مقاله پژوهشی

اثر کودهای کمپوست زباله شهری و باکتری‌های محرک رشد بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی درخت توت سیاه (*Morus alba*)

عیسی ابراهیمی[۱]*، رضا صورتی‌زنجانی[۲]، حسن حسنی‌کومله[۳]، محمدحسین رضادوست[۴]، اسماعیل کامران[۵]، یوسف خیرخواه‌رحیم‌آباد[۶] و شهلا نعمت‌الهیان[۷]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۲۵- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۶)

چکیده

درخت توت می‌تواند در شرایط آب و هوایی مختلف رشد کند. برگ درخت توت به عنوان غذای کرم ابریشم می‌باشد و نقش اساسی در تولید ابریشم دارد. بنابرین بهبود وضعیت کیفی و کمی برگ توت از نظر تولید ابریشم اهمیت فراوانی دارد. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و پسماند زباله شهری بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی درخت توت رقم *کن موچی* بود. برای انجام این پژوهش تعداد ۲۷ نهال توت از موسسه تحقیقات ابریشم کشور تهیه شد. این پژوهش به صورت طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل دو سطح از پسماند زباله شهری (دو و چهار درصد)، دو سطح باکتری *سودوموناس* ($۱۰^۶$ و ۵×۱۰^۶ سلول در گرم خاک) و شاهد بود. برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی مانند میزان فسفر، نیتروژن، پتاسیم، پروتئین و قند در برگ اندازه‌گیری شد. همچنین برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه شامل وزن تر، شاخص سطح برگ، سطح ویژه برگ، طول برگ و غیره نیز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار پروتئین و سطح برگ در تیمار ترکیبی سطح دوم کمپوست و باکتری به ترتیب معادل ۲۲/۵۷ درصد و ۲۰۰۵ میلی‌متر مربع به دست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار کمپوست و باکتری به خاک کیفیت برگ از نظر شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند مقدار پروتئین و قند و مورفولوژیکی مانند سطح برگ، سطح ویژه و غیره افزایش معنی‌داری یافته است. به طور کلی نتایج به دست آمده نشان داد که از ترکیب کودهای آلی و زیستی می‌توان به جای کودهای شیمیایی جهت تأمین عناصر مورد نیاز گیاه توت استفاده کرد.

کلمات کلیدی: تغذیه، سطح برگ، سطح ویژه برگ، سودوموناس، مواد آلی

۱- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، مرکز نخبگان و استعدادهای برتر نیروهای مسلح، مرکز تحقیقات ابریشم کشور، گیلان، رشت، ایران.
۲- مرکز تحقیقات ابریشم کشور، گیلان، رشت، ایران.
۳- دانشیار گروه بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۴- استادیار گروه بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۵- مربی بخش تحقیقات فرآورده‌های نوین نوغانداری، مرکز تحقیقات ابریشم کشور، گیلان، رشت، ایران.
۶- مربی بخش تحقیقات کرم ابریشم، مرکز تحقیقات ابریشم کشور، گیلان، رشت، ایران.
۷- مربی بخش تحقیقات کرم ابریشم، مرکز تحقیقات ابریشم کشور، گیلان، رشت، ایران.
* پست الکترونیک: Ebrahimi.soilphysic@yahoo.com

مقدمه

توت از خانواده *Moraceae* و جنس *Morus* است که شامل ۲۴ گونه، یک زیرگونه و حداقل ۱۰۰ واریته شناخته شده می‌باشد (دوک[1]، ۱۹۸۳؛ کراوجزیک و لوچیناسکا[2]، ۲۰۲۰). در ایران سه گونه آن به نام توت سفید (*Morus alba*)، توت سیاه (*Morus nigra*) و توت سرخ (*Morus rubra*) با واریته‌های متعدد وجود دارد. توت سفید بومی شرق آسیا است و در مناطق وسیعی از شمال هند، پاکستان و ایران گسترده شده است. در اغلب کشورهایی که توت پرورش می‌یابد به ویژه در هند و چین از برگ آن برای تغذیه کرم ابریشم استفاده می‌شود. لذا در این کشورها بر روی افزایش میزان برگ‌دهی آن تمرکز شده است اما در بیشتر کشورهای اروپایی مانند ترکیه و یونان توت‌ها بیشتر به منظور تولید میوه پرورش داده می‌شوند (دوک، ۱۹۸۳). خان[3] و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که توت بومی چین بوده و در مناطق مختلف از جمله آفریقا، اروپا، آمریکا و کشورهای مختلفی از آسیا رشد می‌کند. درخت توت مقاوم به سرما (تحمل تا ۲۵- درجه سانتی‌گراد) بوده و کم توقع است و در اکثر مناطق و شرایط آب و هوایی رشد می‌کند (بصیری، ۱۳۹۶). مطالعات متعددی در زمینه اثر مثبت میوه توت بر روی بیماری دیابت صورت گرفته است (یان[4] و همکاران، ۲۰۱۶؛ خیو[5] و همکاران، ۲۰۱۵؛ جیاو[6] و همکاران، ۲۰۱۷). گیاه توت به عنوان تنها منبع غذایی منحصر به فرد جهت تغذیه لاروهای کرم ابریشم می‌باشد (اصلانی و احمدی، ۱۳۷۵). لذا تغذیه مناسب لاروهای ابریشم تجاری متکی به برگ‌های توتی است که در طول هضم و جذب قادر به تأمین مواد غذایی مورد نیاز جهت رشد و نمو طبیعی آنها باشد. از عناصر اصلی تشکیل‌دهنده برگ توت آب و ماده خشک می‌باشند (ژنگ[7] و همکاران، ۱۹۸۸).

به گروهی از باکتری‌های مفید ریزوسفری خاک که سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR[8]) گفته می‌شود. این باکتری‌ها می‌توانند با استفاده از روش‌های مختلف شامل انحلال ترکیب‌های کم‌محلول و نامحلول عناصر غذایی و در نتیجه افزایش فراهمی آن‌ها، رقابت برای جذب عناصر غذایی، تولید سیدروفور، افزایش تحمل گیاه به تنش‌های شوری، خشکی و سمیت عناصر و تولید هورمون‌های گیاهی مانند ایندول استیک اسید سبب افزایش رشد گیاه شوند (گلیک[9]، ۲۰۱۴). امروزه استفاده از PGPRها در کشاورزی به عنوان روشی جایگزین برای کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و مکمل‌ها در راستای جلوگیری از آلودگی محیط زیست در حال افزایش می‌باشد (اشرف‌زمان[10] و همکاران، ۲۰۰۹). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه از جمله منابع زیستی می‌باشند که از طریق مکانیسم‌های مستقیم و غیر مستقیم سبب افزایش قابلیت و دسترسی عناصر غذایی و در نهایت افزایش رشد گیاه می‌شوند (خالید[11] و همکاران، ۲۰۰۶). باکتری‌های PGPR با اکسیداسیون ناقص قندها و مواد پلی‌ساکاریدی ترشح شده توسط ریشه گیاه، اسیدهای آلی مانند اسید گلوکونیک، اسید اگزآلیک و اسید سیتریک تولید می‌نمایند. نوع و مقدار اسیدهای آلی تولید شده در هر محیط به نوع ریزجانداران تولید کننده آن اسید مربوط می‌شود (ریس[12] و همکاران، ۱۹۹۹). توانایی ریزجانداران خاک‌زی در آزادسازی عناصر مغذی گیاهان مانند فسفر و پتاسیم، تجزیه ترکیب‌های آلی پیچیده در خاک و کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی، امروزه به نحو مطلوبی در جهت کشاورزی پایدار مورد استفاده کشورهای پیشرو در این امر است (مارهوال[13] و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات زیادی نشان داده است که استفاده از باکتری‌های محرک رشد به عنوان کود زیستی برای رشد گیاهان بسیار مفید است و باعث افزایش علمکرد می‌شود. برخی از مطالعات انجام شده بر روی گیاهان گندم (جادرلند[14] و همکاران، ۲۰۰۸؛ کومار[15] و همکاران، ۲۰۱۴)، انگور (کوسه[16] و همکاران، ۲۰۰۵) و تمشک (اورهان[17] و همکاران، ۲۰۰۶) اثر مثبت این باکتری‌ها را نشان می‌دهند.

1. Duke
2. Krawczyk and Łochyńska
3. Khan
4. Yan
5. Xu
6. Jiao
7. Zheng
8. Plant Growth Promoting Rhizobacteria
9. Glick
10. Ashrafuzzaman
11. Khalid
12. Reyes
13. Marhual
14. Jaderlund
15. Kumar
16. Kose
17. Orhan

صنعت ابریشم یکی از صنایع مهم است که در سالیان اخیر مورد غفلت قرار گرفته است. در صورت توسعه این صنعت می‌توان گام‌های خوبی در جهت توسعه پایدار کشور برداشت. کیفیت و کمیت برگ درختان توت جهت تأمین غذای کرم‌های ابریشم، مهمترین نقش را در تغذیه کرم ابریشم دارد. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی سبب بروز مشکلات زیست محیطی بسیاری می‌شود، در چند سال اخیر مصرف کودهای آلی جهت تغذیه در باغات و اراضی تحت کشت رو به افزایش بوده است. از این رو مطالعه تغذیه درختان توت بسیار ضروری بوده و بایستی در تغذیه گیاهان مسایل زیست محیطی را در نظر گرفت. تاکنون مطالعه جامعی بر روی اثر باکترهای محرک رشد و استفاده از پسماند جامد زباله شهری (کمپوست) بر روی ویژگی‌های درخت توت صورت نگرفته است. لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و پسماند جامد زباله شهری بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه توت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از نهال توت رقم *کن‌موچی* استفاده شد. این نهال‌ها از موسسه تحقیقات کرم ابریشم کشور واقع در استان گیلان تهیه شدند. طرح آماری پژوهش مورد مطالعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار می‌باشد. تیمارهای مورد مطالعه شامل تیمار شاهد (C0B0)، فاکتور اول عبارت است از تیمار باکتری سودوموناس پوتیدا در دو سطح (10^6 و 5×10^6 سلول در لیتر) (B1 و B2) و فاکتور دوم نیز شامل دو سطح کمپوست زباله شهری (دو و چهار درصد وزنی) (C1 و C2) می‌باشند. کمپوست زباله شهری از کارخانه کمپوست‌سازی رشت تهیه شد. برای آماده‌سازی گلدان‌ها ابتدا تیمارهای مورد مطالعه به خاک گلدان‌ها اضافه شده و سپس یک دوره دو ماه انکوباسیون برای آنها در نظر گرفته می‌شود. در هر گلدان با توجه به جرم مخصوص ظاهری مناسب ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مربع مقدار ۸ کیلو خاک در گلدان‌ها ریخته شد. بعد از دو ماه در مهر ماه سال ۱۳۹۸ نهال‌ها در گلدان کاشت شد و نیاز آبی و کود شیمیایی (۵۰ درصد نیاز گیاه) مورد نیاز نهال مد نظر قرار گرفت. بعد از برگ‌دهی نهال‌ها در اردیبهشت ماه برگ‌های مربوط به هر تیمار جمع‌آوری و برای انجام آزمایش‌ها مورد نظر نگهداری شدند. بخشی از نمونه‌های گیاهی بعد از نمونه‌برداری و توزین و پس از شستشوهای لازم، در پاکت‌های مخصوص در آون در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت حرارت داده می‌شوند تا کاملاً خشک شوند و سپس با ترازو توزین شدند (میشرا و تریپاتی[1]، ۲۰۰۸). بخش دیگر نمونه به صورت تازه برای سنجش عناصر و پروتئین مورد استفاده قرار گرفتند.

ویژگی‌های خاک قبل از کشت و اضافه شدن تیمارها اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری بافت خاک به روش هیدرومتری (بویکوس[2]، ۱۹۳۶) صورت گرفت. اندازه‌گیری EC و pH خاک به روش اسپارکس اندازه‌گیری شد (اسپارکس[3] و همکاران، ۱۹۹۶). اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل خاک به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (اسپارکس و همکاران، ۱۹۹۶) انجام شد. کربن آلی به روش والکلی و بلاک[4] (۱۹۳۴) اندازه‌گیری شد. پارامترهای مورفولوژیکی مانند شاخص سطح برگ، طول برگ، عرض برگ، طول دمبرگ، وزن تر و درصد رطوبت برگ مورد سنجش قرار گرفت. میزان عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن نیز در برگ‌ها و خاک گلدان‌ها اندازه‌گیری شد. پتاسیم به روش نشر شعله‌ای (فلیم فتومتری) (پیج[5] و همکاران، ۱۹۸۲)، فسفر به روش آمونیوم مولیبدات وانادات و همچنین نیتروژن به روش هضم تر با دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شدند (کوتنیه[6]، ۱۹۸۰).

به‌منظور جداسازی و خالص‌سازی باکتری‌های سودوموناس از نمونه خاک، سری رقت تهیه شد و بر روی پتری‌های دارای محیط کشت جامد King B کشت داده شد. محیط کشت King B (شامل ۲۰ گرم در لیتر پپتون، ۱/۵ گرم در لیتر $MgSO_4.7H_2O$، ۱/۵ گرم در لیتر K_2HPO_4، ۱۰ میلی لیتر گلیسرول و ۱۶ گرم در لیتر آگار) می‌باشد. کلونی‌های رشد یافته بر روی این محیط پس از چند بار بازگشت بر روی این محیط خالص‌سازی شدند (کینگ[7] و همکاران، ۱۹۵۴). برای اندازه‌گیری هیدرات‌های کربن محلول از عصاره الکلی استفاده شد، برای این منظور ۰/۵ گرم ماده تر

1. Mishra and Tripathi
2. Bouyoucos
3. Sparks
4. Walkley and Black
5. Page
6. Cottenie
7. King

گیاهی را در ۵ میلی‌لیتر الکل ۹۵٪ خوب ساییده و محلول هموژن را جدا کرده، سپس ۵ میلی‌لیتر الکل ۷۰٪ اضافه کرده و خوب ساییده و مجدد محلول هموژن را جدا کرده و برای بار دوم ۵ میلی‌لیتر الکل ۷۰٪ اضافه کرده و ساییده و بعد از جدا کردن محلول هموژن، این محلول را به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۵۰۰ دور سانتریفوژ شد. به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره الکلی ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲٪) اضافه شد و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش گرما داده شد و جذب این ماده در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (T90, Beijing Karaltay Instruments, china Scientific) قرائت گردید. منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های مختلف گلوکز (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ میکروگرم بر میلی لیتر) رسم گردید (یام و ویلیس[1]، ۱۹۵۴). برای اندازه‌گیری پروتئین‌های محلول از روش ترکیب کردن عصاره گیاه و معرف برادفورد استفاده شد (بردفورد[2]، ۱۹۷۶). برای تهیه عصاره، ۰/۱ گرم از بافت منجمد گیاهی با ۲ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار با pH:۷ خوب ساییده شد. همگنای حاصل در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۴۵ دقیقه و در دمای ۴°C سانتریفوژ شد. بخش رو شناور جدا و با ۲/۵ میلی‌لیتر معرف برادفورد مخلوط و جذب محلول‌ها در ۵۹۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (T90, Beijing Karaltay Scientific Instruments, china) در طول موج ۵۹۵ نانومتر میزان پروتئین محلول خوانده شد (بردفورد، ۱۹۷۶).

تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده ازنرم افزار SAS انجام شد و نمودارها در محیط Excel ترسیم شدند. آزمون مقایسه میانگین هر یک از ویژگی‌های یاد شده در تیمارهای به کار رفته نیز توسط آزمون توکی در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

در جدول ۱ نتایج آنالیز خاک مورد مطالعه نمایش داده شده است. همانگونه که مشخص است بافت خاک مورد مطالعه رسی است. میزان ماده آلی این خاک در سطح مناسبی (۲/۲۶) قرار دارد. همچنین مقدار فسفر، پتاسیم و نیتروژن این خاک نیز به ترتیب ۶۰، ۱۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و ۰/۸ درصد است. در جدول ۲ مشخصات کمپوست زباله شهری مورد استفاده آمده است. همانگونه که مشاهده می‌شود درصد ماده آلی در این کود بالا است. در جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی برگ درختان توت در تیمارهای مختلف آمده است. همانگونه که در جدول ۳ مشخص است اثرات ساده و اثر متقابل دو نوع کود کمپوست زباله شهری و باکتری محرک رشد سودوموناس بر تمام ویژگی‌های مورفولوژیکی در سطح یک درصد معنی‌دار است. بیشترین ضریب تغییرات در شاخص سطح برگ معادل ۴/۲ درصد به دست آمده است.

در شکل ۱ تغییرات وزن تر برگ در تیمارهای مختلف آمده است. همانگونه که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار دو نوع کود کمپوست زباله شهری و باکتری محرک رشد میزان وزن تر افزایش معنی‌داری یافته است. بیشترین مقدار وزن تر در تیمارهای سطح دوم کمپوست و سطح دوم باکتری (C2B2) (۲۱۵ گرم) و سطح دوم کمپوست و سطح اول باکتری (C2B1) (۲۱۱ گرم) به دست آمده است، نتایج نشان داده است که تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار به دست نیامده است. کمترین مقدار وزن تر برگ نیز در تیمار شاهد معادل ۱۵۰ گرم به دست آمده است. وزن تر برگ در تیمار سطح دوم کمپوست و باکتری نسبت به شاهد ۷۰ درصد افزایش یافته است. علت افزایش وزن تر برگ در تیمارهای کودی افزایش جذب آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه است. همچنین به دلیل مصرف کود

جدول ۱- مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه

پارامتر	بافت	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	pH	EC (dS/m)
مقدار	رسی	۴۵	۳۸/۴	۱۶/۶	۶/۲۶	۰/۴
پارامتر	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	نیتروژن (٪)	مواد آلی (٪)	آهک (٪)	
مقدار	۶۰	۱۳۵	۰/۰۸	۲/۲۶	۴/۸۸	

1. Yemm and Willis

2. Bradford

جدول ۲- مشخصات شیمیایی کمپوست مورد مطالعه

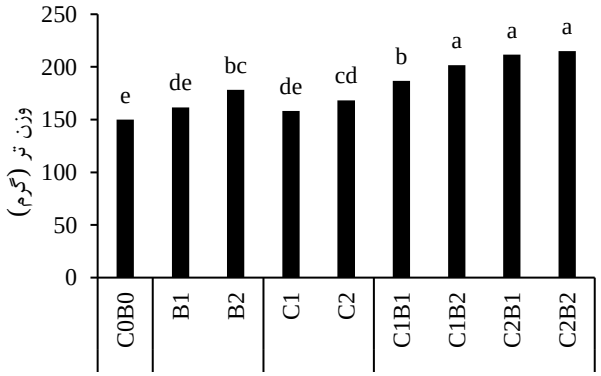
پارامتر	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	نیتروژن کل (٪)	کربن آلی (٪)	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH
مقدار	۰/۴	۰/۷	۰/۹۱	۱۴/۷۵	۰/۵۶	۶/۹

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفولوژیکی برگ در تیمارهای مختلف

منبع تغیرات	df	میانگین مربعات						
		وزن تر	طول برگ	عرض برگ	طول دمبرگ	سطح برگ	درصد رطوبت	سطح ویژه برگ
کمپوست	۲	۲۷۶۲/۰**	۲۲/۳**	۲۱/۹**	۱/۱**	۷۹۷۸۵۴/۵**	۳۶/۱**	۶/۳ns
باکتری	۲	۳۶۹۵/۳**	۵/۳**	۲۲/۳**	۱/۴**	۷۱۰۹۳۹/۹**	۲۱/۷**	۸/۶ns
اثر متقابل	۴	۱۹۹/۵**	۹/۶**	۳/۰**	۰/۰۷**	۱۱۳۹۷۵/۲**	۵/۵**	۲۷/۳*
خطا	۱۶	۲۳/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰	۲۹۳۴/۳	۲/۱	۰/۴
CV (%)	-	۲/۶	۲/۲	۲/۲	۲/۶	۴/۲	۱/۹۸	۲/۰۴

** و * معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد، ns عدم معنی‌داری

کمپوست، بستر کاشت نیز از نظر فیزیکی و شیمیایی دارای وضعیت بهتری شده است که این امر نیز به نوبه خود سبب افزایش رشد گیاه شده است. کمپوست زباله شهری چون از مواد با ویژگی تجزیه‌پذیری بالا تشکیل شده است، حاوی مقادیر زیاد ماده آلی می‌باشد که می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گردد (زمانی‌باب‌گهری و همکاران، ۱۳۸۹). کودهای آلی ضمن تأمین عناصر غذایی پر مصرف، می‌توانند دست‌کم بخشی از نیاز گیاهان به عناصر آهن، مس، روی و مولیبدن را مرتفع سازند و به عنوان یک کود کامل مورد استفاده قرار گیرند. گزارش‌های متعدد از رفع کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف توسط کمپوست‌ها در دسترس است (مسترز-کلارک[1] و همکاران، ۲۰۲۰؛ دودانگه[2] و همکاران، ۲۰۱۸؛ نیکلسون[3] و همکاران، ۱۹۹۹). باکتری‌های مورد استفاده نیز با تأمین عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه نقش اساسی در بهبود وزن تر گیاه داشته‌اند. هرناندز[4] و همکاران (۱۹۹۵) افزایش وزن تر و خشک گیاهچه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس سودوموناس گزارش نمودند که با نتایج به دست آمده مطابقت دارد.

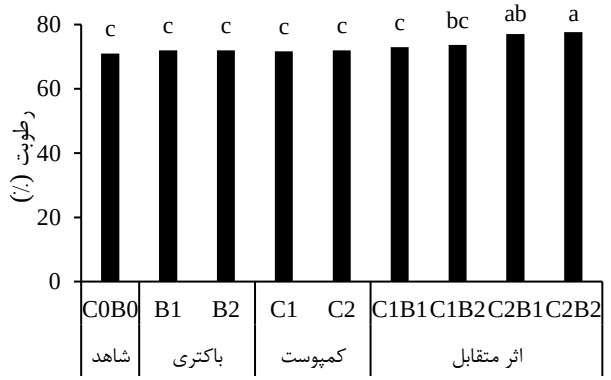


شکل ۱- تغییرات وزن تر برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

تغییرات درصد رطوبت برگ در اثر تیمارهای مورد استفاده در شکل۲ نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که تغییرات این پارامتر بسیار کم است و در تیمارهای سطح دوم کمپوست به‌همراه سطح اول و دوم باکتری این تفاوت‌ها معنی‌دار شده است. بیشترین مقدار رطوبت معادل ۷۷/۶۷ درصد به‌دست آمده است که علت آن بزرگتر شدن

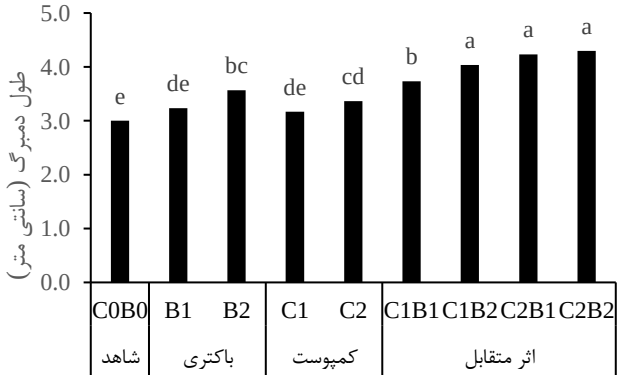
1. Masters-Clark
2. Dodangeh
3. Nicholsona
4. Hernandez

برگ و جذب بیشتر آب در این تیمار است. حسینی‌امام و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه خود درصد رطوبت برگ توت را بین ۶۸ تا ۷۴ درصد به دست آوردند، دامنه رطوبت به دست آمده در این پژوهش (۷۱ تا ۷۷/۶۷ درصد) نیز نزدیک به مطالعه حسینی‌امام و همکاران (۱۳۹۳) می‌باشد.



شکل ۲- تغییرات درصد رطوبت برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

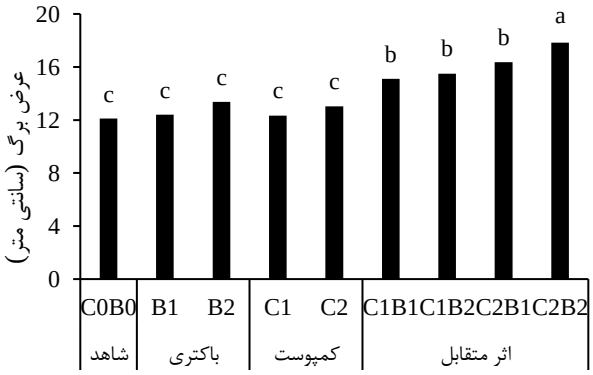
در شکل ۳ تغییرات طول دمبرگ در تیمارهای مختلف آمده است. مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار مصرف کمپوست و باکتری طول دمبرگ افزایش معنی‌داری یافته است. بیشترین و کمترین مقدار طول دمبرگ در تیمارهای سطح دوم کمپوست و سطح دوم باکتری و شاهد به ترتیب معادل ۴/۳ و ۳ سانتی‌متر به دست آمده است. طول دمبرگ نیز همانند وزن تر از تیمار شاهد به تیمار سطح دوم کمپوست و سطح دوم باکتری ۷۰ درصد افزایش یافته است. در سطح اول کمپوست و باکتری نسبت به شاهد تغییرات زیادی رخ نداده است و مصرف این کودها نتوانسته است تغییرات معنی‌داری در طول دمبرگ ایجاد کند. مقایسه سطح اول باکتری و سطح اول کمپوست نیز نشان داده است که اختلاف معنی‌داری در این تیمارها نیز رخ نداده است. به عبارتی در مقادیر پایین کمپوست و باکتری تغییرات معنی‌داری رخ نداده است و این کودها در مقادیر کم اثر خود را به خوبی نمایان نمی‌کنند. فیروزبارلندوزی و حسن‌پور (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای که بر روی توت سفید در استان آذربایجان‌غربی میانگین طول دمبرگ را معادل ۴/۵۳ سانتی‌متر به دست آوردند که با اعداد به دست آمده در این پژوهش برای طول دمبرگ مطابقت دارد.



شکل ۳- تغییرات طول دمبرگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

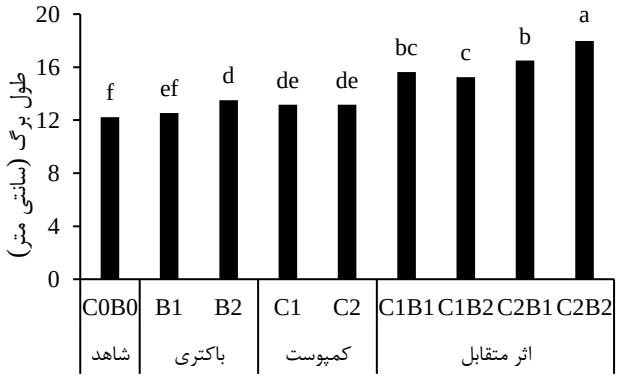
تغییرات عرض برگ در اثر مصرف کودهای آلی و زیستی در شکل ۴ ارایه شده است. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود تیمارهای سطح اول کمپوست و باکتری نسبت به شاهد تغییر معنی‌داری را ایجاد نکرده‌اند. تغییرات

معنی‌داری از سطح دوم این نوع کود نمایان شده است. بیشترین مقدار عرض برگ در تیمار سطح دوم کمپوست و سطح دوم باکتری (C2B2) معادل ۱۷/۸۳ سانتی‌متر به دست آمده است. فیروزباراندوزی و حسن‌پور (۱۳۹۸) عرض برگ توت را بین ۴/۲ تا ۱۰/۳ سانتی‌متر به دست آوردند که در مقایسه با عرض برگ در این مطالعه مقادیر کمتری را به دست آوردند.



شکل ۴- تغییرات عرض برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

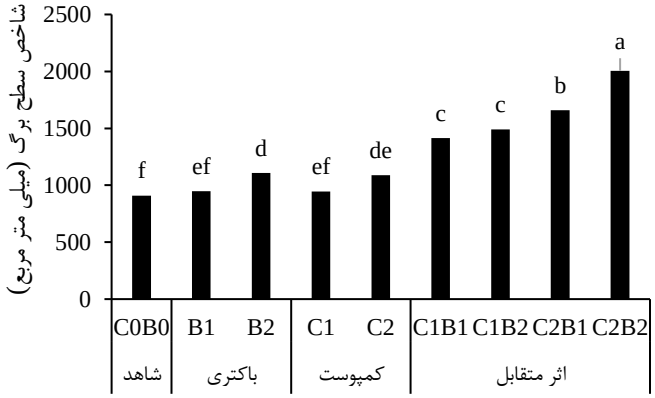
در شکل ۵ نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف کود کمپوست و باکتری محرک رشد بر طول برگ نمایش داده شده است. بیشترین و کمترین مقدار طول برگ در تیمار سطح دوم کمپوست بعلاوه سطح دوم باکتری (C2B2) و شاهد معادل ۱۷/۹۷ و ۱۲/۲۳ سانتی‌متر (افزایش ۶۸ درصدی) به دست آمده است. مقایسه سطح دوم باکتری با سطح اول نشان می‌دهد که افزایش تعداد باکتری سبب افزایش معنی‌داری در طول برگ به مقدار یک سانتی‌متر شده است. اما تغییر طول برگ در تیمارهای سطح اول و دوم کمپوست معنی‌دار نیست.



شکل ۵- تغییرات طول برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

نتایج مقایسه میانگین تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف در شکل ۶ نمایش داده شده است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش کودهای آلی و زیستی روند افزایش در سطح برگ ایجاد شده است. به عبارتی مصرف کودهای کمپوست و باکتری سبب بزرگتر شدن برگ‌ها شده است. بیشترین مقدار شاخص سطح برگ نیز در تیمار سطح دوم باکتری و کمپوست (C2B2) به دست آمده است. مشاهده می‌شود که شاخص سطح برگ از تیمار شاهد تا تیمار سطح دوم کمپوست بعلاوه سطح دوم باکتری دو برابر شده است. با توجه به زیاد شدن طول و عرض برگ شاخص سطح برگ نیز افزایش معنی‌داری داشته است. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد در رشد گیاه و افزایش سطح برگ بسیار مفید واقع شده است. مکانیسم‌هایی که باکتری‌های

محرک رشد گیاه جهت افزایش رشد به کار می‌برند به طورکامل شناخته نشده است، اما به صورت کلی می‌توان به قابلیت تولید برخی هورمون‌های محرک رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین (شاهرونا[1] و همکاران، ۲۰۰۶)، مشارکت در تثبیت زیستی نیتروژن (سالانتور[2] و همکاران، ۲۰۰۶)، مبارزه با پاتوژن‌های گیاهی از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و قارچ‌کش‌ها (بحراتی[3] و همکاران، ۲۰۰۴)، حلالیت فسفر معدنی و معدنی کردن فسفات آلی (لوسی[4] و همکاران، ۲۰۰۴)، تولید فیتوهورمون‌ها و ویتامین‌ها و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه اشاره نمود (خان[5] و همکاران، ۲۰۱۳).



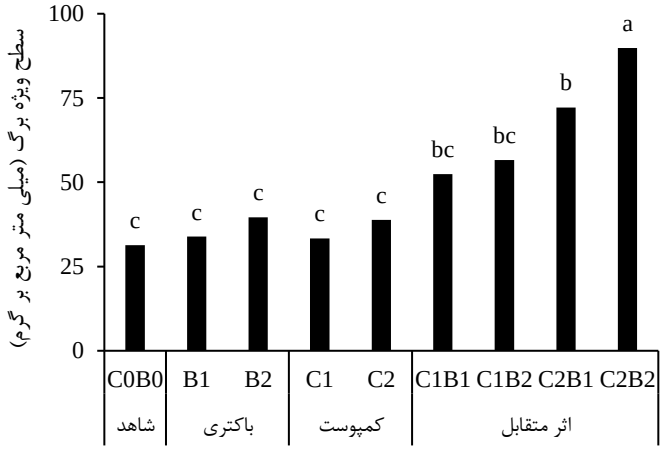
شکل ۶- تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

در شکل ۷ نتایج تغییرات سطح ویژه برگ نمایش داده شده است. سطح ویژه برگ نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ است. سطح برگ بیانگر سطحی است که قابلیت جذب نور را برای فعالیت‌های فتوسنتز دارد و وزن خشک نیز نشان‌دهنده هزینه‌های متابولیکی است که برای ساختن برگ مصرف می‌شود. بنابراین سطح ویژه برگ بیانگر نسبت سود به هزینه است و در مقایس بزرگتر سطح ویژه برگ نشان‌دهنده تبادل انرژی و زی‌توده گیاه است (مارشال[6] و مونسرد، ۲۰۰۳). بیشترین مقدار سطح ویژه برگ در تیمار سطح دوم کمپوست و باکتری معادل ۸۹/۸ سانتی‌متر مربع بر گرم به دست آمده است. در گزارش‌های منتشر شده قبلی نشان داده شده است که با افزایش جذب نیتروژن و افزایش فتوسنتز سطح ویژه برگ افزایش می‌یابد (لامبرز و پورتر[7]، ۱۹۹۲). از آنجاییکه نور تنها عامل کنترل کننده و تأثیرگذار بر عملکرد برگ نیست، بدیهی است که تغییرات زیادی در مقدار سطح ویژه برگ قابل مشاهده باشد (میلا[8] و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده، مقدار این شاخص بسیار وابسته به شرایط محیطی و همچنین عملکرد درونی گیاه است (پورتر و ناگل[9]، ۲۰۰۰؛ وستوبی[10] و همکاران، ۲۰۰۰).

در جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیکی تحت تأثیر تیمارهای کود آلی و زیستی آمده است. مشاهده می‌شود اثرات ساده کمپوست زباله شهری و باکتری *سودموناس* بر تغییرات عناصر پتاسیم، فسفر، نیتروژن، قند و پروتئین در سطح یک درصد معنی‌دار است. اثر متقابل دو کود مورد مطالعه بر پتاسیم و قند در سطح یک درصد و فسفر، نیتروژن و پروتئین در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است.

نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کمپوست و باکتری *سودموناس* بر مقدار پتاسیم برگ در شکل ۸ آمده است. روند تغییرات پتاسیم برگ نشان می‌دهد که با اضافه شدن مقدار کودهای مورد مطالعه مقدار پتاسیم در برگ افزایش معنی‌داری یافته است، به این صورت که کمترین مقدار پتاسیم در تیمار شاهد و بیشترین مقدار آن در تیمار

1. Shaharoona
2. Salantur
3. Bharathi
4. Lucy
5. Khan
6. Marshall and Monserud
7. Lambers and Poorter
8. Milla
9. Poorter and Nagel
10. Westoby



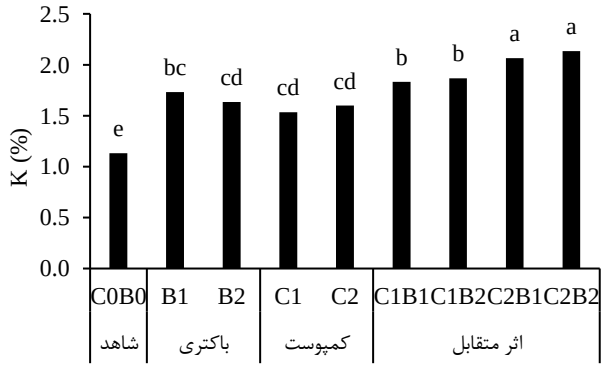
شکل ۷- تغییرات سطح ویژه برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ در تیمارهای مختلف

منبع تغیرات	df	میانگین مربعات				
		پتاسیم	فسفر	نیتروژن	قند	پروتئین
کمپوست	۲	۰/۴**	۰/۰۲**	۱/۲**	۱۱۴/۸**	۴۳/۲**
باکتری	۲	۰/۶**	۰/۰۳**	۱/۴**	۸۷/۹**	۴۹/۰**
اثر متقابل	۴	۰/۰۲**	۰/۰۲*	۰/۰۴*	۱۸/۵**	۱۰/۹*
خطا	۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۲	۱/۷	۰/۸
CV (%)	-	۳/۲	۱۱/۶	۴/۶	۱۰/۲	۴/۷

** معنی‌داری در سطح یک درصد

سطح دوم کمپوست و باکتری به دست آمده است. استفاده توام از سطح دوم کمپوست و باکتری باعث افزایش ۵۳ درصدی پتاسیم در برگ شده است. به صورت کلی نتایج نشان می‌دهد که اثر باکتری به تنهایی بهتر از کمپوست است اما تأثیر مصرف توام این دو با هم بسیار بیشتر است. علت این افزایش را می‌توان به فراهمی پتاسیم در دسترس گیاه نسبت داد. هر دو نوع کود مورد مطالعه سبب می‌شوند که غلظت پتاسیم در خاک افزایش پیدا کند و به دنبال این افزایش میزان جذب آن توسط گیاه نیز افزایش می‌یابد. در مطالعات مختلف اهمیت پتاسیم در کیفیت برگ توت مورد بررسی قرار گرفته است (جیانرونگ[1] و همکاران، ۱۹۹۵؛ شانکار و رنگاسمی[2]، ۱۹۹۹؛ شهابیان و ملکوتی، ۱۳۸۴).

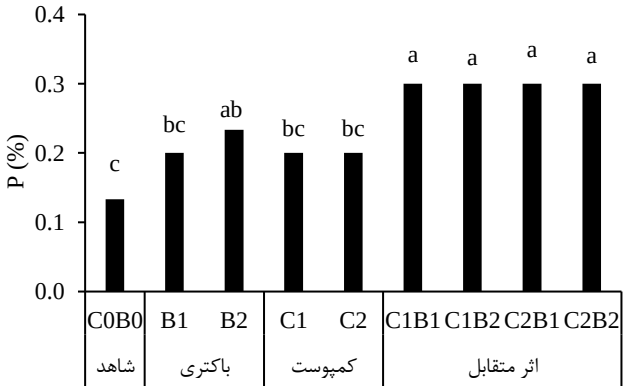


شکل ۸- تغییرات پتاسیم برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

1. Jianrong

2. Shankar and Rangaswamy

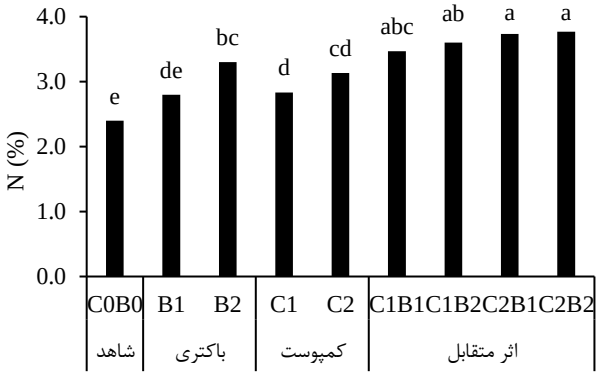
نتایج مقایسه میانگین اثر کودهای مختلف بر تغییرات مقدار فسفر برگ در شکل ۹ آمده است. در فسفر نیز همانند پتاسیم اضافه شدن کودهای آلی و زیستی سبب افزایش معنی‌داری فسفر در برگ شده است. بیشترین مقدار فسفر در استفاده توام کمپوست و باکتری به دست آمده است. مشاهده می‌شود که در تیمارهای ترکیبی اختلاف معنی‌داری در مقدار فسفر برگ ایجاد نشده است. همچنین مشاهده می‌شود که اثر باکتری به تنهایی به صورت غیرمعنی‌داری بیشتر از اثر کمپوست به تنهایی بوده است. علت این موضوع نیز به نقش باکتری *سودموناس* در خاک بستگی دارد. مقدار فسفر در برگ در تیمارهای ترکیبی معادل ۲/۲۵ برابر شاهد است. همچنین مقدار فسفر برگ در تیمار ترکیبی سطح دوم کمپوست و سطح دوم باکتری (C2B2) نسبت به سطح دوم کمپوست (C2) ۱/۵ برابر شده است که این اختلاف بیانگر نقش باکتری *سودوموناس* در تامین فسفر مورد نیاز گیاه را نشان می‌دهد. حسینی‌امام و همکاران (۱۳۹۳) مقدار فسفر در برگ توت در مرحله برداشت برای تغذیه لارو بالغ را بین ۰/۱۸ تا ۰/۳۰ درصد گزارش کردند، دامنه تغییرات فسفر (۰/۱۳ تا ۰/۳۰ درصد) در این مطالعه تقریبا منطبق بر مطالعه حسینی‌امام و همکاران (۱۳۹۳) است. گزارش‌های متعددی از توانایی گونه‌های مختلف باکتری در انحلال فسفات معدنی کم محلول از قبیل تری‌کلسیم فسفات، دی‌کلسیم فسفات، هیدروکسی آپاتیت و سنگ فسفات وجود دارد. در بین باکتری‌هایی با این قابلیت، جنس‌های بورخولدریا، ریزوبیوم، باسیلوس، سودوموناس، فلاوباکتریوم، آکروموباکتر، آگروباکتریوم دارای اهمیت هستند (ملبوبی[1] و همکاران، ۲۰۰۹). مکانیسم اثر این ریزجانداران در انحلال فسفات‌های نامحلول پیچیده است، ولی بر اساس نظرات پژوهشگران، این ریزجانداران با اکسیداسیون ناقص قندها، اسیدهای آلی تولید می‌کنند که سبب کاهش pH محیط می‌شوند. تولید اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین (عمدتاً اسید گلوکونیک و اسید کتوگلوکونیک)، تولید پروتون و ایجاد کلات توسط باکتری‌ها و قارچ‌های ساپروفیت حل‌کننده فسفات‌های معدنی ثلبت شده می‌باشد و به عنوان مکانیسم اصلی انحلال فسفات‌های معدنی توسط این ریزجانداران تشخیص داده شده است (ناهاس[2]، ۱۹۹۶). اسیدهای آلی تولید شده از دو طریق سبب افزایش فسفر قابل دسترس می‌شوند که یکی از طریق کاهش pH در منطقه ریزوسفر است و دیگری از طریق کلاته شدن یون آلومینیوم در خاک‌های اسیدی و یون کلسیم در خاک‌های قلیایی است (کیوسی[3]، ۱۹۸۳). به طور کلی افزایش تعداد و تنوع ریزجانداران و اثرات متقابل جوامع میکروبی سبب افزایش تعداد و تنوع اسیدهای آلی موثر در فرایند انحلال فسفات‌های نامحلول می‌شود (شارما و شارما[4]، ۲۰۰۲). جیلانی[5] و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات از دو جنس *باسیلوس* و *سودوموناس* سبب افزایش فسفر فراهم موجود در خاک و افزایش جذب فسفر در گیاه می‌شوند. ویسزکواسکا و ویسزکاواسکی[6] (۲۰۱۰) بیان کردند که آنزیم فسفاتاز نقش بسیار مهمی در آزادسازی فسفر و تأمین عناصر برای گیاهان دارد.



شکل ۹- تغییرات فسفر برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

1. Malboobi
2. Nahas
3. Kucey
4. Sharma and Sharma
5. Jilani
6. Wyszkowska and Wyszkowski

نتایج مقایسه میانگین اثر دو کود مورد مطالعه بر تغییرات مقدار نیتروژن برگ در شکل ۱۰ آمده است. بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن به ترتیب در تیمارهای اثر توام سطح دوم کمپوست و باکتری (۳/۷۷ درصد) و تیمار شاهد (۲/۴۰ درصد) به دست آمده است. در مورد نیتروژن نیز همانند دو عنصر فسفر و پتاسیم با اضافه شدن کودهای آلی و زیستی غلظت این عنصر نیز در برگ افزایش معنی‌داری یافته است. به طور کلی نتایج نشان داده است که اثر توام کمپوست و باکتری باعث شده است که بیشترین مقدار نیتروژن در برگ گیاه تجمع یابد. این موضوع به فراهمی نیتروژن در خاک ناشی از اضافه شدن دو کود آلی و زیستی است. رام‌راو[1] و همکاران (۲۰۰۷) کمترین و بیشترین مقدار نیتروژن برگ را در تیمارهای مختلف به ترتیب معادل ۲/۹۸ و ۴/۰۵ درصد به دست آوردند که این مقادیر نزدیک به مقادیر به دست آمده در پژوهش حاضر است.



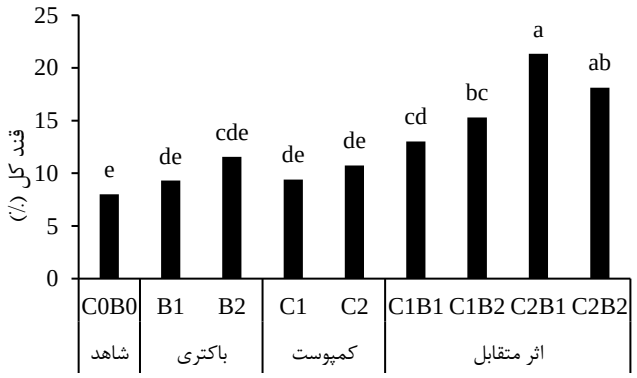
شکل ۱۰- تغییرات نیتروژن برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

در شکل ۱۱ نتایج مقایسه میانگین اثر کودهای مختلف بر تغییرات قند آمده است. همانگونه که مشاهده می‌شود با افزایش مصرف کودها میزان قند کل در برگ نیز افزایش معنی‌داری یافته است. علت این موضوع به فراهمی عناصر مورد نیاز گیاه و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی گیاه مربوط است. بالاترین مقدار قند در تیمار سطح دوم کمپوست و سطح اول باکتری (C2B1) معادل ۲۱/۳ درصد به دست آمده است. اختلاف مقدار قند در این تیمار و تیمار شاهد بیش از ۲/۵ برابر است. مقدار قند در برگ در تیمارهای سطح اول باکتری و کمپوست دارای تغییرات معنی‌داری نیست اما این تیمارها نسبت به شاهد افزایش افزایش غیرمعنی‌داری داشته‌اند. از پیامدهای سودمند این ریزجانداران می‌توان به سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها و سیدروفورها، افزایش هورمون‌های گیاهی، تثبیت زیستی نیتروژن، کاهش پتانسیل الکتریکی غشاء ریشه، تولید انواع آنزیم‌ها و افزایش قابلیت دسترسی به عناصر از جمله فسفر اشاره کرد. کودهای زیستی و آلی به عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی مورد توجه قرار گرفته‌اند. کودهای زیستی از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین راه‌کارهای افزایش سلامت خاک و گیاه هستند که می‌توانند از افزایش آلودگی‌های حاصل از مصرف کودهای شیمیایی جلوگیری کنند (زایدی[2] و همکاران، ۲۰۱۵). رام‌راو و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه خود میزان قند کل در برگ را بین ۹/۹۴ تا ۱۱/۴۶ درصد به دست آوردند که نسبت به مقادیر به دست آمده در این پژوهش کمتر بوده است.

در شکل ۱۲ نتایج مقایسه میانگین مقدار پروتئین برگ تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی آمده است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش مقدار مصرف کود میزان پروتئین در برگ افزایش معنی‌داری یافته است. بیشترین و کمترین مقدار پروتئین در برگ مربوط به تیمار مصرف توام کمپوست و باکتری و تیمار شاهد است. اختلاف بین کمترین و بیشترین مقدار پروتئین در برگ گیاه معادل ۱/۵۷ درصد است. نتایج مقایسه میانگین نشان داده است که تغییرات معنی‌داری در تیمارهای استفاده توام از کودهای آلی و زیستی وجود ندارد. به عبارتی مصرف توام کمپوست و باکتری سبب پروتئین در برگ شده است. در

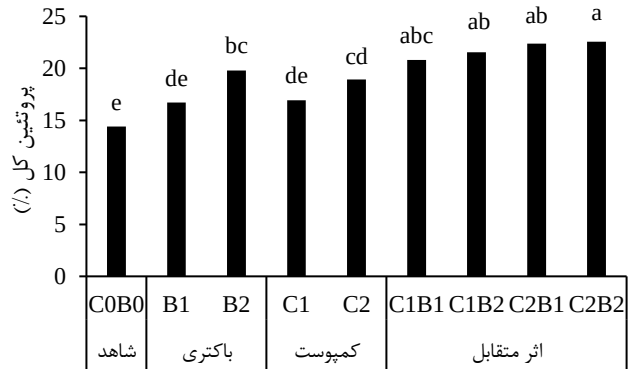
1. Ram Rao

2. Zaidi



شکل ۱۱- تغییرات قند کل برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

تیمارهای استفاده تکی از کمپوست و باکتری نیز مشاهده می‌شود که با مصرف مقدار بیشتر از هر کود سبب افزایش مقدار پروتئین در برگ شده است. رام‌راو و همکاران (۲۰۰۷) در تیمارهای مختلف مقدار پروتئین در برگ توت را بین ۱۸/۸۴ تا ۲۱/۵۷ به دست آوردند که دامنه به دست آمده توسط این پژوهشگران نزدیک به دامنه به دست آمده در این پژوهش است. جیانرونگ و همکاران (۱۹۹۵) در چین با استفاده از سطوح مختلف کود پتاسیمی نشان دادند که با بهبود وضعیت تغذیه درختان توت میزان پروتئین افزایش یافته است که با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. حسینی‌امام و همکاران (۱۳۹۳) مقدار پروتئین در برگ درخت توت در مرحله برداشت برای تغذیه لارو جوان را بین ۲۱/۲۵ تا ۳۱ درصد را به دست آوردند.



شکل ۱۲- تغییرات پروتئین کل برگ در تیمارهای مختلف. میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه به بررسی اثر کود آلی کمپوست زباله شهری و باکتری‌های محرک رشد *سودوموناس* بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برگ توت پرداخته شده است. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داده است که افزایش مقدار مصرف کودهای آلی و زیستی تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های مرفولوژیکی از جمله وزن تر، طول برگ، عرض برگ، طول دمبرگ، شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ دارد. همچنین نشان داده شد که از نظر فیزیولوژیکی نیز اضافه شدن این دو نوع کود سبب افزایش معنی‌دار عناصر قند کل، پروتئین، فسفر، پتاسیم و نیتروژن در برگ شده است. علت افزایش کمیت و کیفیت برگ توت در تیمارهای کود کمپوست مورد مطالعه را می‌توان به تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و بهبود شرایط فیزیکی خاک جهت توسعه ریشه و بهبود شرایط شیمیایی خاک از نظر فراهمی عناصر، تنظیم pH خاک و ... نسبت

داد. همچنین کود زیستی باکتری سودوموناس نیز به دلیل فراهمی عناصر مورد نیاز گیاه به ویژه فسفر نقش اساسی در بهبود رشد گیاه داشته است. فسفر دومین عنصر ضروری مورد نیاز گیاه است و با توجه به این‌که در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه نقش دارد کمبود آن عاملی محدودکننده برای رشد گیاه است. به طور کلی با توجه به مسایل اقتصادی مربوط به هزینه‌های کود شیمیایی و مسایل زیست محیطی کودهای شیمیایی می‌توان تیمار سطح دوم کمپوست به همراه سطح دوم باکتری را توصیه کرد. نتایج و مقایسات آماری نشان داد که این تیمار نسبت به سایر تیمارها دارای نتایج بهتری است.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر جعفر اصغری استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، مرکز نخبگان و استعدادهای برتر نیروهای مسلح، مرکز تحقیقات ابریشم کشور و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی جهت همکاری قدردانی می‌گردد.

منابع

بصیری، ش. ۱۳۹۶. تعیین برخی خواص فیزیکوشیمیایی و زمان مناسب نگهداری کنسانتره ارقام توت سفید در استان خراسان. علوم صناع غذایی، ۶۶(۱۴): ۱۷۵-۱۸۶.

حسینی‌امام، س.ا، مواج‌پور، م. و صیداوی، ع.ر. ۱۳۹۳. تأثیر غلظت، شکل فیزیکی و شیمیایی منابع کود ازته بر صفات کیفی برگ توت و عملکرد کرم ابریشم. مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۷(۴): ۴۷۴-۴۸۶.

زمانی‌باب‌گهری، ج.، افیونی، م.، خوشگفتارمنش، ا.ح. و عشقی، ح.ر. ۱۳۸۹. اثر لجن فاضلاب کارخانه پلی‌اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر ویژگی‌های خاک و عملکرد ذرت دلنه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۵۴): ۱۵۳-۱۶۵.

شهابیان، م. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۴. اثر منابع و سطوح پتاسیم در کمیت و کیفیت برگ توت در گیلان. مجله علوم خاک و آب، ۱۹(۱): ۹-۱۶.

فیروزباراندوزی، س. و حسن‌پور، ح. ۱۳۹۸. بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رنگ میوه برخی از نژادگان‌های توت سفید (*Morus alba*) در استان آذربایجان‌غربی. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۹(۴): ۱۴۵-۱۵۸.

Ashrafuzzaman, M., Hossen, F.A., Ismail, M.R., Hoque, M.A. and Islam, M.Z. 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. African Journal of Biotechnology, 8(7): 1247-1252.

Bharathi, R., Vivekananthan, R., Harish, S., Ramanathan, A. and Samiyappan, R. 2004. Rhizobacteria-based bioformulations for the management of fruit rot infection in hillies. Crop Protection, 23: 835–843.

Bouyoucos, G.J. 1936. Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. Soil Science, 42(3): 225-230.

Bradford, M.M. 1976. A Rapid and sensitive method for quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry Quantities, 72(1-2): 248-254.

Cottenie, A. 1980. Methods of plant analysis, In: Soil and plant testing: FAO Soils Bulletin 38/2, 120p.

Dodangeh, H., Rahimi, G., Fallah, M. and Ebrahimi, E. 2018. Investigation of heavy metal uptake by three types of ornamental plants as affected by application of organic and chemical fertilizers in contaminated soils. Environmental Earth Sciences, 77(12): 1-15.

Duke, J.A. 1983. Handbook of Energy Crops, Center for New Crops and Plants Products, Purdue University.

Glick, B.R. 2014. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. Microbiological Research, 169(1): 30-39.

Hernandez, A.N., Hernandez, A. and Heydrich, M. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation. Journal of Tropicale Science, 6: 5-8.

Jaderlund, L., Arthurson, V., Granhall, U. and Jansson, J.K. 2008. Specific interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria: as revealed by different combinations. FEMS microbiology letters, 287(2): 174-180.

Jianrong, F., Changgeng, Z., Lina, J. and Zheng, W. 1995. Potassium improves yield and quality of mulberry leaves. Better Crops with Plant Food, (4): 27-29.

Jiao, Y., Wang, X., Jiang, X., Kong, F., Wang, S. and Yan, C. 2017. Antidiabetic effects of *Morus alba* fruit polysaccharides on high-fat diet- and streptozotocin-induced type 2 diabetes in rats. Journal of Ethnopharmacology, 199: 119–127.

Jilani, G., Akram, A., Ali, R.M., Hafeez, F.Y., Shamsi, I.H., Chaudhry, A.N. and Chaudhry, A.G. 2007. Enhancing crop growth, nutrients availability, economics and beneficial rhizosphere microflora through organic and biofertilizers. Annals of Microbiology, 57(2): 177-184.

Khalid, A., Arshad, M. and Zahir, Z.A. 2006. Phytohormones: Microbial production an applications. In Biological approaches to sustainable soil system, 207-220.

Khan, M.A., Rahman, A.A., Islam, S., Khandokhar, P., Parvin, S., Islam, M.B., Hossain, M., Rashid, M., Sadik, G. and Nasrin, S. 2013. A comparative study on the antioxidant activity of methanolic extracts from different parts of *Morus alba L*. (Moraceae). BMC Research Notes, 6(1): 1-9.

King, E.O., Ward, M.K. and Raney, D.E. 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. Translational Research, 44(2): 301-307.

Kose, C., Guleryuz, M.S. and Demirtas, I. 2005. Effects of some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on graft union of grapevine. Journal of Sustainable Agriculture, 26(2): 139–147.

Krawczyk, K. and Łochyńska, M. 2020. Identification and characterization of *Pseudomonas syringae* pv. mori affecting white mulberry (*Morus alba*) in Poland. European Journal of Plant Pathology, 158(1): 281-291.

Kucey, R. 1983. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. Canadian Journal of Soil Science, 63(4): 671-678.

Kumar, A., Maurya, B.R. and Raghuwanshi, R. 2014. Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum L.*). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 3(4):121–128.

Lambers, H. and Poorter, H. 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. Advances in Ecological Research, 23: 187-261.

Lucy, M., E. Reed, and B.R. Glick. 2004. Applications of free living plant growth- promoting rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek, 86: 1-25.

Malboobi, M.A., Owlia, P., Behbahani, M., Sarokhani, E., Moradi, S., Yakhchali, B., Deljou, A. and Heravi, K.M. 2009. Solubilization of organic and inorganic phosphates by three highly efficient soil bacterial isolates. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 25(8): 1471-1477.

Marhual, N.P., Pradhan, N., Mohanta, N.C., Sukla, L.B. and Mishra. B.K. 2011. Dephosphrization of LD slag by phosphorus solubilising bacteria. International Biodeterioration and Biodegradation, 65(3): 404-409.

Marshall, J.D. and Monserud, A.A. 2003. Foliage height influences specific leaf area of three conifer species. Canadian Journal of Forest Research, 33: 164-170.

Masters-Clark, E., Shone, E., Paradelo, M., Hirsch, P.R., Clark, I.M., Otten, W. and Mauchline, T.H. 2020. Development of a defined compost system for the study of plant-microbe interactions. Scientific Reports, 10(1): 1-9.

Milla, R., Reich, P.B., Niinemets, Ü. And Castro-Díez, P. 2008. Environmental and evelopmental controls on specific leaf area are little modified by leaf allometry. Functional Ecology, 22(4): 565-576.

Mishra, V.K. and Tripathi, B.D. 2008. Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes. Bioresource Technology, 99(15): 7091-7097.

Nahas, E. 1996. Factors determining rock phosphate solubilization by microorganisms isolated from soil. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 12(6): 567-572.

Nicholsona, F.A., Chambersa, B.J., Williamsb, J.R. and Unwin, R.J. 1999. Heavy metal contents of livestock feed and animal manures in England and Wales. Bioresource Technology, 70(1): 23-31.

Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M. and Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Horticulturae, 111(1): 38-43.

Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. 1982. Methods of soil analyses. American Soil Science Agronomy Monograph, 1159.

Poorter, H. and Nagel, O. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO_2, nutrients and water: a quantitative review. Australian Journal of Plant Physiology, 27: 595-607.

RAM, R.D., Kodandaramaiah, J., Reddy, M.P., Katiyar, R.S. and Rahmathulla, V.K. 2007. Effect of VAM fungi and bacterial biofertilizers on mulberry leaf quality and silkworm cocoon characters under semiarid conditions.

Reyes, I., Brnir, L., Simard, R. and Antoun, H. 1999. Characterstic of phosphate sulubilization by an isolate of a tropical Penicillium regulusum and uv–induced mutants. FEMS Microbiology Ecology, 28(3): 291-295.

Salantur, A., Ozturk, A. and Akten, S. 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum L.*) to inoculation with rhizobacteria. Plant Soil and Environment, 52(3): 111–118.

Shaharoona, B.M., Arshad, Z., Zahir, A. and Khalid, A. 2006. Performance of pseudomonas spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry, 38: 2971–2975.

Shankar, M.A. and Rangaswamy, B.T. 1999. Effect of applied nitrogen and potassium on mulberry leaf yield and quality in relation to silkworm cocoon characters. Better Crops International, 13(2): 21 p.

Sharma, A.K. and Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios India.

Sparks, D.L., Helmke, P. and Page, A. 1996. Methods of soil analysis: Chemical methods. Soil Science Society of America.

Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37(1): 29-38.

Westoby, M., Warton, D. and Reich, P.B. 2000. The time value of leaf area. American Naturalist, 155: 649-656.

Wyszkowska, J. and Wyszkowski, M. 2010. Activity of soil dehydrogenases, urease, and acid and alkaline phosphatases in soil polluted with petroleum. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 73(17-18): 1202-1210.

Xu, L., Yang, F., Wang, J., Huang, H. and Huang, Y. 2015. Anti-diabetic effect mediated by Ramulus mori polysaccharides. Carbohydrate Polymers, 117: 63–69.

Yan, F., Dai, G. and Zheng, X. 2016. Mulberry anthocyanin extract ameliorates insulin resistance by regulating PI3K/AKT pathway in HepG2 cells and db/db mice. The Journal of Nutritional Biochemistry, 36: 68–80.

Yemm, E. and Willis, A.J. 1954. The estimation of carbohydrate in plant extracts by Anthrone. Biochemical Journal, 57(3): 508-514.

Zaidi, A., Ahmad, E., Khan, M.S., Saif, S. and Rizvi, A. 2015. Role of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable production of vegetables: current perspective. Scientia Horticulturae, 193: 231-239.

Zheng, T.Z., Tan, Y.F., Huang, G.X. and Fan, H.B. 1988. Mulberry cultivation. FAO Agricultural Services Bulletin, 1-127.