

## تأثیر نوع و درصد بقایای گیاهی بر برخی خصوصیات زیستی کرم‌های خاکی و میزان تولید ورمی‌کمپوست

سکینه گورویی<sup>1</sup>، امیر آینه بند و عبدالامیر معزی

دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز؛ [sakinegorooei308@yahoo.com](mailto:sakinegorooei308@yahoo.com)

دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز؛ [ayneband@yahoo.com](mailto:ayneband@yahoo.com)

دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز؛ [moezzi251@gmail.com](mailto:moezzi251@gmail.com)

دریافت: 94/4/8 و پذیرش: 95/4/1

### چکیده

در سال‌های اخیر به دلیل آثار نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط زیست و سلامت انسان توجه به راه‌کارهای غیر شیمیایی برای حاصلخیزی خاک مانند ورمی‌کمپوست افزایش یافته است. به منظور بررسی اثر نوع بقایای گیاهی بر کمیت کود ورمی‌کمپوست و خصوصیات کرم‌های خاکی آزمایشی در سال 1392 در محیط گلخانه‌ای دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتور اول شامل چهار نوع بقایای گیاهی شامل بقایای برنج، ذرت، گندم و نیسکر و فاکتور دوم نیز شامل سه نسبت وزنی بقایای گیاهی (به صورت 30، 40 و 50 درصد بقایا) در تهیه بستر ماده‌ی آلی اولیه بود. کمیت کود ورمی‌کمپوست نهایی و برخی خصوصیات کرم‌های فعال مانند تعداد، وزن و مرحله‌ی رشدی (بالغ و نابالغ) اندازه‌گیری شد. طول دوره‌ی آزمایش 90 روز بود. نتایج نشان داد که هم نوع بقایای گیاهی و هم درصد وزنی آن‌ها اثر معنی‌داری بر وزن و تعداد کرم‌های خاکی داشت. بالاترین وزن کل کرم (352/38 گرم) مربوط به استفاده از بقایای گندم با نسبت وزنی 50 درصد بود. بیشترین تعداد کل کرم (7193/32) در نتیجه‌ی استفاده از بقایای برنج با نسبت وزنی 30% به دست آمد. همچنین بیشترین مقدار کود ورمی‌کمپوست تولید شده (3288/67 گرم) در کاربرد بقایای گندم به میزان 50 درصد به دست آمد که بیشترین ضریب تبدیل را نیز دارا بود (83/29%). در مجموع برای تولید ورمی‌کمپوست توجه به دو عامل نوع بقایا و درصد وزنی آن‌ها ضروری خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: *Eisenia fetida*، وزن، جمعیت، بقایای گیاهی، کرم خاکی

<sup>1</sup>نویسنده مسئول، آدرس: اهواز، بلوار گلستان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، کد پستی: 6135783

## مقدمه

چرخه‌ی عناصر اثر مثبتی بر کمیت و کیفیت ماده‌ی آلی خاک دارد (نگو و همکاران<sup>9</sup>، 2012). استفاده از ورمی کمپوست به‌ویژه در شرایطی که نسبت ورمی کمپوست به خاک 10 درصد بود، سطح برگ و زیست توده گیاه را به‌طور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با شرایط شاهد بهبود داد (وارمن و آنگلوپز<sup>10</sup>، 2010). البته محصول نهایی ورمی کمپوست تحت تأثیر اثر متقابل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بستر اولیه‌ی ماده‌ی آلی و همچنین واکنش‌های متفاوت جنس کرم‌های فعال در فرایند ورمی کمپوست قرار خواهد گرفت (دوان و همکاران<sup>11</sup>، 2013). بنابراین کیفیت ماده‌ی آلی تولیدی در نتیجه‌ی فعالیت کرم‌ها بستگی به فاکتورهایی همچون نوع بقایای گیاهی، هوادهی، میزان رطوبت، pH، دما و حتی نوع و تراکم کرم‌ها در بستر ورمی کمپوست دارد (راموس و همکاران<sup>12</sup>، 2009). لذا ضروری است علاوه بر خصوصیات ورمی کمپوست، برخی ویژگی‌ها همچون فراوانی جوامع زیستی نیز در ورمی کمپوست نهایی مشخص باشد (والدریگی و همکاران<sup>13</sup>، 1996). بنابراین هدف از اجرای این آزمایش مقایسه کمیت کود ورمی کمپوست تولید شده و نیز خصوصیات کرم‌های خاکی فعال در تولید ورمی کمپوست از بقایای گیاهان مختلف زراعی است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال 1392 در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار طراحی و اجرا شد. فاکتور اول، نوع بسترهای تولید ورمی کمپوست در پنج سطح شامل شاهد (عدم استفاده از بقایای گیاهی)، کاربرد بقایای گیاهی برنج، ذرت، گندم و نیشکر بود. فاکتور دوم میزان درصد وزنی کاربرد بقایای گیاهی مورد استفاده از کل ماده‌ی آلی اولیه بود که شامل سه سطح به میزان 30، 40 و 50% از وزن کل بستر اولیه بود. بنابراین بستر اولیه شامل ترکیب کود گاوی پوسیده و بقایای گیاهی بود. کل وزن نمونه‌های اولیه (شامل کود گاوی و بقایای گیاهی) 4000 گرم بود که بسته به درصد وزنی از مقدار کود گاوی کاسته و بقایای گیاهی به آن اضافه شدند. در این آزمایش، 30 درصد بقایای هر یک از گیاهان معادل 1200 گرم، 40 درصد معادل 1600 گرم و 50 درصد معادل 2000 گرم بود. بر این اساس، کود گاوی

تولید کود ورمی کمپوست فرآیندی است که به کمک کرم‌های خاکی بقایای گیاهی تجزیه و به ماده‌ی آلی غنی و با ثبات (هوموس) تبدیل می‌شود (آتی‌ه و همکاران<sup>1</sup>، 2001). گزارش شده که تلقیح نسبت مطلوبی از مواد دارای سلولز و لیگنین، سرعت کمپوست شدن مواد توسط کرم‌ها را بهبود داده که نتیجه‌ی آن غنی‌سازی مناسب عناصر غذایی در محصول نهایی تولید شده است (تیواری و همکاران<sup>2</sup>، 1989). همچنین بقایای گیاهی و کود گاوی می‌توانند بستر مناسبی جهت ازدیاد و تکثیر کرم‌های خاکی باشند، اما ممکن است به‌علت هدایت الکتریکی بالا و همچنین پایین آمدن pH کاهش وزن در کرم‌ها صورت گیرد (گانادی و ادوارد<sup>3</sup>، 2003). اضافه کردن ورمی کمپوست باعث بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه و همچنین بهبود پوشش گیاهی شد (لارچیویکیو و همکاران<sup>4</sup>، 2005). به‌علاوه، برخی دیگر از خصوصیات خاک همچون هدایت هیدرولیکی خاک، ثبات خاکدانه و مقاومت آن به فرسایش را نیز بهبود داد (کللیک و همکاران<sup>5</sup>، 2004). ویژگی مهم کود ورمی کمپوست، آزادسازی کند و تدریجی عناصر غذایی است که جذب این مواد توسط گیاهان را بهبود داده، در نتیجه موجب بهبود بهره‌وری و توان تولید اکوسیستم زراعی می‌شود (لال<sup>6</sup>، 2006).

از بین ارگانیسم‌های مطلوب خاک برای تولید کودهای آلی، انواع کرم که به‌واسطه‌ی نحوه‌ی کارکرد آن‌ها بر خصوصیات بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک، گروه‌هایی مؤثر و کلیدی در این زمینه شناخته شده‌اند (جوکیوت و همکاران<sup>7</sup>، 2006). در حقیقت کود ورمی کمپوست به‌واسطه‌ی فعالیت کرم‌ها، ماده‌ی آلی با کیفیت‌تری در مقایسه با کمپوست (بدون فعالیت کرم) تولید کرده که این ماده‌ی نهایی به‌دلیل آزادسازی سریع‌تر عناصر نسبت به کمپوست‌های سنتی و همچنین تولید برخی هورمون‌های رشد گیاهی در مجموع خصوصیات مهمی چون جوانه زنی، رشد و عملکرد گیاهان را بهبود داد (آرانکون و همکاران<sup>8</sup>، 2008). به‌علاوه کاربرد کود ورمی کمپوست به واسطه‌ی بهبود ذخیره‌ی کربن و

<sup>1</sup>. Atiyeh et al.

<sup>2</sup>. Tiwari et al.

<sup>3</sup>. Gunadi and Edwards.

<sup>4</sup>. Larchevêque et al.

<sup>5</sup>. Celik et al.

<sup>6</sup>. Lal et al.

<sup>7</sup>. Jouquet et al.

<sup>8</sup>. Arancon et al.

<sup>9</sup>. Ngo et al.

<sup>10</sup>. Warman & AngLopez.

<sup>11</sup>. Doan et al.

<sup>12</sup>. Ramos et al.

<sup>13</sup>. Valdrighi et al.

1% معنی‌دار است (جدول 1). نتایج مقایسه میانگین خصوصیات مرتبط با وزن کرم نشان می‌دهد که تغییر نوع بقایای به کار رفته در بستر اولیه، وزن کل کرم فعال را نیز تحت تأثیر قرار داده است. به طوری که بیشترین (297/60 گرم) و کمترین (188/10 گرم) وزن کل کرم در انتهای دوره مربوط به تیمارهایی است که در آن‌ها به ترتیب از بقایای گندم و برنج استفاده شده است (جدول 3). هرچند که در همه‌ی حالات، کاربرد بقایای گیاهی از هر چهار نوع، وزن کرم بیشتری در مقایسه با شاهد (150/96 گرم) دارا بود. البته تأثیر نوع بقایا بر وزن کل کرم در برگیرنده‌ی خصوصیات رشدی کرم‌ها نیز بود. به گونه‌ای که بیشترین (119/11 گرم) و کمترین (75/50 گرم) وزن کرم بالغ به ترتیب در تولید ورمی‌کمپوست با بقایای گندم و شاهد به دست آمد.

همچنین کاربرد بقایای گندم به منظور تولید ورمی‌کمپوست موجب شد که بیشترین وزن کرم نابالغ (178/50 گرم) نیز حاصل شود، هرچند که با کاربرد تیمار بقایای نیشکر تفاوت معنی‌داری نداشت. از سوی دیگر با مقایسه‌ی ورمی‌کمپوست‌های تولید شده با بقایای ذرت و برنج مشخص شد اگرچه کاربرد بقایای ذرت باعث تولید وزن کل کرم بیشتری نسبت به کاربرد بقایای برنج شد (226/82 گرم در مقایسه با 188/10 گرم)، اما وزن کرم بالغ کمتری نسبت به شرایط کاربرد بقایای برنج دارا بودند (به ترتیب 81/21 گرم در مقایسه با 90/62 گرم) به نظر می‌رسد تفاوت در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بقایای گیاهان مختلف تأثیر معنی‌دار و متفاوتی بر میزان رشد، نمو و البته فعالیت کرم‌ها خواهد داشت که دلیل آن می‌تواند بیشتر بودن نسبت کربن به نیتروژن بقایای ذرت در مقایسه با سایر بقایای گیاهی باشد.

نسبت کربن به نیتروژن بقایای ذرت حدود 34/82 بود. (جدول 2). گوروثی و همکاران (1393) اظهار داشتند چنین شرایطی احتمالاً باعث شده که سرعت افزایش وزن در شرایط تغذیه کرم‌ها از بقایای ذرت کندتر شده لذا وزن گروه نابالغ به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (145/60 گرم در مقایسه با 97/50 گرم). به هر حال، نسبت بازدهی یا به عبارتی تغییر نسبت وزن نهایی به اولیه، در بقایای گندم بیشتر از سایر موارد بود (4/24، جدول 3). به گونه‌ای که بیشترین (230/31 گرم) و کمترین (194/03 گرم) وزن کل کرم به ترتیب در کاربرد 50 و 30 درصد بقایای گیاهی تولید شد ( $p \leq 0/05$ ). به علاوه، وزن کرم‌های بالغ و نابالغ نیز تغییر یافت. به گونه‌ای که بیشترین وزن کرم بالغ (96/02 گرم) و بیشترین وزن کرم نابالغ (141/70 گرم) به ترتیب در کاربرد 50% و

استفاده شده دارای خصوصیات شیمیایی نیتروژن 0/15 درصد، فسفر 73 میلی‌گرم بر کیلوگرم، پتاسیم 2520 میلی‌گرم بر کیلوگرم، شوری (EC) 5/14 دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته 7/21 بود. مواد اولیه به سبدهای پلاستیکی (هر سبد معادل یک پلات در نظر گرفته شد) با ابعادی به طول 60 و عرض 45 سانتی‌متر و ارتفاع 20 سانتی‌متر انتقال داده شد. سبدها دارای زهکش مناسب و منافذ لازم جهت هوادهی کافی بودند. کرم‌های خاکی از گونه *Eisenia fetida* از شرکت کیمیا گران نوین کمپوست واقع در شهرستان رامهرمز تهیه شد. سپس خصوصیات جنس و گونه‌ی کرم‌ها توسط گروه زیست‌شناسی دانشگاه شهید چمران تأیید شد. به هر بستر اولیه (مخلوط کود گاوی و بقایای گیاهی) تعداد 200 عدد کرم بالغ با وزن تقریبی 70 گرم تلقیح شد. طول دوره‌ی آزمایش 90 روز و میانگین دمای محیط بین 22 تا 25 درجه‌ی سلسیوس بود. جهت حفظ رطوبت نسبی بسترهای آزمایش بین 50 تا 70% (مورالی و نیلانا‌رایانان<sup>1</sup>، 2011)، هفته‌ای دو مرتبه آبیاری شدند. پس از پایان دوره‌ی آزمایش، کرم‌های بالغ و نابالغ به روش دستی از کود آلی موجود جدا شده و تعداد و وزن آن‌ها تعیین گردید.

اساس تشخیص کرم‌های بالغ از نابالغ تشکیل کلیتلیوم در کرم‌های بالغ بود. کل ماده‌ی آلی تولید شده توزین و سپس جهت جداسازی مواد ورمی‌کمپوست شده از ورمی‌کمپوست نشده از الک 3/5 میلی‌مترگذرانده شد (مورالی و نیلانا‌رایانان، 2011). مواد عبور داده شده از الک مواد ورمی‌کمپوست شده و مابقی مواد ورمی‌کمپوست نشده در نظر گرفته و سپس توزین شدند (رئیس و همکاران، 1393). همچنین شاخص‌های نسبت تکثیر (تقسیم تعداد کرم نهایی به تعداد کرم اولیه)، نسبت بازدهی (تقسیم وزن کرم نهایی به وزن اولیه) و ضریب تبدیل (تقسیم وزن ماده آلی تولید شده به وزن اولیه) محاسبه شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9/1 و مقایسه میانگین به روش LSD انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### تغییرات وزن و تعداد کرم *Eisenia fetida* در محیط‌های مختلف تولید

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که اثر نوع بقایای گیاهی در بستر تولید ورمی‌کمپوست، درصد وزنی آن‌ها و همچنین برهمکنش تیمارهای فوق بر کلیه صفات مرتبط با وزن و تعداد کرم‌های فعال در ورمی‌کمپوست در سطح

<sup>1</sup> Murali & Neelanarayanan.

می‌دهد که بیشترین (352/38 گرم) وزن کل کرم در تیمار کاربرد بقایای گندم با نسبت وزنی 50% (v<sub>4</sub>p<sub>3</sub>) به دست آمده که این بستر تولید ورمی کمپوست به طور مشابه بیشترین نسبت بازدهی (5/03) را نیز دارا بود (p ≤ 0/05).

40% بقایا تولید شد که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر نتایج بود. این مسأله نشان می‌دهد که افزایش نسبت وزن بقایای گیاهی در بستر اولیه (البته تا حدی) تأثیر مثبتی بر فعالیت، رشد و نمو یا به عبارتی تغییر جثه‌ی کرم‌ها داشته است. به هر حال برهمکنش تیمارهای مورد بررسی نشان

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر خصوصیات وزن و تعداد کرم

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن کرم (گرم)			تعداد کرم			نسبت
		کل	بالغ	نابالغ	کل	بالغ	نابالغ	
بلوک	2	1/41 <sup>ns</sup>	0/11 <sup>ns</sup>	0/90 <sup>ns</sup>	0/0002 <sup>ns</sup>	846/61 <sup>ns</sup>	7/70 <sup>ns</sup>	0/0005 <sup>ns</sup>
نوع بقایا	4	268/81 <sup>**</sup>	25/10 <sup>**</sup>	149/31 <sup>**</sup>	5/40 <sup>**</sup>	14252/22 <sup>**</sup>	223/22 <sup>**</sup>	406/11 <sup>**</sup>
درصد بقایا	2	67/92 <sup>**</sup>	14/50 <sup>**</sup>	59/80 <sup>**</sup>	1/31 <sup>**</sup>	79846/66 <sup>**</sup>	160/21 <sup>**</sup>	119/40 <sup>**</sup>
برهمکنش	8	22/11 <sup>**</sup>	12/51 <sup>**</sup>	24/52 <sup>**</sup>	0/44 <sup>**</sup>	14885/55 <sup>**</sup>	111/55 <sup>**</sup>	47/60 <sup>**</sup>
خطا	28	5/40	0/44	3/51	0/001	3030	12/91	0/07

\* و ns، به ترتیب نشان دهنده‌ی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی‌داری می‌باشد

جدول 2- مقایسه میانگین تأثیر نوع و بقایای گیاهی بر برخی خصوصیات شیمیایی در کود ورمی کمپوست نهایی

نوع بقایای گیاهی	نیتروزن (%)	C/N	EC (dS/m)	pH	سدیم (mg/kg)
برنج	1/027c	30/83b	7/90b	7/27a	0/73c
ذرت	1/28a	34/82a	8/81a	6/86c	0/97a
گندم	1/1b	25/73c	7/45c	7/13b	0/94ab
نیشکر	1/06c	26/82c	6/89d	6/71c	0/91b

حروف مشابه در ستون نشان دهنده‌ی عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

خواهد بود. مقایسه‌ی کودهای ورمی کمپوست تولید شده به لحاظ خصوصیات تعداد کرم نشان می‌دهد که بیشترین (5866/60) و کمترین (4224/40) تعداد کل کرم به ترتیب در کاربرد بقایای برنج و ذرت در ورمی کمپوست به دست آمد (p ≤ 0/05) (جدول 4).

بنابراین، در مجموع از نتایج مربوط به وزن کرم‌ها می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد بقایای گیاهی تأثیر بهتری نسبت به عدم کاربرد آن (شاهد) بر صفت وزن کل کرم داشته ولی سرعت رشد و مرحله‌ی بلوغ آنها در تیمارهای مختلف بقایای گیاهی متفاوت

جدول 3- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر وزن کرم در ورمی کمپوست

نسبت بازدهی	وزن کرم (گرم)			تیمار
	نابالغ	بالغ	کل	
2/10e	75/40e	75/50d	150/91e	V1 - شاهد
2/60d	970/50d	90/62b	188/10d	V2 - برنج
3/20c	145/60b	81/21c	226/82c	V3 - ذرت
4/20a	178/50a	119/11a	297/60a	V4 - گندم
3/20b	178/50a	90/6b	229/11b	V5 - نیشکر
<b>درصد وزنی بقایای گیاهی در ماده اولیه (%)</b>				
3/20a	104/40c	89/51b	194/03b	30-P1
3/30a	141/70a	88/50b	230/31a	40-P2
2/70b	135/21b	96/02a	231/30a	50-P3
<b>برهمکنش</b>				
2/15h	75/48i	75/50g	150/96i	V1P1
2/15h	75/48i	75/50g	150/96i	V1P2
2/15h	75/48i	75/50g	150/96i	V1P3
3/04f	122/80f	90/61d	213/4f	V2P1
2/13h	69/26j	80/53f	149/7i	V2P2
2/87g	100/66h	100/66c	201/33h	V2P3
3/60c	172/11c	80/53f	252/65c	V3P1
3/17e	141/95e	80/53f	222/48e	V3P2
2/93g	122/8f	82/54e	205/34g	V3P3
4/25b	177/2b	120/80a	298b	V4P1
3/46d	121/81f	120/80a	242/61d	V4P2
5/03a	236/55a	115/75b	352/38a	V4P3
3/44d	161/06d	80/53f	241/60d	V5P1
2/91g	113/78g	90/6d	204/38gh	V5P2
3/44d	140/93e	100/66c	241/60d	V5P3

حروف مشابه در ستون نشان دهنده‌ی عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

ولی در مقابل وزن آن‌ها افزایش یافته است (از 194/03 به 230/32 گرم). به عبارت دیگر، نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که رابطه‌ی معکوسی بین وزن و تعداد کرم در رابطه با میزان اضافه نمودن بقایا به بستر اولیه وجود دارد. گزارش شده که باید تناسب مطلوبی بین حجم ماده‌ی آلی برای تجزیه و تعداد کرم‌های فعال در فرآیند ورمی‌کمپوست وجود داشته باشد (نگوا و همکاران<sup>1</sup>، 2000). البته در این آزمایش کاربرد بقایای ذرت هم به لحاظ وزن کل کرم (226/82 گرم، جدول 3) و هم به لحاظ تعداد کل کرم (4224، جدول 4) کمترین میزان را برای هر دو صفت داشته است. در حالی که استفاده از بقایای گندم بیشترین وزن (297/60 گرم، جدول 3) و استفاده از بقایای برنج بیشترین تعداد کل کرم (7193/32، جدول 4) را به خود اختصاص داد. به هر حال، برهمکنش

هرچند که تعداد کل کرم در کلیه‌ی کودهای ورمی‌کمپوست تولید شده با بقایای گیاهی بیشتر از ورمی‌کمپوست تولید شده بدون بقایای گیاهی (شاهد) می‌باشد ( $p \leq 0/05$ ، جدول 4). به‌علاوه، بیشترین تعداد کرم نابالغ (5609، جدول 4) متعلق به تیمار بقایای برنج است که بیشترین تعداد کل کرم‌ها را نیز داشته است (5866/60، جدول 4) ( $p \leq 0/05$ ). در حالی که بیشترین تعداد کرم بالغ (345/44، جدول 4) در تیمار کود ورمی کمپوست تولید شده از بقایای گندم می‌باشد. همچنین تغییر در درصد وزنی بقایا نیز باعث شد که با افزایش وزن بقایای گیاهی از 30% به 50%، تعداد کل کرم‌ها کاهش یابد. با مقایسه‌ی دو ویژگی تعداد کل کرم (جدول 4) و وزن کل کرم (جدول 3)، در رابطه با تیمار درصد وزنی مشخص می‌شود که با افزایش درصد وزنی بقایا از 30% به 50%، تعداد کل کرم کاهش یافته (از 5371/32 به 4244)

<sup>1</sup> Ndegwa et al.

برساند که این مسأله نشان دهنده‌ی وجود تعادلی بین میزان افزایش در وزن و تعداد آن‌ها است. زیرا هر دو معیار تقریباً دو برابر شده‌اند. بنابراین هم استفاده از بقایای گیاهی و هم توجه به نوع بقایا تأثیر مثبت و مستقیمی بر سرعت افزایش وزن کرم‌ها داشته است. گزارش شده کرم‌های پرورش یافته در بستر تفاله‌ی گوج‌فرنگی در مقایسه با بسترهای سیب زمینی، جو، باگاس و خاک اره به دلیل زاد و ولد زیاد تحت تأثیر محدودیت غذایی قرار گرفته که این موضوع باعث کاهش میانگین افزایش وزن روزانه‌ی آن‌ها شد. به عبارت دیگر انرژی مصرفی از بستر آلی بیشتر برای عمل تولید مثل صرف شده و شرایط را برای افزایش وزن محدودتر کرده است (عبادی و همکاران، 1386).

نوع و درصد کاربرد بقایا بر تعداد کرم نشان م‌دهد که کاربرد 30% بقایای برنج (v2p1) بیشترین (7193/32) تعداد کل کرم و همچنین بیشترین نسبت تکثیر (35/92) را داشته است. از جمله دلایل این وضعیت می‌تواند پایین‌تر بودن مقدار سدیم (یا به عبارتی شوری محیط) در بقایای برنج و نیز حدواسط بودن نسبت کربن به نیتروژن آن‌ها در مقایسه با سایر بقایای گیاهی باشد (جدول 2) (گورویی و همکاران). از سوی دیگر با مقایسه‌ی بین کمترین (2/10) و بیشترین (4/24) نسبت بازدهی (در رابطه با تغییر وزن کرم‌ها) (جدول 3) و همچنین کمترین (13/60) و بیشترین (29/30) نسبت تکثیر (در رابطه با تغییر تعداد کرم‌ها) (جدول 4) مشخص می‌شود که کاربرد بقایای گیاهی توانسته میزان یا سرعت افزایش در وزن و تعداد کرم را به بیش از دو برابر شرایط شاهد

جدول 4- مقایسه میانگین تعداد کرم در ورمی‌کمپوست

نسبت تکثیر	تعداد کرم		تیمار	
	نابالغ	بالغ		
		نوع بقایا		
13/60d	2516/67d	215/33d	2730d	V1- شاهد
29/30a	5609/11a	260/77b	5866/60a	V2- برنج
21/12c	3997/78c	233/44c	4224/40c	V3- ذرت
28/31b	5338/56b	345/44a	5676/60b	V4- گندم
28/14b	5378b	262/44b	5628/80b	V5- نیشکر
		درصد وزنی بقایای گیاهی در ماده اولیه (%)		
26/80a	5115/67a	256/467b	5371/32a	30-P1
24/34b	4592/87b	275/40a	4860/63b	40-P2
21/20c	3995/53c	256/62b	4244c	50-P3
		برهمکنش		
13/60k	2516/67i	215/33f	2730i	V1P1
13/60 k	2516/67i	215/33f	2730i	V1P2
13/60 k	2516/67i	215/33f	2730i	V1P3
35/92a	6912/67a	258/66d	7193/32a	V2P1
25/30f	4848f	231/66e	5066g	V2P2
26/72e	5066/67e	292c	5340f	V2P3
21/23i	4021/67i	233/66e	4246/60j	V3P1
22/42h	4268/33h	230/66e	4493/31i	V3P2
19/60j	3703/33k	236e	3933/32k	V3P3
30/03c	5666/67c	351a	6006/65d	V4P1
21/10i	3886j	349a	4230j	V4P2
33/93b	6463b	336/33b	6793/30b	V4P3
33/42b	6460/67b	233/66e	6680c	V5P1
23/51g	4458/67g	256/33d	4700h	V5P2
27/50d	5214/67d	297/33c	5506/60e	V5P3

حروف مشابه در ستون نشان دهنده‌ی عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

علت ضخیم‌تر بودن این بقایا نسبت به سایر بقایای گیاهی آهسته‌تر صورت گرفت. نتایج این آزمایش همچنین نشان داد که با افزایش نسبت وزن بقایای گیاهی از 30% به 50%، وزن کل ماده‌ی آلی نهایی (3090/86 گرم)، وزن ورمی‌کمپوست تولید شده (2885/88 گرم) و همچنین وزن ماده‌ی آلی ورمی‌کمپوست نشده (54/79 گرم) افزایش یافت (جدول 6). برهمکنش تیمارها نیز نشان داد که استفاده از بقایای گندم به میزان 50% درصد وزنی (v<sub>sp3</sub>) نیز بیشترین میزان مواد ورمی‌کمپوست نشده را دارا می‌باشد (163 گرم). نکته قابل توجه این است که استفاده از بقایای گندم در تولید ورمی‌کمپوست، بیشترین میزان تبدیل ماده‌ی اولیه به ورمی‌کمپوست را دارا است (81/91%). در واقع از این معیار می‌توان از یک سو در تعیین کمیت وزنی کود ورمی‌کمپوست نهایی استفاده نمود، و از سوی دیگر نیز میزان تلفات ماده‌ی آلی اولیه که به ورمی‌کمپوست تبدیل نمی‌شود را برآورد کرد. همچنین با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان بیان داشت که چنانچه شرایط تولید ورمی‌کمپوست در یک محدوده‌ی زمانی سه ماهه با میانگین دمای 22 تا 25 درجه‌ی سانتی‌گراد باشد، بقایای گندم بیشترین و بقایای ذرت کمترین ضریب تبدیل ماده‌ی اولیه به ورمی‌کمپوست را خواهند داشت. از جمله دلایل این برتری می‌تواند مناسب بودن نسبت کربن به نیتروژن بقایای گندم در مقایسه با بقایای ذرت یا به عبارتی برتری کیفی بقایای گندم باشد نسبت کربن به نیتروژن برای گندم و ذرت به ترتیب 25/73 و 34/82 بود (جدول 2) (گوروئی و همکاران). شایان ذکر است با آن‌که اثر مجزای بقایای ذرت، ضریب تبدیل کمتری نسبت به شاهد دارا می‌باشد (63/85% در برابر 65/43%) ولی با تغییر درصد وزنی بقایا، ضریب تبدیل نیز تغییر یافته است. برای مثال، کاربرد بقایای ذرت با درصد وزنی 40% (v<sub>sp2</sub>) ضریب تبدیل بیشتری در مقایسه با تیمار شاهد دارا می‌باشد (71/67% در مقابل 65/43%). برخلاف ذرت، انتخاب 40% وزنی بقایای نیشکر موجب شده که کمترین (63/32%) ضریب تبدیل را در مقایسه با سایر نسبت‌های وزنی مرتبط با نیشکر داشته باشیم.

همچنین با مقایسه چهار بستر کشت سیب زمینی، کود گاوی، کود اسبی و تفاله‌ی سیب اظهار شده که از میان بسترهای انتخابی، تفاله‌ی سیب کمترین جمعیت کرم‌ها را دارا بود. دلیل کاهش جمعیت، تخمیر در بستر کشت به دنبال آن ایجاد محیط کاملاً اسیدی که سبب از بین رفتن کرم‌ها می‌شود ذکر شد. به‌علاوه اگرچه تعداد کرم‌ها در بستر سیب زمینی بیشتر از بقایای سیب بود ولی به دلیل نشاسته‌ی بالا، این محیط کپک زده و از تداوم رشد و تکثیر کرم‌ها مانع نمود (نیک نفس و امیری، 1390). همچنین گزارش شده که علاوه بر کود گاوی به عنوان بستر رشد مناسب برای کرم‌ها، ملاس چغندر قند نیز به عنوان یک منبع غذایی غنی از مواد قندی و تا حدی پروتئینی، رشد و نمو و جمعیت کرم‌ها در ورمی‌کمپوست را افزایش داد. از طرفی اضافه کردن خاک به بستر رشد کرم‌های خاکی، تأثیر معنی‌داری بر رشد آن‌ها نداشت ولی منجر به افزایش تولید کوکون یا در واقع زادآوری بیشتر کرم‌ها شد (میربلوک و همکاران، 1387). بنابراین هماهنگی بین خصوصیات کیفی و کمی ترکیبات ماده آلی اولیه با جمعیت اولیه کرم برای شروع فرایند تولید ورمی‌کمپوست (راموس و همکاران<sup>1</sup>، 2009) و نوع ماده‌ی گیاهی مورد استفاده در تولید ورمی‌کمپوست، تأثیر مستقیمی بر خصوصیات رشد و نمو کرم‌های خاکی خواهد داشت (جوکت و همکاران<sup>2</sup>، 2010).

#### تأثیر نوع و سطوح مختلف کاربرد بقایا بر میزان تولید ورمی‌کمپوست

نوع بقایا، درصد وزنی آن‌ها و همچنین برهمکنش این دو تیمار بر کلیه‌ی صفات مرتبط با ورمی‌کمپوست در سطح 1% معنی‌دار بود (جدول 5). بیشترین (3274/88 گرم) و کمترین (2553/44 گرم) وزن ماده‌ی آلی نهایی به ترتیب از بقایای گندم و ذرت در تولید ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (جدول 6). البته با بررسی دقیق‌تر ماده‌ی آلی نهایی مشخص می‌شود که بین میزان وزن بقایای ورمی‌کمپوست شده و نشده نیز تفاوت وجود دارد به گونه‌ای که بیشترین وزن کود ورمی‌کمپوست تولید شده (3244/88 گرم) مربوط به تیماری است که در آن از بقایای گندم استفاده شده است. در حالی که کاربرد بقایای نیشکر منجر به تولید بیشترین وزن مواد ورمی‌کمپوست نشده (62/77 گرم) گردید که در مقایسه با سایر بقایا، حداقل، اما در مقایسه با شاهد (0/96 گرم) رقم قابل توجهی است. در توجیه این وضعیت می‌توان بیان داشت که تجزیه بقایای گیاهی نیشکر توسط کرم‌های خاکی به

<sup>1</sup> Ramos et al.

<sup>2</sup> Jouquet et al.

جدول 5- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر میزان تولید ورمی‌کمپوست

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن (گرم)	
		ورمی‌کمپوست شده	ورمی‌کمپوست نشده
بلوک	2	198/85 <sup>ns</sup>	345/33 <sup>ns</sup>
نوع بقایا	4	7589/33**	7151/88**
درصد وزنی	2	8864/08**	7728/24**
برهمکنش	8	7784/89**	7818/77**
خطا	28	416/45	401/86

\*\* و ns، به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی‌داری می‌باشد.

در مورد نیشکر تا 40% کاهش ولی برای 50% افزایش نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد این تفاوت‌ها اساساً به دلیل تأثیر خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاص هر یک از بقایا روی داده است. در آزمایشی اثر نوع بقایای گیاهی و میزان کرم اولیه در بستر بر میزان تجزیه بقایا توسط کرم‌های خاکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هم نوع بقایای گیاهی (بقایای گندم، کنجد و نیشکر) و هم وزن کرم اولیه (60، 75 و 90 گرم) در بستر تأثیر معنی‌داری بر میزان تبدیل بقایای گیاهی به ورمی‌کمپوست داشت (رئیزی و همکاران 1393).

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که بقایای گیاهی مختلف با تأثیر بر میزان فعالیت بخش زیستی، بر کمیت تولید ورمی‌کمپوست نیز مؤثر می‌باشند. به علاوه، با تغییر در نسبت وزنی بقایا، خصوصیات تعداد و وزن کرم‌ها تغییر یافته که نتیجه‌ی آن تفاوت در ضریب تبدیل یا به عبارتی میزان ورمی‌کمپوست تولیدی از ماده‌ی اولیه خواهد بود. بیشترین ورمی‌کمپوست تولیدی (3288/6 گرم) مربوط به تیمار استفاده از بقایای گندم با نسبت وزنی 50% بود. این تیمار، بیشترین وزن کل کرم‌های فعال (352/38 گرم) و همچنین بالاترین ضریب تبدیل (83/29%) را نیز دارا بود.

بنابراین، نتایج این بخش از آزمایش نشان می‌دهد که حتی در صورت استفاده از بقایای گیاهی با کیفیت‌های متفاوت نیز باید به نسبت وزنی مناسب آن‌ها با توجه به مقدار ضریب تبدیل توجه شود. در این ارتباط وارمن و آنگلوپز<sup>1</sup> (2010) بیان کردند که تولید ورمی‌کمپوست‌هایی با کیفیت بالا نقش مهمی در بهبود کیفیت گیاه زراعی خواهد داشت. تأثیر برخی عوامل تولید همچون تفاوت در نوع ماده‌ی آلی اولیه در ورمی‌کمپوست، دوره‌ی تولید ورمی‌کمپوست و عواملی که در رشد و بلوغ کرم‌ها تأثیر دارند همگی نقش مهمی در تعیین کیفیت و کمیت ورمی‌کمپوست نهایی خواهند داشت، زیرا بهبود کیفیت ورمی‌کمپوست نقش مثبتی در رشد و نمو گیاهان به واسطه‌ی تأثیر بر خصوصیات ریشه دهی، زمان گل دهی، سطح برگ و فاصله‌ی میان گره‌ها خواهد داشت. این بهبود نه تنها به واسطه‌ی بهتر شدن تغذیه‌ی گیاه می‌باشد، بلکه به علت وجود فعال‌کننده‌های بیولوژیکی جهت رشد گیاه در محصول نهایی نیز می‌باشد (جوکت و همکاران<sup>2</sup>، 2006). گزارش شده آن دسته از عملیات زراعی که نهاده‌ی ماده‌ی آلی خاک را از طریق کاربرد بقایای گیاهی و یا اضافه کردن مستقیم مواد آلی افزایش دهند، احتمالاً جمعیت کرم‌های خاکی در محیط را نیز تحریک کرده که نتیجه‌ی آن بهبود ماده‌ی آلی نهایی است.

این تغییرات مفید متکی بر اثر مستقیم کرم‌ها بر خاک یا ماده‌ی آلی در حال تجزیه برای تولید ورمی‌کمپوست است (جوکت و همکاران، 2010). نکته‌ی قابل ذکر در خصوص نتایج ارائه شده در جدول 5 این است که بررسی اثر مجزای تیمار نسبت وزنی نشان می‌دهد با افزایش نسبت وزن بقایا از 30 به 50% مقدار ماده‌ی آلی نهایی و مقدار ورمی‌کمپوست شده افزایش یافته ولی برهمکنش تیمار نوع بقایا و نسبت وزن بقایا برای کلیه‌ی حالات افزایشی نیست برای مثال برای برنج افزایشی ولی

<sup>1</sup> Warman & AngLopez.

<sup>2</sup> Jouquet *et al.*

جدول 6- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر میزان تولید ورمی کمپوست

نسبت C/N	ضریب تبدیل	وزن (گرم)			تیمار
		ورمی کمپوست نشده	ورمی کمپوست شده	ماده‌ی آلی نهایی	
نوع بقایا					
30/12b	60/50c	0/96e	2616/66c	2617/35d	V1- شاهد
30/82b	73/25b	24/88d	2902/66b	2927/55c	V2- برنج
34/82a	63/85c	26/66c	2526/77d	2553/44e	V3- ذرت
25/70c	81/91a	30b	3244/88a	3274/88a	V4- گندم
26/80c	73/77b	62/77a	2885/88b	2948/66b	V5- نیشکر
درصد وزنی بقایای گیاهی در ماده اولیه (%)					
25/40b	65/18b	18/52b	2526/77d	2607/56c	30-P1
27a	72/36c	13/86c	3244/88a	2894/73b	40-P2
27/50a	77/27a	54/79a	2885/88b	3090/86a	50-P3
برهمکنش					
30/12e	65/43d	0/967i	2616/67h	2617/33h	V1P1
30/12e	65/43d	0/967i	2616/67h	2617/33h	V1P2
30/12e	65/43d	0/967i	2616/67h	2617/33h	V1P3
34/72d	77/22b	14/667h	3070/33c	3085d	V2P1
46/81b	69/58cd	25f	2758/33g	2783/33g	V2P2
34/62d	72/85c	35c	2879/33e	2914/33e	V2P3
21/08gh	57/62e	20g	2285k	2305k	V3P1
16/60j	71/67c	28e	2839f	2867f	V3P2
21/18gh	62/25d	32d	2456/33g	2488/33j	V3P3
29/90e	81/35a	21g	3231/33b	3252/33b	V4P1
35/30d	56/01e	26ef	2214/67i	2240/67i	V4P2
37/81c	83/29a	43b	3288/67a	3331/67a	V4P3
26/12f	80/35a	12/667h	3201/33b	3214c	V5P1
55a	63/32d	12/667h	2516/67i	2529/33i	V5P2
39/60c	77/56b	163a	2939/67d	3102/67d	V5P3

حروف مشابه در ستون نشان دهنده‌ی عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

### فهرست منابع:

1. رئیسی، س.، آینه‌بند، ا. و فاتح، ا. 1393. بررسی تأثیر نوع بقایای گیاهی مختلف بر تعداد کرم فعال در تولید ورمی کمپوست. کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، ایران، تبریز.
2. گوروثی، س.، آینه‌بند، ا. و معزی، ع. ا. 1393. مقایسه‌ی خصوصیات شیمیایی کود ورمی کمپوست مناسب برای کشاورزی ارگانیک. همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. ایران، تهران.
3. میربلوک، آ.، لکزیان، ا. و حق‌نیا، غ. 1387. تأثیر هواده‌ی خاک و ملاس چغندر قند بر رشد و نمو کرم خاکی (*Eisenia Fetida*) در بستر کود گاوی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، (2)22: 27-36.
4. عبادی، ز.، گرامی، ع. و سامی، ک. 1386. مطالعه رشد و تکثیر کرم خاکی (*Eisenia Fetida*) بر بستر پرورشی حاوی ضایعات مختلف صنعتی و کشاورزی. مجله زراعت و باغبانی، 76 (3): 166-170.
5. نیک نفس ع و امیری م، 1390. بررسی بستر مناسب جهت تولید ورمی کمپوست از ضایعات آلی. اولین کنگره ملی علوم و فناوری های نوین کشاورزی، دانشگاه زنجان، (3)26: 85-89.

6. Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2001. The influence of earthworm- processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource. Technology.* 81: 103-108.
7. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P., and Metzger, J.D. 2008. Influences of vermicompost, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied. Soil Ecology.* 39: 91- 99.
8. Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research.* 78: 59- 67.
9. Doan, T. T., Ngo, P. T., Rumble, C., Nguyen, B. V., and Jouquet, P. 2013. Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment. *Scientia Horticulture.* 160: 148-154.
10. Jouquet, P., Plumere, T., Thu, T.D., Rumpel, C., Duc, T.T., and Orange, D. 2010. The rehabilitation of tropical soils using compost and vermicompost is affected by the presence of endogeic earthworms. *Applied. Soil Biology.* 46: 125-133.
11. Jouquet, P., Dauber, J., Lagerl, J., Lavelle, P., and Lepage, M. 2006. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Applied. Soil Ecology.* 32: 153-164.
12. Gandi, B., and Edwards, C. A. 2003. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). *Pedobiologia* 47: 321–329.
13. Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation and Development.* 17: 197-209.
14. Larchevêque, M., Montès, N., Baldy V., and Dupouyet, S. 2005. Vegetation dynamics after compost amendment in a Mediterranean post- fire ecosystem. *Agriculture Ecosystems and Environment.* 110: 241-248.
15. Murali, M., and Neelanarayanan, P. 2011. Determination of mesh size for sieving of vermicompost without cocoons and incubation medium for cocoons produced by three species of earthworms. *Applied. Environmental Science.* 4: 25-30.
16. Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. and Das, K. C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of bio solids. *Bioresource Technology.* 71: 5-12.
17. Ngo, P.T., Rumpel, C., Doan, T.T., and Jouquet, P. 2012. The effect of earthworms on carbon storage and soil organic matter composition in tropical soil amended with compost and vermicompost. *Soil Biology & Biochemistry.* 20: 214-220.
18. Ramos, S. M. C., Bernal, D. A., and Dendooven, L. 2009. Characteristics of earthworms (*Eisenia fetida*) in PAHs contaminated soil amended with sewage sludge or vermicompost. *Applied. Soil Ecology.* 41: 269- 276.
19. Tiwari, S.C., Tiwari, B.K. and Mishra, R.R. 1989. Microbial populations, enzyme activities and nitrogen, phosphorus and potassium enrichment in earthworm casts and in surrounding soil of a pineapple plantation. *Biology and Fertility of Soils.* 8: 178-182.
20. Valdighi, M.M., Pera, A.M., Frassinetti, S., Lunardi, D., and Vallini, G. 1996. Effect of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichoriumintybus*) – soil system: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 58: 133-144.
21. Warman, P.R., and AngLopez, M.J. 2010. The chemical properties of vermicompost derived from different feedstocks. In: *Proceedings 2010 International Symposium, Composting and Compost Utilization.* May 6-8. 2002. Columbus, OH.