

کارایی مصرف آب، عملکرد و رشد گیاه تربچه رقم Sparkler در شرایط کمبود رطوبت در خاک حاوی دو جاذب

رطوبتی

حمید زارع ابیانه^۱ و علی زارعی^۲

۱. دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۶/۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۷/۱۰)

چکیده

جاذب‌های رطوبتی با جذب و نگهداشت آب و آزادسازی تدریجی آن موجب رشد گیاه و افزایش کارایی مصرف آب می‌شوند. در این پژوهش تأثیر دو سطح ۰/۱۳ و ۰/۲۶ گرم هیدروژل آکوازورب و ۱۳ و ۲۶ گرم ورمی‌کمپوست و سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰٪ رطوبت ظرفیت زراعی بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه تربچه به صورت فاکتوریل با طرح بلوک‌های کامل تصادفی بررسی شد. نتایج بیان‌گر برتری معنی‌دار صفات ارتفاع اندام هوایی، وزن تر و خشک غده، طول غده، کارایی مصرف آب در رطوبت ۷۵٪ بود. بیشترین کارایی مصرف آب غده و کارایی مصرف آب کل (غده+اندام هوایی) در سطح ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست برابر ۶/۳۶ و ۱۱/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. هم‌چنین در این آزمایش بیشترین مقدار کارایی مصرف آب غده و کارایی مصرف آب کل از اثر متقابل رطوبت ۷۵٪ در خاک حاوی ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست معادل ۷/۲۵ و ۱۲/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کم‌آبیاری، ورمی‌کمپوست، وزن غده، طول ریشه

مقدمه

گیاهان در طول دوره رشد همواره به وسیله عوامل نامساعد محیطی، متحمل محدودیت‌هایی می‌شوند. کمبود رطوبت یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی غیر زنده با آثار نامطلوب بر رشد و نمو گیاهان است که در شرایط محدودیت آب و افزایش دما اهمیت بیشتری می‌یابد (Killic and Yagbasanlar, 2010). تربچه^۱ یک سبزی ریشه‌ای با ارزش غذایی بالا می‌باشد که قسمت خوراکی آن در انواع نقلی متشکل از هیپوکوتیل^۲ است (Bulluck et al., 2002). کمبود رطوبت با اختلال در عمل روزنه‌ها، فرایندهای فتوسنتزی و آنزیمی مرتبط با پتانسیل آب بر رشد و عملکرد گیاهان اثر منفی دارد (Doupis et al., 2013; Ghanbari et al., 2015). خشکی هوا و به تبع محدودیت دسترسی به آب کافی به همراه آبیاری نامرتب سبب پوکی غده‌های تربچه می‌شود هر چند تربچه نسبت به کمبود آب در مقایسه با سبزیجات برگی کاهو و خردل از حساسیت کمتری برخوردار است (Eetesami et al., 2015; Zeipina et al., 2014). در عین حال اثرات مثبت کمبود آب مانند زودرسی

محصول در برخی گیاهان گزارش شده که بستگی به زمان اعمال کم‌آبی دارد (Karafyllidis et al., 1996). به‌عنوان نمونه برخی پژوهش‌ها انتقال ذخایر گیاهی از اندام رویشی به اندام زیرین را نتیجه اعمال کم‌آبیاری در مرحله رشد زایشی (Liu et al., 2006) و یا نتیجه استفاده از افزودنی‌های آلی به خاک (Baybordi and Malakooti., 2007) گزارش نموده‌اند. گیاه تربچه به‌خاطر کوتاه بودن دوره رشد از پتانسیل کودپذیری کمی برخوردار است و استفاده از مقادیر زیاد نیتروژن نه تنها سبب افزایش عملکرد نمی‌شود بلکه موجب کاهش عملکرد غده می‌گردد (Akhtari et al., 2012). ورمی‌کمپوست^۳ با قابلیت بالای نگهداری آب و مواد غذایی یک منبع غنی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف است که استفاده از آن در کشاورزی پایدار سبب افزایش رشد گیاهان و سبزی‌های غده‌ای می‌گردد (Prabha et al., 2007; Nancarrow and Taylor, 1998). به‌کارگیری ورمی‌کمپوست در کشت گیاه تربچه موجب افزایش عملکرد تربچه به میزان ۲۰ درصد گردید (Buckerfield et al., 1999). Randy and Politud (2016) اثر مثبت به‌کارگیری طولانی مدت ورمی‌کمپوست بر برخی صفات گیاه تربچه مانند تعداد برگ، ارتفاع گیاه طول و قطر غده را در مقایسه با تیمار

* نویسنده مسئول: zareabyaneh@gmail.com

1. Radish
2. Hypokotil

3. Vermicompost

تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد در صورتی که کمبود رطوبت در ناحیه ریشه گیاهان زراعی با مدیریت و برنامه‌ریزی باشد می‌توان تا ۵۰ درصد صرفه‌جویی مصرف آب را انتظار داشت (Sepaskhah and Ahmadi, 2012). در مجموع کاهش مصرف آب و کودهای شیمیایی در راستای هدف سیستم‌های آینده کشاورزی یعنی کاهش نهاده‌های مصرفی، مدیریت مناسب آب و خاک و حفظ محیط‌زیست برای دستیابی به عملکرد اقتصادی پایدار است (Hajilo *et al.*, 2010). یکی از استراتژی‌های مقابله با کمبود آب استفاده از جاذب‌های رطوبتی است که در مقایسه با روش‌های به‌نژادی از نظر زمانی و اقتصادی، آسان‌تر و ارزان‌تر است (Abedi Koupai and Mesforoush, 2009). در عین حال برخی نیز به‌غیر اقتصادی بودن آن در سطح وسیع اعتقاد دارند (Haghighi and Moghadam, 2005).

در گیاهان غده‌ای مانند تربچه قسمت هیپوکوتیل یا بخش زیرزمینی و خوراکی آن در تماس مستقیم با خاک می‌باشد که در صورت خشک بودن خاک، رشد و نمو گیاه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. تا کنون مطالعات جداگانه‌ای روی اثرات جاذب‌های رطوبتی و یا کم‌آبیاری به‌عنوان روشی مؤثر در کاهش آبیاری صورت گرفته است (Haghighi *et al.*, 2014). اما تأثیر هم‌زمان کمبود رطوبت خاک به‌همراه جاذب شیمیایی رطوبت (سوپرجاذب یا هیدروژل) و جاذب آلی (ورمی‌کمپوست) بر گیاه تربچه انجام نشده است. لذا هدف این مطالعه ارزیابی واکنش گیاه تربچه، در سه سطح رطوبت ظرفیت زراعی و دو سطح در دو نوع جاذب طی مرحله سوم رشد در قالب کارایی مصرف آب و عملکرد مؤلفه‌های رشد است.

مواد و روش‌ها

پاسخ گیاه تربچه به کمبود رطوبت، با کشت گلدانی آن در خاک لومی تحت شرایط دمای آزاد محیط به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار آزمایش گردید. طرح شامل سه سطح رطوبت ظرفیت زراعی ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد، ۵ سطح جاذب شامل خاک با جاذب صفر (شاهد)، خاک حاوی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار هیدروژل آکوازورب و خاک دارای ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود. سه بذر تربچه رقم اسپارکلر^۳ در عمق ۱/۵ سانتی‌متر در ۴۵ گلدان پلاستیکی به‌قطر ۶/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر کاشته شد. گلدان‌ها تا مرحله دو برگی آبیاری کامل و پس از آن با حفظ یک گیاه

فاقد ورمی‌کمپوست مشاهده نمودند. در بررسی تأثیر مقادیر مختلفی از کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد گیاه تربچه در محیط گلخانه مشخص شد مطلوب‌ترین حالت برای دستیابی به غده‌های با کیفیت خوب و عملکرد مناسب، استفاده از سطح ۱۰۰ درصد کود آلی بود (Eetesami *et al.*, 2015). هیدروژل^۱ یا سوپرجاذب^۲ هم ماده‌ای مصنوعی به شکل شبکه پلیمری است که با حفظ آب و مواد غذایی ضمن کمک به رشد مطلوب گیاه سبب کاهش اتلاف آب و هزینه‌های آبیاری می‌شود. استفاده از هیدروژل‌ها فاقد عوارض نامطلوب برای انسان، گیاه و محیط‌زیست بوده و تغییری در کیفیت خاک و ارگانسیم‌های زنده خاک نمی‌دهند (El-hady and Wanas, 2006). ورمی‌کمپوست و هیدروژل با افزایش درجه اشباعی مؤثر خاک موجب افزایش زمان نگهداری آب در خاک می‌شوند (Abedini targhabeh, 2010). در یک تحقیق انجام شده بر روی گیاه تربچه مشخص گردید استفاده از سوپرجاذب در شرایط تنش رطوبتی سبب حفظ شرایط مطلوب رشد و عدم استفاده از آن موجب کاهش رشد به‌واسطه پلاسیدگی شاخ و برگ شد (Nnadi and Brave, 2011). در گزارشی دیگر مشخص شد کارایی سوپرجاذب‌ها در خصوص عملکرد گیاه تربچه در خاک‌های سبک به‌واسطه ذخیره‌سازی آب، بیش از خاک‌های سنگین است (Okolelova *et al.*, 2017). استفاده از ورمی‌کمپوست در انار وحشی، مرزنجوش و تربچه با افزایش سطح ریشه در واحد حجم خاک، کارایی مصرف آب و فعالیت فوسنتزی موجب افزایش عملکرد گیاهان فوق گردید (Hammoda, 2001; El-ghadban *et al.*, 2002; Arab zadeh *et al.*, 2014). اثر مثبت ورمی‌کمپوست در حذف تأثیر منفی قطع آبیاری بر عملکرد نخود (Karamzadeh, 2010)، افزایش عملکرد و کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب در خیار ارگانیک گلخانه‌ای (Zarabi *et al.*, 2010)، افزایش کمیت و کیفیت روغن گیاه ریحان (Anwar *et al.*, 2005) و افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی (Federico *et al.*, 2007) گزارش شده است. بررسی سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر بابونه آلمانی نشان داد که افزایش ورمی‌کمپوست باعث بهبود معنی‌دار ارتفاع بوته، گلدهی زودتر، عملکرد بیشتر، افزایش طول و قطر نهج گردید (Azizi *et al.*, 2008). استفاده از ورمی‌کمپوست در کشت گیاه دارویی مرزه، سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد برگ و ارتفاع گل‌آذین شد (Rezvani moghadam *et al.*, 2009). نتایج

1. Hydrogel
2. Superabsolut

نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس عملکرد، کارایی مصرف آب و برخی صفات رشدی گیاه تربچه در سه سطح رطوبت ظرفیت زراعی و دو سطح در دو نوع جاذب ورمی کمپوست و هیدروژل آکواورب در جدول (۱) آمده است.

نتایج در جدول (۱) نشان می‌دهد رطوبت خاک، جاذب‌های رطوبتی و اثرات متقابل جاذب با رطوبت باعث تفاوت معنی‌دار در ویژگی‌های حجمی، ابعادی و وزنی غده و اندام هوایی و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد ($p < 0.001$) گردید.

تربچه در هر گلدان تیمارهای آبیاری اعمال گردید. به عبارت دیگر در آغاز مرحله سوم رشد گیاه یا مرحله میانی رشد که مصادف با شانزدهمین روز پس از کاشت بذر تربچه بود تیمارهای آبیاری اعمال شد. در هر نوبت آبیاری کمبود آب مورد نیاز تیمارها با توزین روزانه هر گلدان به صورت دستی تأمین شد. مقدار رطوبت خاک زراعی در مکش ظرفیت زراعی ۲۷/۵ درصد بود. تربچه‌ها پس از ۳۵ روز از کاشت یعنی در انتهای مرحله میانی (سوم) با اشباع نمودن گلدان‌ها از خاک جدا و با دقت شستشو شدند. سپس وزن و حجم غده‌ها، طول ریشه‌ها، ارتفاع و وزن اندام هوایی، تعداد برگ‌ها و برخی مشخصات ابعادی غده اندازه‌گیری گردید. برگ‌ها، غده‌ها و اندام هوایی در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و میانگین وزن تکرارهای هر تیمار تعیین شد. تجزیه واریانس داده‌ها با

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات (MS) صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم		محیط	قطر	طول	ارتفاع اندام هوایی	طول ریشه
		غده	اندام هوایی					
تکرار	۲	۱/۲۷	۱/۴۲	۱/۵۴	۰/۱۶	۰/۰۶	۴/۷۵	۰/۸۴
رطوبت ظرفیت زراعی	۲	**۴۲/۴۷	**۲۹/۴۲	**۷/۳۹	**۰/۶۹	**۱/۶۰	۱۸/۴۹	۲/۱۳
جاذب	۴	**۳۹/۸۹	**۹۵/۵۹	**۲۴/۵۰	**۲/۵۰	**۲/۴۴	۸/۷۱	**۲۵/۵۶
رطوبت*جاذب	۸	**۲۳/۵۲	**۱۱/۸۴	**۷/۱۹	**۰/۷۴	**۰/۵۴	۳/۰۵	۲/۰۵
خطا	۲۸	۰/۸۱	۲/۲۸	۰/۸۱	۰/۰۹	۰/۱۲	۶/۶۷	۱/۱۰
ضریب تغییرات (CV)	--	۱۸/۰۵	۱۵/۳۷	۱۳/۳۶	۱۳/۶۴	۱۵/۹۲	۱۹/۴۷	۸/۲۰

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر		وزن خشک		تعداد برگ	کارایی مصرف آب	
		غده	اندام هوایی	غده	اندام هوایی		غده	کل
تکرار	۲	۰/۴۷	۱/۵۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۷۵
رطوبت ظرفیت زراعی	۲	**۲۳/۸۳	**۱۶/۵۷	**۰/۰۹	**۰/۰۳	۰/۲۰	**۲۲/۴۳	**۳۴/۲۶
جاذب	۴	**۱۳۵/۵۲	**۳۳/۸۲	**۰/۲۲	**۰/۱۳	۰/۷۰	**۳۷/۱۴	**۸۰/۳۰
رطوبت*جاذب	۸	**۲۴/۹۴	**۱۱/۲۴	**۰/۰۸	**۰/۰۳	۱/۶۲	**۶/۱۳	**۱۴/۷۷
خطا	۲۸	۱/۰۲	۱/۳۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۵۸	۰/۲۹	۱/۱۱
ضریب تغییرات (CV)	--	۱۳/۶۲	۱۵/۱۷	۱۵/۴۰	۱۲/۶۵	۱۰/۰۳	۱۴/۰۷	۱۳/۷۲

*معنی‌دار در سطح پنج درصد، **معنی‌دار در سطح یک درصد

طول ریشه، بارز نبودن تغییرات ارتفاع اندام هوایی و تعداد برگ با توجه به اعمال سطوح مختلف کمبود رطوبت در مرحله غده‌زایی می‌تواند ناشی از شکل‌گیری گیاه و اندام رویشی آن در مراحل اولیه رشد با حضور آب و مواد غذایی یکسان برای همه تیمارها باشد. زیرا در مراحل اولیه رشد و مرحله توسعه گیاه آب به‌طور یکسان و به اندازه کافی در اختیار گیاه بود و اعمال

همان‌گونه که از جدول (۱) ملاحظه می‌گردد ارتفاع اندام هوایی گیاه تنها از تغییرات جاذب در سطح یک درصد و تعداد برگ نیز از برهم‌کنش رطوبت با جاذب در سطح ۵ درصد تأثیرپذیری داشت. به عبارت دیگر تغییرات بخش هوایی شامل ارتفاع اندام هوایی و تعداد برگ‌ها در مقایسه با تغییرات سایر مؤلفه‌ها خیلی بارز نیست (جدول ۱). عدم تغییرات معنی‌دار

تیمارهای آبیاری در مرحله رشد میانی صورت گرفت. تغییر محتوای رطوبت خاک، تغییر نوع و مقدار جاذب‌های خاک در جدول (۲) مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در اثر آمده است.

جدول ۲ - مقایسه میانگین صفات و عملکرد گیاه ترپچه در اثر تغییرات رطوبت و جاذب‌های رطوبتی

ارتفاع اندام هوایی	طول ریشه	طول	قطر	محیط	حجم (سانتی‌متر مکعب)		رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)
					غده	اندام هوایی	
a۱۲/۷۹	a۱۴/۴۹	b۱/۸۴	a۲/۱۴	a۶/۶۸	c۸/۴	c۳/۴۷	۱۰۰
a۱۳/۱۵	a۱۲/۳۳	a۲/۴۹	b۱/۹۵	b۶/۰۷	a۱۱/۲	b۴/۷۳	۷۵
a۱۲/۳۹	a۱۲/۹۷	ab۲/۱۷	a۲/۳۷	a۷/۴۷	b۹/۸۷	a۶/۸	۵۰
کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)		تعداد برگ	وزن خشک (گرم)		وزن تر (گرم)		رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)
کل	غده		اندام هوایی	غده	اندام هوایی	غده	
b۵/۹۵	b۲/۴۳	a۷/۶۷	a۰/۵۱	b۰/۳۰	a۸/۴۷	b۵/۸۲	۱۰۰
a۸/۴۸	a۴/۲۲	a۷/۶۶	a۰/۴۸	a۰/۴۲	ab۸/۲۴	a۸/۲۵	۷۵
a۸/۶۴	a۴/۷۷	a۷/۴۷	b۰/۴۳	b۰/۲۸	b۶/۵۴	a۸/۱۶	۵۰
ارتفاع اندام هوایی	طول ریشه	طول	قطر	محیط	حجم (سانتی‌متر مکعب)		جاذب آب (گرم)
					غده	اندام هوایی	
b۱۳/۲۳	a۱۲/۹۴	a۲/۵۹	ab۲/۴۳	a۷/۶۱	ab۱۱/۸۹	b۵/۵۶	۰/۱۳ هیدروژل
bc۱۱/۶۳	a۱۲/۶۸	c۱/۴۹	c۱/۳۹	c۴/۳۷	d۶/۲۲	c۲/۸۹	۰/۲۶ هیدروژل
bc۱۲/۴۱	a۱۳/۳۰	bc۱/۹۱	b۲/۰۸	b۴/۴۶	bc۹/۳۳	ab۶/۲۲	فاقد جاذب (شاهد)
a۱۵/۴۴	a۱۴/۹۳	a۲/۷۸	a۲/۸۱	a۸/۸۲	a۱۴/۲۲	a۷/۵۶	ورمی کمپوست ۱۳
c۱۱/۱۷	a۱۲/۴۷	b۲/۰۸	b۲/۰۶	b۴/۴۶	cd۷/۴۴	c۲/۷۸	ورمی کمپوست ۲۶
کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)		تعداد برگ	وزن خشک (گرم)		وزن تر (گرم)		جاذب آب (گرم)
کل	غده		اندام هوایی	غده	اندام هوایی	غده	
b۹/۲۱	b۵/۰۳	a۷/۵۶	b۰/۵۴	b۰/۳۰	b۶/۶۳	b۱۰/۰۶	۰/۱۳ هیدروژل
d۴/۱	e۱/۰۳	a۷/۳۳	c۰/۳۶	c۰/۱۲	c۶/۰۵	e۲/۱۵	۰/۲۶ هیدروژل
c۶/۸۹	c۳/۷۱	a۷/۸۹	c۰/۴۰	b۰/۳۶	c۶/۷۰	c۷/۳۴	فاقد جاذب (شاهد)
a۱۱/۹۳	a۶/۳۶	a۷/۹۰	a۰/۶۵	a۰/۵۶	a۱۰/۷۵	a۱۲/۰۷	ورمی کمپوست ۱۳
c۶/۳۱	d۲/۹	a۷/۳۳	c۰/۴۱	b۰/۳۱	c۶/۶۲	d۵/۴۷	ورمی کمپوست ۲۶

و بهره‌برداری از مواد غذایی کافی موجب افزایش غیر معنی‌دار طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی در رطوبت ۱۰۰ درصد نسبت به سطح رطوبت ۷۵ درصد گردید. کمتر شدن غیر معنی‌دار طول ریشه، تعداد برگ و وزن تر و خشک اندام هوایی در رطوبت ۷۵ درصد می‌تواند نتیجه انتقال عناصر غذایی متحرک از اندام رویشی به اندام زایشی باشد که سبب افزایش

مطابق نتایج جدول (۲)، تعداد برگ در بوته‌های رشد یافته در سطح رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به صورت غیر معنی‌داری نسبت به دو سطح رطوبت ۷۵ و ۵۰ درصد بیشتر است. این امر می‌تواند نتیجه عدم اعمال محدودیت آب در مراحل اولیه رشد و دسترسی گیاه به مواد غذایی باشد. در عین حال بیشتر بودن تعداد برگ با تسریع در فعالیتهای فتوسنتزی

به دو سطح رطوبتی دیگر تفاوت معنی‌داری دارد که می‌تواند ناشی از مصرف آب بیشتر و کمی وزن غده در این سطح رطوبتی باشد. همان‌گونه که جدول (۲) نشان می‌دهد بیشتر بودن رطوبت (۱۰۰ درصد) سبب رشد رویشی بیشتر در قالب تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی گردیده است. مقایسه کارایی مصرف آب در هر سه سطح رطوبت نشان می‌دهد به‌ازای کاهش ۲۵ درصدی آب آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۷۵ و از ۷۵ به ۵۰ درصد مقدار کارایی مصرف آب غده $73/4$ و $13/03$ درصد و کارایی مصرف آب کل $42/52$ و $1/89$ درصد افزایش یافته است. به‌عبارت دیگر تغییرات کارایی مصرف آب غده مشهودتر و بیشتر از کارایی مصرف آب کل گیاه می‌باشد که به مفهوم تأثیرپذیری بیشتر عملکرد غده از رطوبت در مقایسه با اندام هوایی در مرحله سوم رشد گیاه است. غده در حقیقت مخزن گیاه است و هر چه وزن آن بیشتر باشد گیاه دارای مخزن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی است که در نهایت منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌شود. از طرفی مطابق نتایج جدول (۲) حجم و محیط غده در سطح رطوبت ۵۰ درصد بیش از مقادیر متناظر آن در سطح رطوبت ۷۵ درصد است. اما این بزرگی نتوانسته به بیشتر بودن وزن غده در سطح رطوبت ۵۰ درصد بیانجامد و نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که وزن غده بیشتر به سطح رطوبت ۷۵ درصد تعلق دارد. بزرگتر بودن حجم و محیط غده در تیمار ۵۰ درصد می‌تواند ناشی از اسفنجی شدن بافت درونی غده باشد که به‌نوعی واکنش گیاه به کمبود رطوبت در مرحله غده‌زایی (رشد زایشی) است. وزن غده تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده برای غده‌ها و شرایط محیطی مناسب در تأمین رطوبت و عناصر غذایی در هنگام پرشدن غده به‌واسطه بیشتر بودن سهم آن از مواد پرورده می‌باشد. گیاه تا پایان مرحله رشد توسعه شرایط طبیعی رشد را با حضور آب و مواد غذایی کافی طی نموده که افزایش وزن غده‌ها ناشی از اندوخته‌های گیاهی در مرحله رشد رویشی و جابجایی ذخایر گیاهی در مرحله زایشی به اندام زیرین گیاهی است. Liu et al., (2006) اظهار داشتند کم‌آبیاری می‌تواند با افزایش میزان تجمع ماده خشک مقدار کارایی مصرف آب در غده سیب‌زمینی را افزایش دهد که هم‌راستا با نتایج این پژوهش در جدول (۲) است. ولی محدودیت ۵۰ درصدی رطوبت موجب کاهش کیفیت غده‌ها گردید که می‌تواند ناشی از عدم جذب مواد غذایی در این شرایط به‌علت کاهش اندام رویشی مانند تعداد برگ‌ها، وزن تر و خشک اندام هوایی و کاهش ارتفاع اندام هوایی باشد. از طرفی مطابق نتایج جدول (۲)، تأثیر ورمی‌کمپوست بر صفات رویشی و زایشی گیاه تربچه نسبت به خاک شاهد و خاک حاوی هیدروژل

وزن غده‌ها شده است. نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد حداکثر وزن تر و خشک غده‌ها در سطح ۷۵ درصد به‌ترتیب $8/25$ و $0/42$ گرم به‌دست آمد که با اختلاف معنی‌داری بیش از مقادیر متناظر آن در سطح رطوبت ۱۰۰ درصد می‌باشد. هم‌چنین کمبود ملایم رطوبت در سطح ۷۵ درصد سبب افزایش معنی‌دار حجم اندام هوایی، طول غده و افزایش غیر معنی‌دار ارتفاع اندام هوایی نسبت به دو سطح رطوبتی ۱۰۰ و ۵۰ درصد شد (جدول ۲). کمبود شدید رطوبت (۵۰ درصد) افزایش معنی‌دار حجم غده نسبت به دو سطح دیگر رطوبت و افزایش غیر معنی‌دار محیط و قطر غده نسبت به سطح رطوبت ۱۰۰ را به‌دنبال داشت. در رطوبت ۵۰ درصد وزن غده‌ها به‌دلیل کمبود رطوبت خاک و دسترسی کمتر به مواد غذایی محلول خاک در رقابت با اندام هوایی برای جذب مواد غذایی افزایش و ارتفاع اندام هوایی، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی در مقایسه با مقادیر متناظر با رطوبت ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد کاهش یافت. لیکن غده‌ها به‌دلیل ناکافی بودن رطوبت، حالت اسفنجی داشتند که غده‌های با کیفیت مطلوب نمی‌باشند. یکی از واکنش‌های گیاه تربچه به کمبود رطوبت، کاهش آماس سلولی است که در قالب کاهش تعداد برگ، کاهش وزن تر اندام هوایی و به‌تبع کاهش جذب نور و فتوسنتز گیاه می‌باشد. کاهش‌های رخ‌داده در بخش‌های رویشی، پاسخ‌های دفاعی گیاه در قالب بسته شدن روزنه‌ها، محدود شدن سرعت رشد، کاهش توسعه برگ و ریشه گیاه در شرایط کمبود رطوبت است (Sepaskhah and Ahmadi, 2012). کمبود آب می‌تواند سبب زودرسی گیاه و به‌تبع وجود فرصت کافی برای افزایش برخی مؤلفه‌های زایشی مانند وزن تر و خشک غده و حجم غده در گیاه تربچه (Zeipina et al., 2014) گردد که در گیاه سیب‌زمینی (Karafyllidis et al., 1996) هم گزارش شده است. وزن غده و به‌تبع کارایی مصرف آب به لحاظ اقتصادی مهم است و بهبود وزن غده به‌عنوان شاخصی از مقاومت به خشکی و کارایی به‌عنوان شاخصی از آب مصرفی می‌باشد. مطابق اندازه‌گیری‌های جدول (۲) بیشترین وزن تر و خشک غده به‌ترتیب معادل $8/25$ گرم و $0/42$ گرم با حرف a به‌سطح رطوبت ۷۵ درصد مربوط است. به‌همین ترتیب محاسبات جدول (۲) نشان می‌دهد بیشترین کارایی مصرف آب غده و بیشترین کارایی مصرف آب کل گیاه (غده+اندام هوایی) معادل $4/77$ و $8/64$ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی به رطوبت ۵۰ درصد تعلق دارد که با مقادیر متناظر آن در سطح رطوبت ۷۵ درصد بدون تفاوت معنی‌دار در یک گروه آماری جای دارند. کمترین مقدار کارایی مصرف آب غده و کارایی مصرف آب کل به‌سطح رطوبت ۱۰۰ درصد مربوط است نسبت

در ۷۸ درصد از موارد تغییرات ایجاد شده نسبت به خاک فاقد جاذب (شاهد) و در ۱۰۰ درصد از موارد نسبت به سطح ۲۶ گرم ورمی کمپوست برتری معنی‌داری مشاهده شد. Edwards and Burrows (1988) سرعت بیشتر جوانه‌زنی گیاه تربچه در خاک حاوی ورمی کمپوست نسبت به خاک معمولی را ناشی از بافت اسفنجی و توانایی ذخیره‌سازی آب و مواد غذایی و داشتن مواد غذایی گزارش نمودند. (Buckerfield *et al.*, 1999) نیز به‌طور مشابه افزایش عملکرد را برای گیاه تربچه به‌واسطه استفاده از ورمی کمپوست گزارش نمود. (Randy and Politud 2016) ضمن تأکید بر اثرات خوب ورمی کمپوست بر کیفیت خاک در استفاده طولانی مدت، نشان دادند ورمی کمپوست سبب افزایش غیر معنی‌دار تعداد برگ، ارتفاع گیاه طول و قطر غده گیاه تربچه در مقایسه با تیمار شاهد گردید. ورمی کمپوست با تأمین، جذب و انتقال بهتر عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف گیاه و بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در افزایش ظرفیت نگهداشت آب و گسترش مناسب‌تر ریشه در رشد و نمو بیشتر گیاه نقش دارد (Fatma *et al.*, 2008). (Eetesami *et al.*, 2015) فراهمی بیشتر عناصر غذایی در تیمار کود آلی را سبب افزایش وزن، قطر و طول غده و وزن خشک برگ تربچه ذکر نمودند که هم‌راستا با نقش ورمی کمپوست در بهبود مؤلفه‌های رشد تربچه مربوط به غده‌سازی مانند حجم غده (۷/۵۶ سانتی‌متر مکعب)، وزن تر غده (۱۲/۰۷ گرم) و صفات محیطی، قطر و طول غده در پژوهش حاضر است. به‌نظر می‌رسد تأثیر معنی‌دار سطح ۱۳ گرم ورمی کمپوست بر وزن تر و خشک غده و کارایی مصرف آب غده و کارایی مصرف کل گیاه می‌تواند ناشی از نقش ورمی کمپوست در بهبود پدیده فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌های لازم جهت سوخت و ساز گیاه باشد. در سطوح بالاتر ورمی کمپوست (۲۶ گرم) نبود فرصت کافی برای پروتئین‌سازی در دوره کوتاه رشد گیاه تربچه و افزایش خاصیت اسمزی خاک به‌دلیل وجود مواد غذایی بیشتر در محیط خاک بر عملکرد گیاه تأثیر کاهشی داشت. نقش هیدروژل آکوازورب نیز مشابه ورمی کمپوست در افزایش توانمندی خاک برای حفظ و ذخیره آب و مواد غذایی است، لیکن به‌مقدار کمتری موجب افزایش صفات گیاهی گردید که می‌تواند ناشی از فقدان مواد غذایی کافی به‌دلیل عدم افزودن مواد غذایی اضافی به خاک در این پژوهش و انتقال مواد غذایی ذخیره شده در مرحله رشد رویشی در زمان نمو زایشی باشد. به‌همین ترتیب افزایش مقدار هیدروژل آکوازورب نیز می‌تواند موجب افزایش خاصیت اسمزی خاک به‌واسطه تجزیه خود هیدروژل شود و اثر معکوس بر عملکرد گیاه داشته باشد. به‌عبارتی دیگر کاهش صفات گیاهی

آکوازورب مشهودتر است. در این پژوهش وزن غده و کارایی مصرف آب با افزایش اولیه ورمی کمپوست به‌طور معنی‌داری افزایش و با زیاد شدن مقدار ورمی کمپوست وزن غده یا عملکرد کاهش یافت. مواد آلی موجود در ورمی کمپوست با بهبود فعالیت میکروبی و خصوصیات شیمیایی خاک مانند تبادل کاتیونی سبب افزایش باروری خاک، جذب مواد غذایی و افزایش زیست‌توده گیاه تربچه می‌شود (Etesami *et al.*, 2015). به‌عبارت دیگر اضافه نمودن مواد آلی به خاک موجب افزایش درجه حرارت خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و فراهمی و جذب بیشتر مواد غذایی می‌شود که نتیجه آن افزایش رشد گیاه، عملکرد غده و عملکرد اندام هوایی گیاه تربچه است. این نتایج در راستای اثرات ورمی کمپوست بر عملکرد گیاه خیار (Zarabi *et al.*, 2010)، گیاه ریحان (Anwar *et al.*, 2005) و گیاه گوجه‌فرنگی (Federico *et al.*, 2007) است. افزودن هیدروژل آکوازورب نیز موجب افزایش وزن غده و کارایی مصرف آب نسبت به تیمار خاک شاهد شد ولی در مقایسه با ورمی کمپوست تأثیر کمتری داشت. در این پژوهش هیچ‌گونه مواد غذایی در ابتدای کشت و در طول فصل رشد به محیط خاک اضافه نشده است و به‌همین دلیل به‌نظر می‌رسد هیدروژل آکوازورب بیشتر نقش ذخیره‌سازی آب را داشته است (Okolelova *et al.*, 2017). در حالی که ورمی کمپوست علاوه بر ذخیره‌سازی آب در آزادسازی مواد غذایی و بهبود وضعیت رشد گیاه نیز نقش داشته و این امر می‌تواند در بهبود وضعیت تولید مؤثر باشد. در هر حال افزایش بیش از حد مقادیر جاذب‌ها در محیط خاک می‌تواند موجب افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک و افزایش نیروی ماتریکس خاک در حفظ رطوبت و عدم رهاسازی آن برای گیاه شود. به‌همین دلیل نتایج جدول (۲) کاهش اکثر مولفه‌های رشد رویشی و زایشی گیاه تربچه را در مقایسه با تیمار خاک فاقد جاذب (شاهد) و تیمار خاک دارای سطح ۱۳ گرم ورمی کمپوست نشان می‌دهد. همان‌گونه که جدول (۲) نشان می‌دهد مقدار میانگین تمامی صفات مورد بررسی در سطح ۱۳ گرم ورمی کمپوست بیش از سطح ۲۶ گرم ورمی کمپوست و بیش از دو سطح ۰/۱۳ و ۰/۲۶ گرم هیدروژل آکوازورب است. به‌گونه‌ای که در ۱۰۰ درصد موارد تغییرات صفات گیاهی در سطح ۱۳ گرم ورمی کمپوست در مقایسه با خاک شاهد و هیدروژل آکوازورب بیشتر بود. مطابق نتایج جدول (۲) در ۸۶ درصد از موارد تغییرات ناشی از افزودن ۱۳ گرم ورمی کمپوست نسبت به سطح ۲۶ گرم هیدروژل آکوازورب و در ۵۷ درصد از موارد نسبت به سطح ۱۳ گرم هیدروژل آکوازورب بیشتر و معنی‌دار بود. به‌همین ترتیب

اثر افزایش بیش از اندازه نیتروژن باشد (Akhtari et al., 2012).
 بروز شرایط اشباع خاک به دلیل کاهش خلل و فرج و حجم
 هوای خاک در استفاده از سطوح بالای هیدروژل آکوازورب نیز
 در کاهش عملکرد بی تاثیر نمی باشد (Frantz et al., 2005).
 در جدول (۳) اثر متقابل میزان آبیاری و جاذب‌های
 رطوبتی بر تغییرات رشدی گیاه تربچه آمده است.

در سطوح بالای هیدروژل آکوازورب می‌تواند به دلیل ساختمان
 یونی آن باشد که باعث افزایش غلظت املاح محلول خاک و اثر
 کاهش بر روند رشد رویشی و زایشی گیاه به‌ویژه در سطوح
 پایین رطوبتی شود. نتایج برخی تحقیقات نشان‌دهنده کاهش
 عملکرد گیاه تربچه در اثر زیادی نیتروژن افزوده شده به خاک
 است که می‌تواند در راستای افزایش خاصیت اسمزی خاک در

جدول ۳- برهم‌کنش سطوح مختلف رطوبت با جاذب‌های رطوبتی در گیاه تربچه

ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول (سانتی‌متر)	محیط قطر (سانتی‌متر)		حجم (سانتی‌متر مکعب) اندام هوایی		رطوبت (درصد) جاذب آب (گرم) غده
			غده	اندام هوایی	غده	اندام هوایی	
b۱۳/۳۳	a۱۴/۷۰	b۲/۲۷	b۲/۱۰	b۶/۵۷	b۱۱/۳۳	cd۵/۰۰	۰/۱۳ هیدروژل
bc۱۲/۹۳	a۱۲/۸۳	c۱/۵۳	b۲/۰۷	b۶/۴۷	de۵/۳۳	e۱/۶۷	۰/۲۶ هیدروژل
c۱۲/۴۳	a۱۴/۱۳	cd۱/۳۳	c۱/۶۷	c۵/۱۳	d۶/۳۳	f۱/۰۰	فاقد جاذب (صفر) ۱۰۰
ab۱۵/۰۰	a۱۶/۵۷	b۲/۱۰	a۲/۹۰	a۹/۰۰	a۱۵/۰۰	b۸/۳۳	۱۳ ورمی کمپوست
d۱۰/۲۷	a۱۴/۲۳	c۱/۹۷	bc۱/۹۷	bc۶/۲۳	e۴/۰۰	ef۱/۳۳	۲۶ ورمی کمپوست
b۱۳/۹۰	a۱۱/۵۳	a۳/۴۰	a۲/۸۰	a۸/۷۳	a۱۵/۰۰	d۴/۶۷	۰/۱۳ هیدروژل
c۱۱/۰۷	a۱۳/۳۳	d۱/۳۰	d۰/۷۷	d۲/۳۷	d۷/۰۰	ef۱/۳۳	۰/۲۶ هیدروژل
b۱۳/۰۳	a۱۲/۴۳	b۲/۲۰	c۱/۷۰	c۵/۲۷	b۱۱/۰۰	c۵/۳۳	فاقد جاذب (صفر) ۷۵
a۱۶/۳۳	a۱۲/۷۰	a۳/۴۷	a۲/۸۰	a۸/۸۰	a۱۴/۳۳	b۹/۰۰	۱۳ ورمی کمپوست
c۱۱/۴۰	a۱۱/۶۷	bc۲/۱۰	c۱/۶۷	c۵/۲۰	cd۸/۶۷	de۳/۳۳	۲۶ ورمی کمپوست
c۱۲/۴۷	a۱۲/۶۰	b۲/۱۰	ab۲/۴۰	ab۷/۵۳	c۹/۳۳	bc۷/۰۰	۰/۱۳ هیدروژل
cd۱۰/۹۰	a۱۱/۸۷	c۱/۶۳	cd۱/۳۳	cd۴/۲۷	d۶/۳۳	c۵/۶۷	۰/۲۶ هیدروژل
c۱۱/۷۷	a۱۳/۳۳	b۲/۲۰	a۲/۸۷	a۸/۹۷	bc۱۰/۶۷	a۱۲/۳۳	فاقد جاذب (صفر) ۵۰
ab۱۵/۰۰	a۱۵/۵۳	ab۲/۷۷	a۲/۷۳	a۸/۶۷	ab۱۳/۳۳	c۵/۳۳	۱۳ ورمی کمپوست
c۱۱/۸۳	a۱۱/۵۰	b۲/۱۷	a۲/۵۳	a۷/۹۳	c۹/۶۷	d۳/۶۷	۲۶ ورمی کمپوست

کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) کل	تعداد برگ غده	وزن خشک (گرم)		وزن تر (گرم)		رطوبت (درصد) جاذب آب (گرم) غده	
		غده	اندام هوایی	اندام هوایی	غده		
d۶/۱۲	d۲/۸۲	a۷/۳۳	b۰/۵۶	cd۰/۳۵	bc۸/۵۱	e۷/۲۵	۰/۱۳ هیدروژل
d۵/۶۰	ef۱/۹	a۸/۶۷	b۰/۵۱	de۰/۲۴	b۸/۷۷	f۴/۵۰	۰/۲۶ هیدروژل
e۳/۵۹	fg۱/۰	a۷/۳۳	cd۰/۳۹	ef۰/۱۳	c۶/۵۳	fg۲/۵۳	فاقد جاذب (صفر) ۱۰۰
ab۱۱/۱۸	b۵/۱۹	a۷/۶۷	a۰/۸۱	a۰/۵۳	a۱۳/۳۸	bc۱۱/۶۲	۱۳ ورمی کمپوست
e۳/۲۵	f۱/۲۴	a۷/۳۳	d۰/۳۰	e۰/۲۳	d۵/۱۶	f۳/۱۹	۲۶ ورمی کمپوست
a۱۲/۴۵	a۶/۷۸	a۸/۰	b۰/۵۸	f۰/۰۵	ab۱۰/۹۶	ab۱۳/۰۹	۰/۱۳ هیدروژل
e۳/۲۰	g۰/۲۳	ab۷/۰	d۰/۳۲	f۰/۰۵	d۵/۴۶	g۰/۴۳	۰/۲۶ هیدروژل
c۸/۳۶	c۴/۴۶	a۷/۶۷	b۰/۴۸	bc۰/۴۵	c۷/۹۷	d۹/۱۲	فاقد جاذب (صفر) ۷۵
a۱۲/۴۶	a۷/۲۵	a۸/۳۳	b۰/۶۱	a۰/۶۲	b۱۰/۱۴	a۱۴/۱۶	۱۳ ورمی کمپوست
d۵/۹۳	de۲/۳۸	a۷/۳۳	c۰/۴۱	e۰/۲۲	c۶/۶۵	f۴/۴۶	۲۶ ورمی کمپوست
c۹/۰۵	b۵/۴۸	a۷/۳۳	bc۰/۴۸	b۰/۴۹	cd۶/۴۱	cd۹/۸۶	۰/۱۳ هیدروژل
e۳/۵۱	g۰/۹۸	b۶/۳۳	d۰/۲۶	f۰/۰۸	d۳/۹۳	g۱/۵۱	۰/۲۶ هیدروژل
c۸/۷۲	b۵/۶۷	a۸/۶۷	d۰/۳۴	b۰/۵۰	d۵/۵۹	c۱۰/۳۶	فاقد جاذب (صفر) ۵۰
a۱۲/۱۷	a۶/۶۳	a۷/۶۷	b۰/۵۵	ab۰/۵۲	b۸/۷۳	c۱۰/۴۳	۱۳ ورمی کمپوست
bc۹/۷۶	bc۵/۰۸	a۷/۳۳	b۰/۵۰	b۰/۵۰	c۸/۰۵	de۸/۷۶	۲۶ ورمی کمپوست

در بررسی اثر متقابل میزان رطوبت و جاذب‌های رطوبتی مشاهده شد که میانگین بیشترین مقادیر صفات حجم اندام هوایی، محیط و قطر غده، طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی به ترتیب ۱۵ سانتی‌متر مکعب، ۹ و ۲/۹ سانتی‌متر، ۱۶/۵۷ سانتی‌متر و ۱۳/۳۸ و ۰/۸۱ گرم در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد با کاربرد ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست به دست آمد. به همین ترتیب میانگین بیشترین مقادیر صفات ارتفاع اندام هوایی (۱۶/۳۳ سانتی‌متر)، وزن تر غده (۱۴/۱۶ گرم)، وزن خشک غده (۰/۶۲ گرم)، کارایی مصرف آب غده (۷/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و کارایی مصرف آب کل (۱۲/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب) ناشی از اثر متقابل رطوبت ۷۵ درصد و سطح ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست است. کمبود رطوبت یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر رشد گیاه از طریق کاهش آماس سلولی و کاهش انتقال مواد غذایی از خاک تأثیر است. اما ورمی‌کمپوست با توانایی نگهداری بالای آب و داشتن مواد غذایی لازم برای رشد گیاه توانسته مانع کاهش معنی‌دار صفات گیاهی در رطوبت ۷۵ درصد نسبت به رطوبت ۱۰۰ درصد شود. بررسی‌ها نشان داد در ۴۲/۶ درصد از موارد میانگین بیشترین مقادیر برخی صفات، ناشی از اثر متقابل حداکثر رطوبت (۱۰۰ درصد) با حداقل مقدار ورمی‌کمپوست (۱۳ گرم) بود که با سطح رطوبتی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و سطح ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشت. در ۴۲/۶ درصد از موارد دیگر نیز میانگین بیشترین مقادیر تعدادی از صفات نیز از اثر متقابل سطح رطوبتی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با سطح ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست حاصل شد. بدین ترتیب می‌توان اظهار داشت که در ۸۳/۲ درصد از موارد اثر متقابل سطح رطوبتی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست مناسب است. به نظر می‌رسد عدم اعمال محدودیت آب در تیمارهای آبیاری طی مرحله رشد رویشی سبب دسترسی بهتر گیاه به عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف، رشد رویشی مناسب‌تر و هم‌چنین وجود مواد بیولوژیک فعال در ورمی‌کمپوست با عملکردی مشابه تنظیم‌کننده‌های رشد باعث افزایش شاخص‌های گیاهی مانند طول ریشه، ارتفاع اندام هوایی، وزن تر اندام هوایی و تعداد برگ شده است. گیاه تا انتهای مرحله توسعه در حال رشد سریع می‌باشد و ورمی‌کمپوست ضمن توسعه ریشه شرایط را برای جذب بهتر و بیشتر آب و مواد غذایی طی مرحله رشد رویشی فراهم می‌کند. در این راستا بخشی از مواد غذایی به دلیل فزونی ارتفاع اندام هوایی و تعداد برگ‌ها در تیمار ورمی‌کمپوست (جدول ۲) در اندام هوایی ذخیره و با شروع فرایند غده‌زایی با

انتقال مجدد به غده‌ها سبب افزایش مولفه‌های مربوط به غده می‌شود (Baybordi and Malakooti, 2007). استفاده بهتر گیاه از عوامل محیطی در طول دوره رشد و افزایش مؤلفه‌های رشد گیاه در تیمار مصرف ورمی‌کمپوست هم می‌تواند یکی از دلایل رشد تریچه باشد (Jayanthi et al., 2002). در عین حال مصرف بالای جاذب‌ها به دلیل آزادسازی بیشتر مواد غذایی در محلول خاک موجب بروز پتانسیل اسمزی، عدم جذب آب و در نتیجه کمتر شدن مقادیر شاخص‌های گیاهی نسبت به تیمار شاهد گردید که در سطح ۲۶ گرم ورمی‌کمپوست و در هیدروژل‌ها به دلیل ساختار یونی آن مشهود است (جدول ۳). عدم افزایش مؤلفه‌های رشد در سطوح بالای هیدروژل آکوازورب را بدین صورت می‌توان توجیه نمود که ماهیت هیدروژل‌های کشاورزی آنیونی بوده و احتمالاً اثر رقابتی آن با برخی عناصر غذایی همان‌گونه که قبلاً نیز بیان شد وزن غده یکی از

فاکتورهای مهم در افزایش عملکرد و به تبع کارایی مصرف آب است. نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین وزن تر غده از اثر متقابل ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست با محدودیت ۷۵ درصدی رطوبت خاک به میزان ۱۴/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب با حرف a و بدون تفاوت معنی‌دار با وزن غده در همین سطح رطوبتی و ۰/۱۳ گرم هیدروژل آکوازورب به میزان ۱۳/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل گردید. در یک تحقیق بر نقش هیدروژل (سوپرجاذب) در افزایش ظرفیت نگهداشت آب، افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه گوجه‌فرنگی تأکید شده است (Haghighi, et al., 2014). در پژوهشی دیگر نیز به نقش جاذب‌های آلی در افزایش حرارت خاک، جذب و ذخیره آب، کمک به تشکیل خاکدانه و اثرات مناسب‌تر تغذیه‌ای آن برای گیاه تریچه اشاره نموده است (Eetesami, et al., 2015). نتایج کارایی مصرف آب محاسبه شده در جدول (۳) نشان داد بیشترین کارایی مصرف آب غده و بیشترین کارایی مصرف آب کل گیاه شامل غده و برگ‌ها (غده+اندام هوایی) معادل ۷/۲۵ و ۱۲/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب نیز از اثر متقابل ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست با محدودیت ۷۵ درصدی رطوبت خاک به دست آمد. کارایی مصرف آب حاصل نسبت عملکرد به آب مصرفی است که با توجه به حداکثر بودن مقدار عملکرد غده و کمتر بودن آب مصرفی در تیمار رطوبتی ۷۵ درصد در سطح ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست نسبت به سایر تیمارها به دست آمده است. علت حداکثر بودن غیر معنی‌دار کارایی مصرف آب کل در تیمار رطوبت ۷۵ درصد و ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست نیز می‌تواند کاهش

به دلیل اسفنجی بودن ساختمان آن و تأمین مواد غذایی به دلیل ارزش غذایی بالای آن می‌تواند اثرات کمبود آب و مواد غذایی در گیاه را رفع نماید و باعث افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب شود. به نظر می‌رسد گیاه تربچه به دلیل حجم شاخ و برگ کم، به آب زیادی نیاز ندارد و سطح رطوبت ۷۵ درصد کفایت دارد. در این پژوهش به دلیل نظم در عملیات آبیاری و انجام روزانه آن ترکیب گیاه و پوکی غده‌ها (اسفنجی بودن غده‌ها) مشاهده نشد. لیکن در غده‌های عمل آمده در سطح رطوبت ۵۰ درصد مشکل پوکی غده‌ها مشاهده شد که احتمالاً به واسطه گسترش فضای بین سلولی غده‌ها و رقابت دیگر اندام گیاه برای جذب مواد غذایی و جذب آب برای حفظ آماس باشد. اما از آنجایی که آب کافی برای جذب و جابجایی مواد غذایی در اختیار گیاه نبود، بافت داخلی غده‌های عمل آمده در سطح رطوبت ۵۰ درصد حالت اسفنجی داشتند هر چند در برخی موارد حجم غده‌ها بزرگتر بود. در مجموع به کارگیری جاذب‌های رطوبتی از طریق حفظ و ذخیره رطوبت خاک، بهبود نفوذپذیری آب در خاک و افزایش بازده مصرف آب می‌تواند گامی مؤثر در جهت بهره‌وری از منابع محدود آب باشد. بنابراین می‌توان از ورمی‌کمپوست در شرایط کمبود آب برای کشت و کار گیاهان استفاده نمود و پیشنهاد می‌گردد که در شرایط مزرعه‌ای نیز آزمایش فوق تکرار و از لحاظ اقتصادی بررسی‌های لازم در خصوص استفاده از جاذب‌ها به عمل آید.

REFERENCES

- Abedi Koupai, J. and Mesforoush, M. (2009) Evaluation of superabsorbent polymer application on yield, water and fertilizer use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus*). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 2 (3): 100-111.
- Abedini targhabeh, J. (2010) The effect of super-absorbent polymer into compost in water absorption and other physical-chemicals factors. In: *Proceedings of 5th National Conference on Waste Management, Municipalities and Dehdari of country*, Mashhad, Iran. (In Farsi).
- Akhtari, A. Ardalan, M. Tavvasoli, A. and Baybordi, A. (2012) Effect of different levels of nitrogen on the quantity and quality of radish. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(1), 15-23. (In Farsi).
- Anwar, M. Patra, D.D. Chand, S. Alpesh, K. Naqvi, A.A. Khanuja, SPS. (2005) Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36 (13-14), 1737-1746.
- Arab zadeh, N. Agharahimi, M. and Shahidi, V. (2014) Effects of municipal waste compost and nitrogen on tuber yield, biological yield and some of yield

۲۵ درصدی آب در تیمار فوق باشد. کمترین مقدار وزن غده معادل ۰/۴۳ گرم و به تبع کمترین کارایی مصرف آب غده ۰/۲۳ با حرف g و کمترین کارایی مصرف آب کل (غده+اندام هوایی) ۳/۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب با حرف e نیز از اعمال سطح رطوبت ۷۵ درصد در سطح هیدروژل آکوازورب ۰/۲۶ گرم حاصل شد. به نظر می‌رسد افزایش سطح جاذب‌های رطوبتی به ۲۶ گرم ورمی‌کمپوست و متناظر با آن به ۰/۲۶ گرم هیدروژل آکوازورب در رطوبت ۷۵ و ۵۰ درصد نتوانسته در جذب و ذخیره‌سازی آب برای گیاه موفق باشد. زیرا در این شرایط جاذب‌ها با افزایش ویژگی‌های اسمزی خاک و رقابت با خاک در نگهداشت رطوبت مانع افزایش مؤلفه‌های وزنی و عملکردی گیاه می‌شوند.

نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، استفاده بی‌رویه از نهاده‌های شیمیایی و آب در اراضی کشاورزی منجر به معضلات زیست‌محیطی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک شده است. نتایج این پژوهش نشان داد افزودن ۱۳ گرم ورمی‌کمپوست به خاک و محدود نمودن آب قابل دسترس گیاه تا سطح ۷۵ درصد ظرفیت زراعی باعث افزایش وزن غده، کارایی مصرف آب غده و کارایی مصرف آب کل در گیاه تربچه گردید. ورمی‌کمپوست به عنوان جاذب رطوبت

components of radish vegetable (*Raphanus sativus* L.) in climatic conditions in Kerman. In: *Proceedings of the second global conference on sustainable agriculture and natural resources* Tehran, Iran. (In Farsi).

- Azizi, M. Rezvani, F. Hassanzadeh, M. Lkzyan, A. and Nemati, H. (2008) Effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological characteristics and essential oil of German chamomile (*Matricaria recutita*) cultivars. *Goral Journal - Medicinal and Aromatic Plants Research of Iran*, 24, 82-93. (In Farsi).

- Baybordi, A. and Malakooti, M.J. (2007) The effect of different sources of organic fertilizer (manure, compost and vermicompost) on the quantity and quality of red onion of Azarshahr in two areas of Bonab and Khosroshahr. *Soil Research (soil and water Science)* 21(1), 41-43. (In Farsi).

- Buckerfield, J.C., Flavel, T., Lee, K.E., and Webster, K.A. 1999. vermicomposts in solid and liquid forms plant –growth promoter. *Pedobiologia*. 43: 753-759.

- Bulluck L.R., Brosius M., Evanilo G.K., and Ristaino J.B. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial physical

- and chemical properties on organic and conventional farm. 19: 147-160
- Doupis, G. Bertaki, M. Psarras, G. Kasapakis, I. and Chartzoulakis, K. (2013) Water relations, physiological behavior and antioxidant defence mechanism of olive plants subjected to different irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*, 153, 150-156.
- Edwards, C.A. Burrows, I. (1988) The potential of earthworm composts and plant growth media. In: Edwards, C.A. Neuhauser, I.P. (Eds.), *Earthworms in waste and Environmental Management*. SPB Academic. The Hague, pp. 211-217.
- Eetesami, M. Tajpour, F. Khosravi, M. and Biabani, A. (2015) The effect of mixed organic fertilizers on growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Horticultural Science*, 29(2), 296-301. (In Farsi).
- El-Ghadban, E.A.E. Ghallab, A.M. and Abdelwahab, A.F. (2002) Effect of organic fertilizer (Biogreen) and biofertilization on growth, yield and composition of Marjoram plants growth under newly reclaimed soil conditions. In: Proceedings of 2nd Congress of Recent Technologies in Agriculture, 2, 334-361.
- El-Hady, O.A. and Wanas, Sh.A. (2006) Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acrylamide hydrogels. *Applied Science Research*, 2(12), 1293-1297.
- Fatma, A.G. Lobna, A.M. and Osman, N.M. (2008) Effect of compost and biofertilizers on growth yield and essential oil of sweet marjoram, 10 (4), 381-387.
- Federico, A.G. Miceli, J.S. Borraz, J. Adolfo Montes Molina, C. Nafate, M. Abud-Archila, M. Llaven, A. Rinco'n-Rosales, R. and Dendooven, L. (2007) Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology*, 98, 2781-2786.
- Frantz J.M. Locke, J.C. Pitchay, D.S. Krause, C.R. (2005) Actual performance versus theoretical advantages of polyacrylamide hydrogel throughout bedding plant production. *HortScience* 40(7), 2040-2046.
- Ghanbari, M. Farzaneh, M. and Eftekharian Jahromi, A.R. (2015) Effect of Salicylic acid on some physiological characteristics of radish (*Raphanus sativus* L.) under stress conditions. Drought. *Journal of Plant Physiology environment*, 10(39), 79-87. (In Farsi).
- Haghighi Moghaddam, S.A. (2005) Methods of increasing of soil moisture using hyperabsorbends for increasing of agriculture water efficiency. Workshop of mechanization surface irrigation. December 1, 2005.
- Haghighi, M. ., Mozafariyan, M. ., & Afifipour, Z. . (2014). The Effect of Superabsorbent Polymer and Different Withholding Irrigation Level on Some Qualitative and Quantitative Traits of Tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Journal of Horticulture Science*. 28(1): 125-133 (In Farsi).
- Hajilo, M. Abasdokht, H. Amryan, M.R. and Gholami, A. (2010) The properties of biofertilizers on growth yield and yield components of corn in agricultural ecosystem. In: Proceedings of the first national conference on sustainable agriculture and healthy product, of the Center for Agricultural Research of natural resources, (In Farsi).
- Hammada, S.S. (2001) Effect of some agricultural treatments on growth and productivity of Moghat plant under Siani conditions. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt.
- Jayanthi, C. Malarvizhi, P. Khan, A.K.F. and Chinnusamy, C. (2002) Integrated nutrient management in forage oat (*Avena Sativa*). *Indian Journal of Agronomy*, 47, 130-133.
- Karafyllidis, D. I. Stavropoulos, N. and Georgakis, D. (1996) The effect of water stress on the yielding capacity of potato crops and subsequent performance of seed tubers. *Potato Research*, 39(1), 153-163.
- Karamzadeh, A. (2010) Interaction of biological fertilizer vermicompost and drought on Pea. M. Sc. dissertation, Shahrood University of Technology, Iran. (In Farsi).
- Killic, H. and Yagbasanlar, T. (2010) The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of Durum Wheat (*Triticum turgidum*ssp. *durum*) cultivars. *Not Bot Hort Agrobot Cluj*, 38(1), 164-170.
- Liu, F. Shahnazari, A. Andersen, M. N. Jacobsen, S. E. & Jensen, C. R. (2006). Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. *Scientia Horticulturae*, 109(2), 113-117.
- Nancarrow, L. Taylor, J.H. (1998) *The Worm Book: The complete guide to worms in your garden*. Ten Speed Press.
- Okolelova, A. A., Rachimova, N. A., Egorova, G. S., Kasterina, N. G., Zaikina, V. N. and Adnan Tawfeeq, A. A. (2017). Productivity of light-brown soils by infuence of polyacrilic hydrogel. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8 (4): 158-169.
- Nnadi, F. and Brave, C. (2011). Environmentally friendly superabsorbent polymers for water conservation in gricultural lands. *J. Soil. Sci. Environ*, 2 (7): 206 -211.
- Prabha, M.L. Jayraaj, I.A. Jayraaj, R. and Rao, D.S. (2007) Effective of vermicompost on growth parameters of selected vegetable and medicinal plants. *Asian Journal of microbiology, biotechnology and environmental Sciences*, 9: 321-326.
- Randy, E. and Politud, R. (2016) Growth and yield performance of Radish (*Raphanus sativus* L.) cv Snow white in response to varying levels of vermicast applications. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 6(5): 53-57.

- Rezvani Moghaddam, B. Bkshayy, S. Ghafouri, A. and Khrmdl, S. (2009) Quantitative characterization of biological fertilizers and vermicompost on Savory herb. In: *Proceedings of medicinal plants of Iran Industry Development Conference*, Tehran, Iran. (In Farsi).
- Sepaskhah, A.R. and Ahmadi, S.H. (2012) A review on partial root-zone drying irrigation. *International Journal of Plant Production*, 4(4), 241-258.
- Zarabi, M. Movasaghi, Sh. and Rezaee, N. (2010) The effect of vermicompost on organic production of greenhouse cucumber. In: *Proceedings of the first national conference on sustainable agriculture and healthy crop production*, Isfahan Research Center for Agriculture and Natural Resources, Isfahan, Iran. (In Farsi).
- Zeipina, S. Lepse, L. Alsina, I. and Dumau, M. (2014) The effect of irrigation on the leaf vegetables and radish yield and quality. In: *Proceedings of the Scientific and Practical Conference Harmonious Agriculture*. Faculty of Agriculture, Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia pp. 128-131.