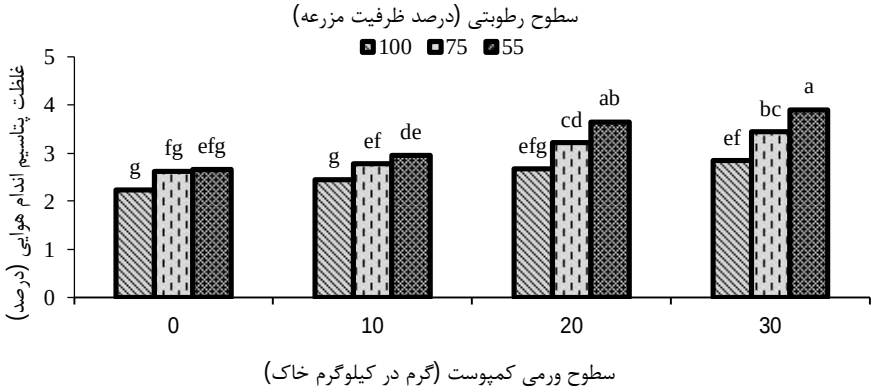


شکل 4-اثر متقابل سطوح رطوبتی و ورمی‌کمپوست بر غلظت فسفر اندام هوایی ریحان (درصد)

با توجه به غیر متحرک بودن فسفر در خاک، در این تحقیق به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی، رشد گیاه و فعالیت ریشه کاهش یافته و دسترسی به فسفر و جذب آن توسط گیاه کاهش یافته است. قلی‌نژاد و

همکاران (1395) گزارش کردند با افزایش تنش خشکی غلظت فسفر در گیاه گاوزبان کاهش یافت. آنان اعلام کردند بالاترین غلظت فسفر در شرایط بدون تنش رطوبتی و کاربرد بیشترین سطح ورمی‌کمپوست مشاهده گردید. زارعی (1396) کاهش غلظت فسفر اندام هوایی گیاه ریحان را در اثر تنش رطوبتی گزارش کرد که با نتایج این گزارش مطابقت دارند .

اثرات متقابل ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی نشان داد (نمودار 5) بیشترین غلظت پتاسیم اندام هوایی مربوط به بیشترین سطح تنش رطوبتی (55 درصد ظرفیت مزرعه) و کاربرد 30 گرم ورمی‌کمپوست بر کیلوگرم خاک بود. که با سطح کودی 20 گرم ورمی-کمپوست بر کیلوگرم خاک تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین غلظت پتاسیم اندام هوایی در تیمار شاهد (عدم تنش رطوبتی و عدم کاربرد ورمی‌کمپوست) مشاهده شد. هر چند از لحاظ آماری با برخی سطوح دیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.



شکل 5-اثر متقابل سطوح رطوبتی و ورمی‌کمپوست بر غلظت پتاسیم اندام هوایی ریحان (درصد)

افزایش غلظت پتاسیم در اندام هوایی با افزایش تنش رطوبتی را می‌توان به فاکتور رقت و کاهش رشد و نمو گیاه نسبت داد. به طور کلی نظر بر این است که در اثر تنش خشکی میزان جذب پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد و آن هم به دلیل تنظیم فشار اسمزی و نقش یون پتاسیم در کنترل روزنه است. از دیگر دلایل افزایش جذب پتاسیم در گیاه تحت شرایط تنش خشکی، تر و خشک شدن متوالی و طولانی خاک است که موجب رها شدن پتاسیم از بین لایه‌های رسی می‌شود در نتیجه غلظت یون پتاسیم (K^+) خاک افزایش یافته و جذب پتاسیم را بیشتر می‌کند (لوگان و همکاران، 1997). حسین‌زاده و همکاران (1396) با مطالعه اثر سطوح ورمی‌کمپوست بر خصوصیات مورفولوژیک و غلظت عناصر در گیاه نخود تحت تنش آبی گزارش کردند سطوح20و 30 درصد وزنی ورمی-کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه نخود در مقایسه با شاهد (عدم استفاده از کود ورمی‌کمپوست) شد. در حالیکه بین سطوح 10 درصد وزنی و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. دستبندان و همکاران (2010) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، میزان پتاسیم جذب شده 2 تا 3 برابر شرایط طبیعی است. آن‌ها همچنین گزارش کردند که علت افزایش جذب پتاسیم تحت تنش خشکی را می‌توان به مکانیسم جذب فعال این یون به‌وسیله گیاه نسبت داد که با این مکانیسم گیاه مقاومت خود را در برابر تنش بالا می‌برد.

غلظت عناصر در خاک

باتوجه به نتایج به‌دست آمده (جدول5)، کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی بر غلظت

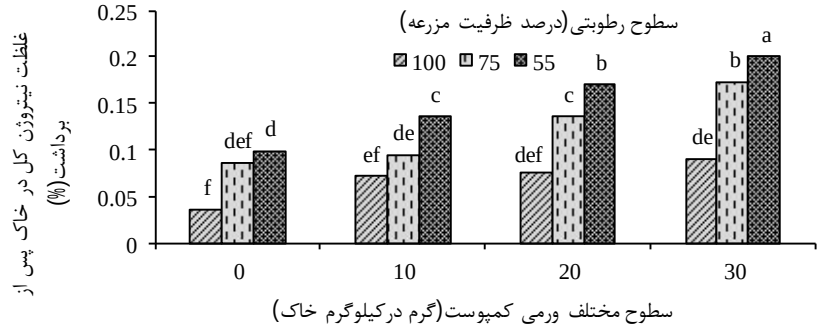
نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده در خاک پس از برداشت گیاه ریحان معنی‌دار بود. درحالیکه اثر متقابل تیمارهای کودی و تنش رطوبتی بر غلظت نیتروژن و فسفر خاک مثبت و معنی‌دار گردید اما بر مقدار پتاسیم خاک تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول 5).

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس اثر کابرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و تنش رطوبتی بر غلظت برخی عناصر خاک

		میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
تنش رطوبتی	2	0/018**	332/341**	39843/2**
ورمی‌کمپوست	3	0/009**	91/316**	32265/3**
تنش رطوبتی*ورمی‌کمپوست	6	0/001**	3/705**	174ns
خطا	24	0/000	0/313	282/9
ضریب تغییرات		0/35	0/85	58/4

** با استفاده از آزمون دانکن در سطح 1% معنی‌دار می‌باشد. ns از لحاظ آماری معنی دار نمی‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل تنش رطوبتی و سطوح ورمی‌کمپوست نشان داد بیشترین مقدار نیتروژن در خاک پس از برداشت در تیمار کودی 30 گرم در کیلوگرم تحت تنش خشکی شدید (55درصد ظرفیت مزرعه) مشاهده شد (نمودار 6). همچنین کم‌ترین مقدار نیتروژن، در تیمار شاهد بدون مصرف کود با سطح رطوبتی بدون تنش (100درصد ظرفیت مزرعه) مشاهده گردید که می‌توان علت آن را جذب بیشتر این عنصر توسط گیاه به دلیل داشتن شرایط بهینه رطوبتی دانست (شکل 6).

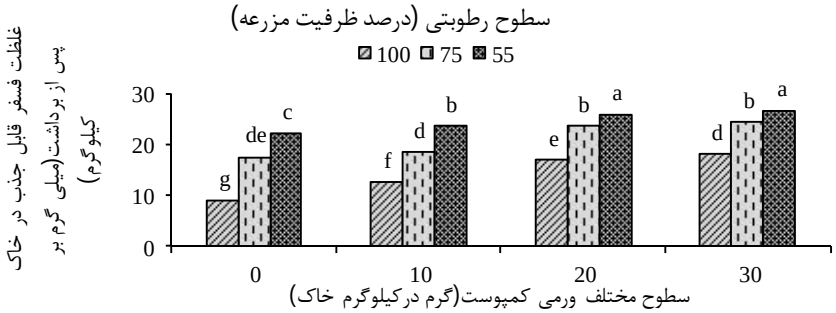


شکل6- اثرمتقابل تنش رطوبتی و سطوح ورمی کمپوست بر غلظت نیتروژن در خاک پس از برداشت

تنش رطوبتی با کاهش تراکم آب سلول‌های گیاهی موجب کاهش فرآیندهای بیولوژیک و فیزیولوژیک گیاه و کاهش رشد آن می‌گردد (لیانگ و همکاران، 2019). همین امر موجب کاهش تقاضای گیاه برای جذب عناصر غذایی از خاک می‌شود. بنابراین با کاهش جذب عناصر از خاک غلظت آن‌ها در خاک افزایش می‌یابد. از دیگر دلایل افزایش نیتروژن کل خاک با افزودن کود آلی همبستگی مثبت بین کربن آلی و نیتروژن خاک می‌باشد (آنجلوا، 2013). اسمعیلی و همکاران (1397) گزارش کردند اثر تنش خشکی بر مقدار نیتروژن خاک پس از برداشت معنی‌دار بود بطوری که بالاترین غلظت نیتروژن در بالاترین سطح تنش رطوبتی مشاهده گردید. نتایج

تحقیقات نشان می‌دهد در شرایط استفاده از کود آلی سرعت رها سازی و شست و شوی نیتروژن از خاک کاهش می‌یابد (جامی و همکاران، 1397).

شکل اثر متقابل تنش رطوبتی و سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر غلظت فسفر پس از برداشت ریحان نشان داد بیشترین غلظت فسفر در تیمار کودی 30 گرم بر کیلوگرم خاک تحت تنش رطوبتی شدید (55 درصد ظرفیت مزرعه) مشاهده گردید. در حالیکه با سطح کودی 20گرم در کیلوگرم خاک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل 7). همچنین کمترین غلظت فسفر در شرایط بدون تنش رطوبتی و بدون کاربرد ورمی‌کمپوست مشاهده گردید (شکل7).



شکل 7- اثرمتقابل تنش رطوبتی و سطوح ورمی کمپوست بر غلظت فسفر در خاک پس از برداشت

به نظر می‌رسد کاهش رشد گیاه با افزایش تنش رطوبتی و کاهش جذب فسفر سبب افزایش غلظت آن در خاک پس از برداشت شده است. از طرفی چون آب فرآیندهای حلالیت، قابل دسترس بودن عناصرغذایی و سرعت انتشار مواد غذایی از محیط خاک به سطح جذب کننده ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد بنابراین با کاهش رطوبت خاک فرایند جذب نیز کاهش می‌یابد (الم، 1999؛ لویت، 1980). یان و همکاران (2018) گزارش کردند کود آلی باعث افزایش باکتری‌های فعال می‌شود این امر سبب حل شدن فسفر معدنی می‌شوند، علاوه براین مواد آلی و مشتقات آن با تشکیل کمپلکس‌هایی با آهن و آلومینیم منجر به کاهش تثبیت فسفرقابل استفاده در خاک می‌شود. ورمی‌کمپوست غنی از میکروارگانیسم‌های است که اسیدهای آلی مهم از جمله اسیداگزالیک را ترشح می‌کنند، این اسید نقش مهمی در آزادسازی عناصری مانند فسفر و پتاسیم دارند.

نتایج نشان داد (جدول 6) اثر اصلی تنش رطوبتی موجب افزایش پتاسیم در خاک پس از برداشت ریحان شد. بطوریکه در سطح 75 و 55 درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب نسبت به شاهد (عدم تنش)19/81 و 66/35 درصد افزایش یافت. پتاسیم نیز با کاهش رشد ریشه و اندام هوایی در اثر تنش رطوبتی جذب آن توسط گیاه کاهش یافته و سبب افزایش غلظت آن در خاک شد.

جدول 6- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش رطوبتی و ورمی‌کمپوست بر غلظت پتاسیم در خاک پس از برداشت

تیمار	سطح	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
تنش رطوبتی (درصد ظرفیت مزرعه)	100	169/1c
	75	202/6b
	55	281/3a
	0	144/17c
ورمی‌کمپوست (گرم در کیلوگرم خاک)	10	195/1b
	20	255/29a
	30	276/2a

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح 5 درصد بر اساس آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست سبب افزایش غلظت پتاسیم خاک شد. بطوری که کاربرد 10، 20 و 30 گرم در کیلوگرم ورمی‌کمپوست به ترتیب نسبت به شاهد غلظت پتاسیم خاک را 35/32، 77/07 و 91/57 درصد افزایش یافت (جدول 6). هر چند بین سطح 20 و 30 گرم ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان پتاسیم فراوان در ورمی‌کمپوست مورد استفاده می‌تواند از دلایل افزایش پتاسیم در خاک پس از برداشت گیاه باشد. از دیگر دلایل افزایش غلظت عناصر خاک پس از افزودن کودهای آلی وجود اسیدهای آلی موجود در آن‌ها می‌باشد. اسیدهای آلی نقش مهمی در بهبود و فراهمی عناصر پرمصرف از جمله پتاسیم در خاک دارند (آداک و همکاران، 2014).

نتیجه‌گیری

ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن غلظت بالای عناصر مورد نیاز گیاه تأثیر مثبتی بر افزایش غلظت این عناصر در گیاه و خاک داشت. همچنین اثرات سوء تنش رطوبتی را کاهش داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت ورمی‌کمپوست کودی مناسب جهت افزایش عملکرد گیاه در شرایط تنش رطوبتی است. افزایش تنش رطوبتی بر غلظت نیتروژن و پتاسیم اندام هوایی گیاه اثری نداشت. باتوجه به نتایج به‌دست آمده بیشترین غلظت عناصر در خاک پس از برداشت در تیمار 30 گرم در کیلوگرم تحت تنش رطوبتی 55 درصد ظرفیت مزرعه مشاهده شد. با توجه به تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر افزایش رشد گیاه ریحان در شرایط تنش رطوبتی، می‌توان نتیجه گرفت کودی مناسب برای گیاه ریحان در شرایط تنش رطوبتی است. پیش از هرگونه توصیه کودی بهتر است نتایج این پژوهش در شرایط مزرعه مورد ارزیابی و تأیید قرار گیرد.

فهرست منابع:

1. احمدآبادی، ز. و قاجارسپانلو، م. 1391 . تأثیر کاربرد کودهای آلی روی برخی خواص فیزیکی خاک. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. دوره 19 شماره 2، صفحه 110-99.
2. احمدیان، ا.، قنبری، ا.، گلوی، م.، سیاه‌سر، ب.، و آرزمجو، ا. 1389. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود دامی بر میزان عناصر، درصد اسانس و ترکیبات شیمیایی آن در زیره سبز. مجله علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف-های هرز. سال چهارم. شماره16. صفحه 94-83.
3. اسمعیلی، م.، خراسانی، ر. و حلاج نیا، ا. 1397. اثر منابع مختلف نیتروژن (آمونیومی- نیتراتی) بر رشد و نمو و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی در گیاه ذرت تحت تنش خشکی. پایانامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
4. بصیری، م.، قمرنیا، ه. و قبادی.، م. 1399. اثر شدت های مختلف کم آبی و شوری بر رشد برگ، ساقه و ریشه گیاه نعناع فلفلی(*Mentha piperita* L.) . مدیریت آب و آبیاری دانشگاه تهران. جلد10 شماره 1، صفحه 14-1.
5. پیوندی، م.، پرنده، ه. و میرزا.، م. 1390. مقایسه تأثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم-های آنتی اکسیدانی ریحان (*Ocimum basilicum L.*). مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی- مولکولی. جلد 1 شماره 4، صفحه 90-86.
6. درزی، م.ت.، قلاوند، ا.، رجالی، ف. و سفیدکن، ف. 1389. بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*). فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد 22. شماره 4. صفحه‌های 276 تا 292.
7. جامی، م. ق.، قلاوند، ا.، س.ع.، مدرس ثانوی، ع.، مختصی بیدگلی، ا.، باغبانی آرانی. و نامداری، ا. 1397. اثر کود دامی، زئولیت و آبیاری بر ویژگی‌های خاک و عملکرد دانه آفتابگردان(*Helianthus annuus L.*). نشریه علوم زراعی ایران. جلد20 شماره 2، صفحه 167-151.
8. حسنی، ع. و امیدبیگی، ر. 1381. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجلهٔ دانش کشاورزی. جلد 12 شماره 3، صفحه12-47.
9. حسین زاده، س.ع.، امیری، ح. و اسماعیلی، ا. 1396. اثر سطوح ورمی‌کمپوست بر خصوصیات مورفولوژیک و غلظت عناصر در گیاه نخود(*Cicer arietinum L. cv. Pirouz*) تحت شرایط تنش آبی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد 10 شماره 4، صفحه 545-531.
10. رحمانیان، م.، حاتمی، ف.، اسماعیل پور، ب. و هادیان، ج. 1390. بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست بر عملکرد و صفات مورفولوژیکی مرزه و ریحان. هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
11. زارعی، ف. 1396. اثر محلول‌پاشی کود کلات پتاسیم و نانوکلات پتاسیم روی صفات کمی و کیفی ریحان (*Ocimum basilicum L.*) تحت تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی گروه علوم باغبانی. دانشگاه خلیج فارس بوشهر. 128 صفحه.
12. شرفی، ق. ا.، چنگیزی، م.، رفیعی، م.، گماریان، م. و خاقانی، ش. 1400. اثر تنش خشکی و کود زیستی ورمی‌کمپوست بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک آویشن باغی(Thymus vulgaris L.). نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد 01 ، شماره 44، صفحه 159-147.
13. فرمحمدی، س. 1385. طراحی و راه‌اندازی کارگاه کرم خاکی، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

14. قلی‌نژاد، ر.، سیروس‌مهر، ع. و فاخری، ب. 1395. ارزیابی رژیم آبیاری و کودهای آلی بر عملکرد کمی و کیفی گاوزبان (*Borago officinalis* L.). نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد 10، شماره 3، صفحه 696-683.
15. گلدانی، م.، کمالی، م.، محتشمی، س. و غنی، ع. 1395. تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و شاخص‌های رشد دو اکوتیپ ریحان (*Ocimum basilicum L.*).
16. مقدم، م.، علیرضایی، ن. م. ی.، سلاحورزی. و گلدانی، م. 1394. تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیوشیمیایی سه رقم ریحان(*Ocimum basilicum L.*). نشریه علوم باغبانی. جلد 46 شماره 3، صفحه521-507.
17. محمدی آریا، م.، لکزیان، ا.، حق نیا، غ.م.، حسین بشارتی. ح.، و فتوت، ا. 1389 . تأثیر *Aspergillus* و*Thiobacillus* بر فراهمی فسفر از خاک فسفات غنی شده با گوگرد و ورمی‌کمپوست .نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد 24 شماره 1، صفحه9-1.
18. Abdel Rahman, A. A., Shalaby, A.F. and Monayeri, M.O.E.I. 1971. Effect of moisture stress on metabolic products and ions accumulation, Plant Soil, 34: 65.
19. Adak, T., Singha, A., Kumar, K., Shukla, SK., Singh, and Kumar Singh, A. V. 2014. Soil organic carbon, dehydrogenase activity, nutrient availability and leaf nutrient content as affected by organic and inorganic source of nutrient in mango orchard soil. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2: 394-406.
20. Alam, S. M. 1999. Nutrient uptake by plants under stress condition, In :M Pessarakli (ed), Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker Inc. pp. 285-315.
21. Argenta, G., P. Da Silva, R. F., and Sangoi, L. 2004. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter. predicts nitrogen fertilization in maize. Crop Science 34: 1379-1387.
22. Angelova, V.R., Akova, V.I., Artinova, N.S. and Ivanov KI. 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. Bulgarian Journal of Agricultural Science 19: 958-971.
23. Azeez, J.O.,Van Averbeke, W. and Okorogbnond, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin *(Cucubita maxima L.)* and nightshade (Solanum retroflexum Dun) to the application of three animal manures. Bioresource Technology. 101:2499-2505.
24. Bremness, L. 1999. Herbs. Eyewitness Handbook, London.
25. Bowden, C.L., Evanylo, G. K., Zhang, X., Ervin, E. H. and Seiler, J. R. . 2010. Soil Carbon and Physiological Responses of Corn and Soybean to Organic Amendments. Compost Science & Utilization. 18, 162-173.
26. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-Total. PP: 1082-1122. In: D. L. Sparks et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part III, 3rd ed., Amer. Soc. Agron. J., Madison, WI.
27. Chapman, H. D, and Pratt, P. F. 1962. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Soil Science, 93(1): 60-62.
28. Dastbandan Nejad, S., Saki Nejad, T. and Lack, S. 2010. Effect of drought stress and different levels of potassium fertilizer on K^+ accumulation in corn. Nat. Sci. 8(5): 23-27.
29. Fageria, N.K., V.C. Baligar, and Clark, R.B. 2002. Micronutrients in crop production. PP. 185-268. In: Sparks, D.L. (Ed.), Advances in Agronomy. Vol. 77, Academic Press.
30. Gee, G. W., Bauder, J. W. and Klute, A. 1986. Particle-size analysis. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 383-411.
31. Hosseinzadeh, S. R, and Ahmadpour, R. 2017. Effect of vermicompost fertilizer on morphological traits of lentil under water stress. 3rd. International Conference on Agricultural Engineering and Natural Resources.

32. Haberle, J. and Raimanova, I. 2008. The effect of post-anthesis water supply on grain nitrogen concentration and grain nitrogen yield of winter wheat. Plant Soil and Environment. 54: 304-312.
33. Imam, Y. and Zavarehi, M. 2005. Drought tolerance in Higher plants (Genetically, Physiological and Molecular Biological Analysis). Academic Publishing Center of Tehran, Iran. 186 pp. (in Farsi)
34. Khalilzadeh, R., Tajbakhsh, M. and Jalilian, J. 2012. Growth characteristics of mung bean (Vigna radiata L.) affected by foliar application of urea and bio-organic fertilizers. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4(10): 642-647.
35. Kuo, S. 1996. Phosphorus. In: Sparks et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. PP. 869-920.
36. Knudsen, D., Peterson, G.A. and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. Part 3. In: Page, A. L. (Ed.). Methods of Soil Analysis, Chemical and Microbiological Properties. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp. 225-246.
37. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. Vol.2, Press Academic, York New.
38. Liang, D., Ni, Z., Xia, H., Xie, Y., Lv, X., Wang, J., Lin, L., Deng, Q. and Luo, X. 2019. Exogenous melatonin promotes biomass accumulation and photosynthesis of kiwifruit seedlings under drought stress. Sci. Hort. 246:34–43.
39. Logan, .T.J., Goins, L.E. and Jlindsay, B. 1997. Field assessment of trace element uptake by six vegetables from N-viro soil. Water Environmental Research. 69:28-33.
40. Nelson, D. W., and Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methods of soilan 2). 539-579.
41. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Deam, L. A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Cic, 939. U. S. Gov. Print. Office, Washington, D. C.
42. Pirzad, A., Darvishzadeh, R., Bernousi, I., Hassani, A., Sivritepe, N. 2012; Influence of water deficit on iron and zincuptake by Matricaria chamomilla L., Chil. J. Agric. Re s. 72(2): 232-236.
43. Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A. R. and Najafi , F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (Cicer arietinum L.) genotypes. Acta Biologica Cracoviensia-Series Botanica. 53, 47-56.
44. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Salinity Laboratory Staff, Agriculture Handbook No. 60, USDA.
45. Rhoades, J. D., Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N. and Sumner, M. E. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Methods of soil analysis. Part 3-chemical methods. 417-435.
46. Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., and Zhao, C. X. 2008 Water-deficit stress-induced anatomical changes in higherplants. Comptes rendus biologies 331: 215-225.
47. Samarah, N., Mullen, R. and Cianzio, S. 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. J. Plant Nutr. 27: 815-835.
48. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: Methods of Soil Analysis. D. L. Sparks et al. (eds.) part III, 3rd ed. American Society of Agronomy. Inc., Madison, WI. PP: 475- 490.
49. Yan, Z., Chen, S., Dari, B., Sihi D. and Chen, Q. 2018. Phosphorus transformation response to soil properties changes induced by manure application in a calcareous soil. Geoderma. 322: 163-171.

Effect of Vermicompost on Green Basil (*Ocimum basilicum* L.) under Water Stress and Soil Characteristics after Harvest

M. Mosapour, M. Feizian[1], and Z. Bolhasani
PhD candidate, Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University;
E-mail: maryam.mosapour8@gmail.com
Associate Professor of Soil Chemistry and Fertility, Faculty of Agriculture, Lorestan University;
E-mail: feizian.m@lu.ac.ir
PhD candidate, Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University;
E-mail: z.bolhasani93@yahoo.com

P: 177-191
Received: September, 2021, and Accepted: May, 2022

Abstract

One of the most important factors limiting the growth and yield of plants is moisture stress. The purpose of this experiment was to investigate the effect of different levels of vermicompost and moisture stress on some plant and soil characteristics after harvesting basil. The experiment was performed as a factorial experiment in a completely randomized design with two factors and three replications in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Lorestan University. Treatments consisted of four vermicompost levels (0, 10, 20, and 30 g kg^{-1}soil) and three moisture levels (no stress), 75%, and 55% of field capacity (FC). The results showed that the highest fresh weight (58.96 $g.pot^{-1}$), dry weight (5.9 $g.pot^{-1}$) and shoot phosphorus concentration (0.42%) were observed in the treatment without moisture stress and with application of 30 g of vermicompost, and the lowest amounts of fresh and dry weight and shoot phosphorus were observed in the highest level of moisture stress and non-application of vermicompost. The results also showed that the highest concentrations of nitrogen (4.74%) and potassium (3.90%) of shoots were observed at the highest level of moisture stress and application of 30 g of vermicompost. In the soil after harvest, the highest concentrations of nitrogen (0.2%) and available phosphorus (26.25 mg kg^{-1}) were observed in 30 $g.kg^{-1}$ treatment of vermicompost with moisture stress (55% FC), and the lowest was observed in the control treatment. Considering these results, it can be stated that vermicompost has positive effects on increasing the growth of basil under water stress.

Keywords: Moisture stress, Organic fertilizer, Macro elements

[1]. Corresponding author: Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, I.R. Iran.