اثر استفاده از چند ترکیب شیمیایی بر غلظت عناصر غذایی و کیفیت کمپوست ضایعات پوست نرم پسته

ماریه نادی[۱،۲*]، محمد مرادی قهدریجانی[۱،۲]، ابراهیم صداقتی[۲،۳]، نجمه پاکدامن[۱]، امان‌الله جوانشاه[۱]، عباس فرج‌پور[۴]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۱۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۹

چکیده

ضایعات پوست نرم پسته از موادی هستند که دارای پتانسیل بالایی برای بازیافت و ورود به عرصه تولید می‌باشند. یکی از راه‌های استفاده مجدد و بهینه از آن‌ها، تولید کمپوست است. در این تحقیق ضایعات پوست نرم پسته پس از جمع‌آوری، هوا خشک، به دو قسمت مساوی (تیمارهای T1 و T2) تقسیم و در دو طرف یک شاسی انباشته شدند. یک نمونه از ضایعات اولیه به آزمایشگاه فرستاده شد و غلظت عناصر غذایی کم مصرف و پر مصرف، ماده آلی و همچنین شاخص‌های EC و pH اندازه‌گیری گردید. بر اساس نتایج تحقیقات گذشته و کمبود برخی عناصر در نمونه اولیه، مقداری از ترکیبات شیمیایی مختلف به یک قسمت از ضایعات (تیمار T2) افزوده گردید. میزان رطوبت تیمارها به‌صورت مرتب کنترل شد و هوادهی تیمارها ماهیانه انجام گردید. نمونه‌هایی به‌صورت ماهیانه از دو تیمار به آزمایشگاه جهت انجام آزمایش‌های شیمیایی منتقل شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. پس از اینکه نسبت کربن به نیتروژن تیمارها به حد مجاز رسیدگی کمپوست رسید، تیمارها برداشت و خشک گردید. نتایج ماهیانه آزمایش‌ها در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مورد بررسی آماری قرار گرفت. نتایج نشان داد که اگرچه غلظت عناصر غذایی در طول فرایند کمپوست‌شدن افزایش می‌یابد اما افزایش ترکیبات شیمیایی باعث تسریع روند پوسیدن و همچنین افزایش غلظت عناصر غذایی می‌گردد. عناصری که از منبع ترکیبات شیمیایی به تیمار T2 اضافه شده بود، به‌صورت معنی‌داری بیشتر از تیمار T1 بود. میزان EC، pH، فنل و نسبت کربن به نیتروژن روند کاهشی داشتند.

[۱] هیات علمی پژوهشی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

[*] نویسنده مسئول: marieh_nadi@yahoo.com

[۲] پژوهشگر مرکز سلامت پسته، دانشکده علوم پزشکی، رفسنجان، ایران

[۳] هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان، ایران

[۴] کارشناس پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

واژه‌های کلیدی: ترکیبات شیمیایی، ضایعات پسته، کیفیت کمپوست

مقدمه

پسته یکی از محصولات کشاورزی است که با توجه به حجم زیاد تولید آن در برخی مناطق کشور، بررسی ضایعات این محصول اهمیت خاصی دارد. از دیرباز انسان‌ها به دلیل اهمیتی که اندام‌های مختلف گونه‌های متعدد درختان پسته از نظر خوراکی، طبی و صنعتی داشته‌اند (به این معنی که انسان از میوه، پوست و همچنین برگ، ساقه، ریشه و صمغ آن‌ها استفاده می‌برده) به شناختن آن‌ها متمایل بوده است (ابریشمی، ۱۳۷۳). ضایعات محصولات کشاورزی در مراحل مختلف کاشت، داشت، برداشت و پس از آن ایجاد می‌شوند که باعث افزایش هزینه‌های کشاورز و در نتیجه کاهش کارایی می‌گردد. عوامل مؤثر در ایجاد ضایعات پس از برداشت شامل عوامل بیولوژیکی (سرعت تنفس و تغییر ترکیبات، سرعت تولید اتیلن، آسیب‌های مکانیکی، تنش آبی، جوانه‌زنی، نارسایی‌های فیزیولوژیکی و عوامل بیماری‌زا) و محیطی (دما، رطوبت نسبی، سرعت هوا و ترکیب اتمسفر) و فاکتورهای اقتصادی، اجتماعی (ناکافی بودن سیستم‌های بازاریابی و تسهیلات حمل‌ونقل، در دسترس نبودن تجهیزات و ابزار موردنیاز و غیره می‌باشد (شواخی و بهمدی، ۱۳۸۵). بر اساس آمارهای موجود در ایران تقریباً نیمی از محصولات کشاورزی بدون اینکه به مصرف برسند در مراحل مختلف از بین می‌روند و صنایع تبدیلی موجود در ایران به آن حد از رشد نرسیده که بتواند از تمامی اجزاء یک محصول کشاورزی بهره مناسب و کامل را ببرد. پسته نیز یکی از محصولات مهم کشاورزی ایران است که با توجه به سطح زیر کشت آن، بررسی ضایعات این محصول اهمیت خاصی دارند. ضمن اینکه تجمع این ضایعات، مشکلات زیست محیطی عدیده‌ای را در پی خواهد داشت و دفع آن‌ها نیز نیازمند صرف هزینه می‌باشد. در سال‌های اخیر ارزش‌دار کردن ضایعات توجه زیادی را به خود جلب نموده است (Erşan *et al.*, 2017).

میزان ضایعات پسته با تجربه باغدار و سطح زیرکشت رابطه معکوس دارد. بیشترین ضایعات در اثر عوامل اقلیمی و آفات پسته در باغ تولید می‌شود، پس از آن ضایعاتی است که در اثر سنتی بودن دستگاه‌ها هنگام درجه‌بندی پسته و یا تنظیم نبودن آن باعث شکسته شدن پوست پسته می‌گردد. البته عوامل دیگری همچون سرمازدگی و گرمازدگی، شرایط بد انبار کردن، کم آبی و نوع رقم محصول نیز دخیل می‌باشند. نتایج مطالعات نشان می دهد که ۲۷/۷ درصد ضایعات در اثر تغییر عوامل اقلیمی و ۲۴/۷ درصد آن در اثر آفات مختلف بوجود می‌آیند (شفیعی و زین‌الدینی، ۱۳۸۴). یکی از ضایعات بسیار مهم پسته، پوست نرم پسته است. انباشتگی ضایعات پوست نرم پسته پس از برداشت این

محصول، فراهم بودن شرایط مناسب رطوبتی و دمایی، منجر به رشد سریع انواع میکروارگانیسم‌ها در این انباشته‌ها می‌گردد. به علت رطوبت و دمای مناسب درون این ضایعات، این مواد اگر به مدت چند روز روی هم انباشته باشند بستر بسیار مناسبی برای زمستان‌گذرانی اسپور قارچ آسپرژیلوس محسوب می‌شوند که این امر مبارزه با گسترش آفلاتوکسین را با مشکل روبرو نموده و به توسعه آن کمک شایانی می‌نماید (فروغ‌عامری، ۱۳۷۶؛ نادی و همکاران، ۱۳۸۴). عده‌ای از باغداران از این ضایعات بعنوان کود سبز استفاده می‌کنند، که متاسفانه با دست خود آفلاتوکسین را برای محصول باغ پسته به ارمغان می‌آورند. هر دانه پسته با درصد بالای قارچ افلاتوکسین می‌تواند چهار کیلو پسته را با درصد بالاتر از استاندارد سم آفلاتوکسین از بین ببرد (فروغ‌عامری، ۱۳۷۶). از طرفی این ضایعات و پساب ناشی از آن‌ها حاوی مقدار زیادی ترکیبات فنولی می‌باشند که باعث خشک شدن درختان می‌شوند. ترکیبات فنلی گروهی از متابولیت‌های ثانویه هستند که از مسیرهای پنتوز فسفات، شیکیمات و فنیل پروپانوئید در گیاهان مشتق می‌شوند (Randhir *et al.*, 2004). از نظر فیزیولوژیکی ترکیبات فنلی دارای خواص آنتی‌آلرژیک، ضد التهاب، ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان، ضدلخته شدن و اثرات مفید قلبی-عروقی می‌باشند (Middleton *et al.*, 2000; Puupponen-Pimiä *et al.*, 2001; Manach *et al.*, 2005). مطالعات نشان می‌دهند که علاوه بر محصولات گیاهی مانند رزماری، آویشن، فلفل، هلو، چای، پسته و غیره (Tsantili *et al.*, 2011; Mokrani & Madani, 2016). برخی ضایعات کشاورزی مانند ضایعات خرما، انگور، هسته انار و پسته نیز می‌توانند منبع مهمی از ترکیبات فنلی محسوب شوند (Al-Farsi & Lee, 2008; Rajaei *et al.*, 2010; Ambigaipalan *et al.*, 2017; Erşan *et al.*, 2017; Tsouko *et al.*, 2019). مطالعات نشان می‌دهند که ضایعات پسته، به دلیل وجود ترکیبات فنلی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی (Goli *et al.*, 2005; Rajaei *et al.*, 2010; Garavand *et al.*, 2017) آنتی‌میکروبی (Castillo-Juárez *et al.*, 2007; Rajaei *et al.*, 2010)، آنتی‌موتاژنی (Rajaei *et al.*, 2010; Pandey *et al.*, 2019) و همچنین ضدتوموری (Boeing *et al.*, 2020) و ضدسرطانی (Alam-Escamilla *et al.*, 2015) می‌باشند. اگر چه ترکیبات فنولی دارای خواص مفیدی هستند اما حجم زیاد این ترکیبات و سایر مواد بازدارنده موجود در ضایعات پوست نرم پسته باعث آسیب جدی به ریشه گیاه، توقف رشد و حتی خشک شدن گیاه می شود. لذا جهت استفاده از این ضایعات به عنوان یک کود آلی، فرآوری و پوساندن آن‌ها امری ضروری است. اینطور به نظر می‌رسد که میزان ترکیبات ذکر شده در کمپوست نهایی کاهش یافته و در نتیجه ضایعات پس از کمپوست شدن برای گیاه قابل استفاده می‌گردند. هدف از این پژوهش بررسی اثر استفاده از ترکیبات شیمیایی بر

غلظت عناصر غذایی و کیفیت کمپوست نهایی حاصل از فرآوری ضایعات پوست نرم پسته بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق درشهریور سال ۱۳۹۷ همزمان با برداشت محصول پسته در رفسنجان انجام گردید. ضایعات پوست نرم پسته جمع‌آوری و در محوطه سیمانی ایستگاه شماره دو، پژوهشکده پسته واقع در رفسنجان، پهن و هوا خشک گردیدند. نمونه‌برداری اولیه از آن‌ها انجام گرفت و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. آزمایش‌ها شیمیایی شامل اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) به کمک دستگاه‌های EC متر و pH متر انجام گرفت. سپس ضایعات آسیاب شده، در کوره الکتریکی و در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر گردیدند. از خاکستر تولید شده و به کمک روش هضم تر (Matusiewicz, 2003) جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر مختلف استفاده گردید. عناصر پرمصرف شامل نیتروژن با دستگاه کجلدال (Jones, 1991) فسفر به روش رنگ سنجی (Chapman & Pratt, 1962)، پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Chapman & Pratt, 1962) کلسیم و منیزیم با روش کمپلکسومتری (Chapman & Pratt, 1962) و عناصر کم مصرف شامل آهن، روی، منگنز و مس با استفاده از دستگاه ICP و همچنین کربن آلی با روش والکی و بلاک (Walky &Black, 1934) اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

ضایعات اولیه به وزن ۶۰۰ کیلوگرم، به دو قسمت مساوی (T1 و T2) تقسیم و در شاسی‌های سیمانی به عمق ۵۰ سانتیمتر به‌صورت کپه‌ای انباشته شدند و پس از آبیاری مناسب و هم زدن با بیل با پوشش پلاستیکی کلفت پوشانده شدند. پس از بررسی نتیجه آزمایش اولیه ضایعات، به یک قسمت از آن‌ها (T2) مقداری از کودهای دی‌آمونیوم فسفات (۷/۶ کیلوگرم)، گچ کشاورزی (۲/۲ کیلوگرم)، سولفات آهن ۲۰ درصد (۵/۵ کیلوگرم)، سولفات منگنز ۳۱ درصد (۱۳۰ گرم)، سولفات روی ۳۴ درصد (۱۲۳ گرم) و سولفات مس ۲۵ درصد (۳۰ گرم) اضافه و با بیل کاملاً مخلوط گردید. تیمارها به مدت شش ماه هر هفته در حد مورد نیاز (میزانی که وقتی با دست فشرده شوند، در عین اسفنجی و مرطوب بودن توده، آبی از آن خارج نشود) آبیاری و هوادهی شدند. هر ماه نمونه‌هایی از تیمارها در سه تکرار جهت انجام آزمایش‌های شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. بعد از شش ماه با ثابت شدن تقریبی نسبت کربن به نیتروژن در تیمارها، کمپوست‌های نهایی برداشت و الک شدند و در آزمایشگاه، مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار در سه تکرار و با کمک آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مورد تجزیه آماری قرار گرفت و نتایج بصورت نمودار و جدول ارائه گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی ضایعات اولیه در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی تیمارهای اول (T1) و دوم (T2) در اشکال یک تا دوازده به تفکیک آورده شده است. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین دو تیمار T1 و T2 در عنصر نیتروژن وجود داشت (جدول ۲). همچنین روند پوسیدگی شش ماهه منجر به افزایش میزان این عنصر در کمپوست نهایی هر دو تیمار (T1 و T2) گردید (شکل ۱).

کمترین میزان نیتروژن در ضایعات اولیه و بیشترین غلظت آن در نمونه ماه چهارم تیمار T2 مشاهده گردید (شکل ۱). اختلاف میزان غلظت نیتروژن در نمونه‌های ماه اول تا ششم در تیمار اول ۰/۳ درصد و در تیمار دوم ۰/۵۲ درصد بود. بدین معنی که استفاده از ۰/۳ درصد وزنی نیتروژن از منبع ترکیب شیمیایی دی‌آمونیوم فسفات در ضایعات اولیه تیمار دوم (T2) منجر به افزایش ۰/۲۲ درصدی غلظت نیتروژن نهایی در تیمار T2 نسبت به T1 گردید (شکل ۱). افزودن ترکیبات مختلف آلی، غیرآلی و بیولوژیکی در فرایند تولید کمپوست و ورمی‌کمپوست، کاهش آبشویی نیتروژن و دسترسی بهتر گیاه به عناصر مغذی موجود در محصول نهایی را به دنبال دارد (Barthod *et al.*, 2018). میزان نیتروژن اضافه شده به تیمار T2 برابر با ۰/۳ درصد بود که این میزان تاثیر چندان زیادی بر تغییرات نسبت کربن به نیتروژن نخواهد داشت. بنابراین اینطور به نظر می‌رسد که افزودن ترکیبات شیمیایی به ضایعات اولیه علاوه بر اینکه سرعت پوسیدگی و رسیدن کمپوست را افزایش می‌دهد، منجر به افزایش غلظت عناصر مغذی در محصول نهایی می‌گردد. افزایش بنتونیت کلسیم‌دار به یک کودآلی در ابتدای فرایند پوساندن آن، منجر به افزایش کربن‌آلی محلول، کاهش ماده‌آلی، افزایش نیتروژن کل، افزایش فسفرکل، افزایش نیتروژن نیتراتی، تبدیل نیتروژن آمونیومی و آلی‌سازی معنی‌دار عناصر سنگین مس و روی و در نتیجه از دسترس خارج شدن این عناصر گردید (Wang *et al.*, 2016). Gabhane *et al.* (۲۰۱۲) بیان نمودند که استفاده از مواد افزودنی پلی‌اتیلن‌گلیکول و شکر زرد در فرایند کمپوست‌سازی باعث بهبود کیفیت محصول نهایی، سرعت پوسیدن، رشد و فعالیت میکروب‌ها می‌شود. غلظت همه عناصر در طی فرایند پوسیدگی در هر دو تیمار افزایش یافت، این نتایج حاصل فعالیت میکروارگانیسم‌ها و آزادسازی عناصر ساختاری موجود در ترکیبات‌آلی ضایعات اولیه می‌باشد (Liu *et al.*, 2014). افزودن کودهای شیمیایی باعث کاهش انتشار آمونیاک و افزایش میزان نیتروژن کل، نیتروژن معدنی بهبود کیفیت و رسیدگی کمپوست نهایی گردید (Wu *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2018).

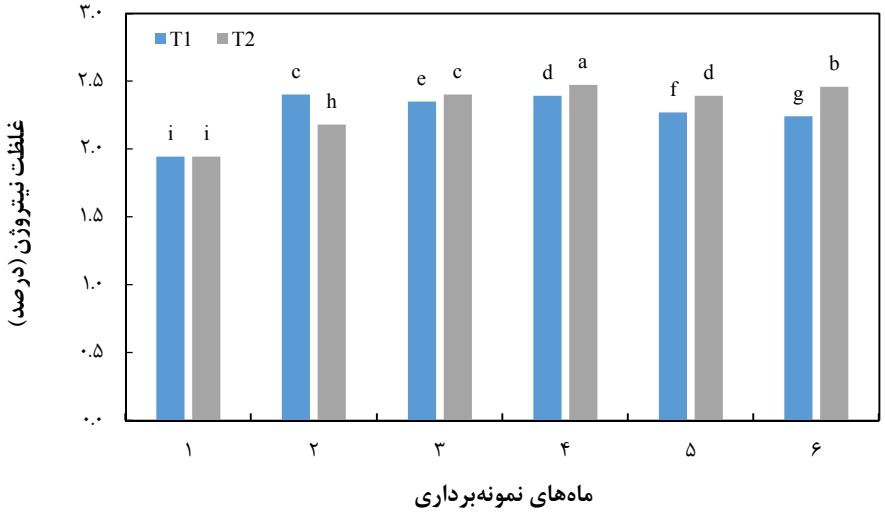
جدول ۱- نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی ضایعات اولیه.

	فاکتورها													
	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	ماده آلی	کربن آلی	آهن	روی	مس	منگنز	هدایت الکتریکی	اسیدیته	نسبت کربن به نیتروژن
واحد	درصد							میلی‌گرم بر کیلوگرم				دسی‌زیمنس بر متر		
ضایعات اولیه	۱/۹۵	۰/۱۶	۳/۱۹	۱/۰۴	۰/۳۲	۷۰/۰	۴۰/۶۰	۴۴۸	۱۱/۷	۱۲/۳	۱۶/۳	۶/۹	۴/۹	۲۰/۸۲

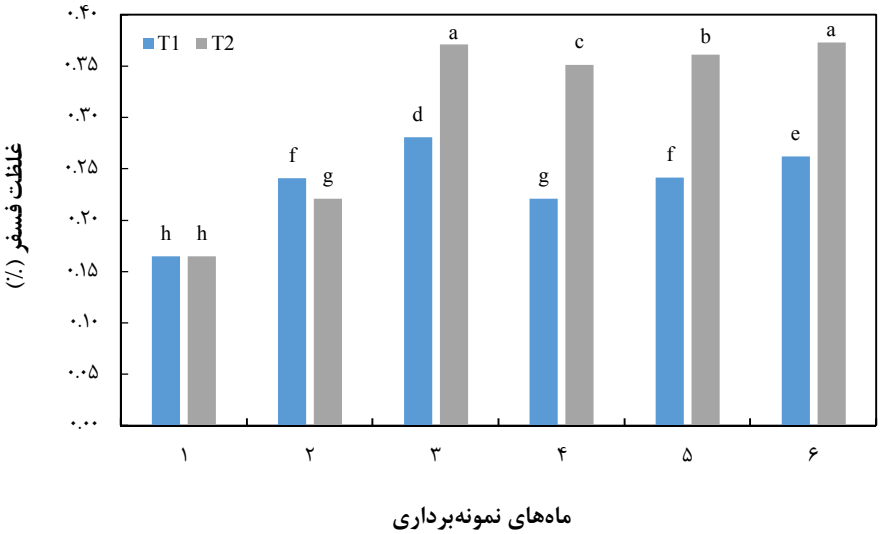
جدول ۲- جدول تجزیه واریانس عناصر پرمصرف، ماده آلی، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن.

	مربع میانگین								درجه آزادی
	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	ماده آلی	کربن آلی	نسبت کربن به نیتروژن	
بین تیمارها	۰/۰۹۹*	۰/۰۱۸*	۱/۴۶۸*	۳/۳۷۷*	۰/۰۹*	۶۴/۸۷۸*	۲۱/۸۳۸*	۱۲/۲۳۷*	۱۱
خطا	$۸/۰۸۱E^{-۶}$	$۱/۵۱۵E^{-۵}$	۰/۰۰	۰/۰۰	$۴/۶۷۲E^{-۵}$	۰/۱۹۴	۰/۰۰۵	۰/۳۴	۲۲
کل									۳۶

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد.



شکل ۱- تفاوت غلظت نیتروژن در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.



شکل ۲- تفاوت غلظت فسفر در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.

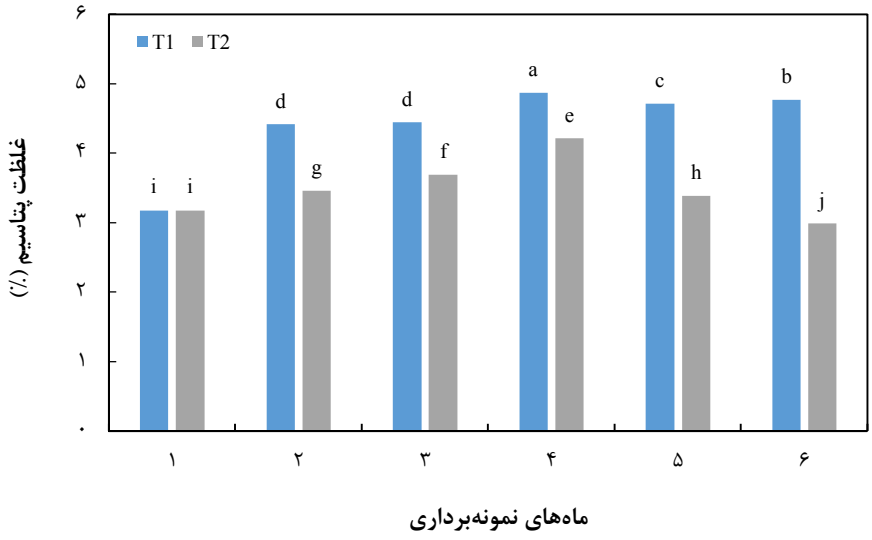
میزان عنصر فسفر در کمپوست‌های نهایی نسبت به مواد اولیه به‌صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بیشتر بود (جدول ۲). افزودن ترکیبات فسفاته به تیمار T2 در ماه دوم باعث شد که غلظت فسفر در ماه سوم رشد صعودی زیادی داشته باشد و این اختلاف غلظت با تیمار T1 تا پایان تحقیق ادامه یافت، بطوریکه غلظت فسفر در کمپوست نهایی تیمار T2 به‌صورت معنی‌داری بیشتر از تیمار T1 بود (شکل ۲). اختلاف غلظت فسفر بین نمونه‌های ماه اول تا ششم در تیمار T1 برابر با ۰/۰۹ درصد و در تیمار T2 برابر با ۰/۲ درصد بود. این اختلاف

۰/۱۱ درصدی در میزان غلظت فسفر در تیمارهای T1 و T2 به دلیل افزایش ۱/۲۲ درصد وزنی فسفر دی‌آمونیوم فسفات به تیمار T2 بود.

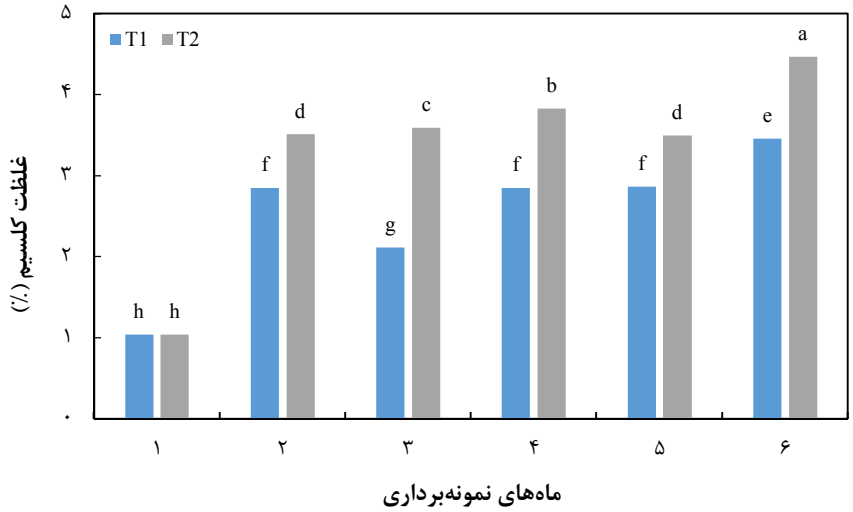
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عنصر پتاسیم (جدول ۲) نشان داد که میزان عنصر پتاسیم در طول فرایند پوسیدگی و محصول نهایی در تیمار T1 به‌صورت معنی‌داری بیشتر از T2 بود (شکل ۳). میزان افزایش غلظت پتاسیم در محصول نهایی تیمار T1، ۱/۵۹ درصد و در تیمار T2، ۰/۱۹- بود. دلیل این کاهش غلظت در تیمار T2، افزودن سایر ترکیبات شیمیایی به جز پتاسه به تیمار T2 ، افزایش وزن خاکستر این تیمار و کاهش غلظت پتاسیم نسبت به بقیه عناصر در وزن معینی از ماده خشک مورد آزمایش یا به عبارتی اثر رقت می‌باشد (Jarrell & Beverly, 1981).

میزان کلسیم در کمپوست نهایی T2 و در طول فرایند پوسیدگی آن به‌صورت معنی‌داری بیشتر از T1 بود (جدول ۲). کمترین و بیشترین غلظت کلسیم به ترتیب در ضایعات اولیه و کمپوست نهایی T2 مشاهده گردید (شکل ۴). میزان کلسیم در محصول نهایی تیمار T1، ۲/۴۲ درصد و در محصول نهایی تیمار T2، ۳/۴۳ درصد افزایش بافت. با افزودن ۰/۷۳ درصد گچ کشاورزی به تیمار T2، غلظت عنصر کلسیم در محصول نهایی این تیمار ۱ درصد بیشتر از تیمار T1 بود (شکل ۴).

در تجزیه واریانس غلظت منیزیم نیز، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده گردید (جدول ۲). بیشترین میزان منیزیم در محصول نهایی تیمار T1 برابر با ۰/۸۸ درصد بود، در حالیکه غلظت منیزیم در محصول نهایی تیمار T2 برابر با ۰/۷۳ درصد و کمتر از تیمار T1



شکل ۳- تفاوت غلظت پتاسیم در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.



شکل ۴- تفاوت غلظت کلسیم در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.

بود (شکل ۵). دلیل این امر، احتمالا عدم استفاده از ترکیبات شیمیایی حاوی منیزیم و در واقع اثر رقت در تیمار T2 باشد (Jarrell & Beverly, 1981). روند افزایش ماهیانه غلظت منیزیم در هر دوتیمار منظم بود (شکل ۵).

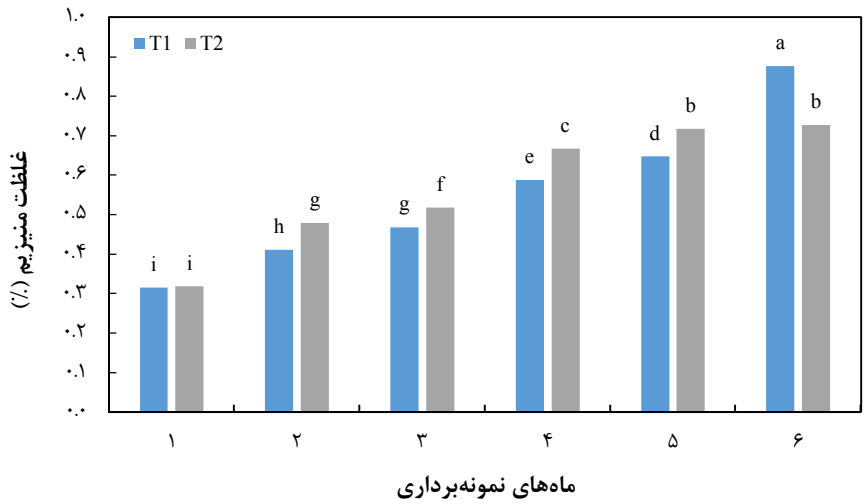
بر اساس جدول تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین تیمارها در غلظت آهن وجود داشت (جدول ۳). کمترین غلظت آهن در مواد اولیه و برابر با ۴۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بیشترین غلظت آن در محصول نهایی تیمار T2 و برابر با ۳۳۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده گردید (شکل ۶). افزایش غلظت آهن در تیمار T1 برابر با ۱۸۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در تیمار T2 برابر با ۲۸۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. به عبارتی افزودن ۰/۳۷ درصد آهن از منبع ترکیبات شیمیایی آهن‌دار منجر به افزایش غلظت آهن به میزان ۰/۱۵ درصد در محصول نهایی تیمارهای T2 نسبت به T1 گردید (شکل ۶).

بر اساس جدول تجزیه واریانس تفاوت معنی‌داری در میزان عنصر روی بین تیمارها وجود داشت (جدول ۳). کمترین غلظت روی در ضایعات اولیه و برابر با ۱۱/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بیشترین آن در محصول نهایی تیمار T2 و برابر با ۱۱۸/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده گردید (شکل ۷). افزودن ۰/۰۱۴ درصد روی به تیمار T2 باعث افزایش ۹۱/۴ میلی‌گرم برکیلوگرم و به عبارتی ۰/۰۰۹ درصد غلظت روی در محصول نهایی تیمار T2 نسبت به T1 گردید.

غلظت مس نه تنها در محصول نهایی بلکه در تمام نمونه‌های ماه‌های نمونه‌برداری در تیمارهای T1 و T2 تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). افزودن ترکیبات شیمیایی حاوی مس در ماه دوم انجام آزمایش،

باعث بهبود روند پوسیدگی، افزایش میزان مس در تیمار T2 و محصول نهایی آن گردید (شکل ۸). کمترین غلظت مس در مواد اولیه و برابر با ۱۲/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بیشترین میزان آن در محصول نهایی تیمار T2 و برابر با ۳۲/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (شکل ۸). با افزودن مقدار ۰/۰۰۲۵ درصد مس به تیمار T2 میزان غلظت مس در محصول نهایی این تیمار، ۰/۰۰۱۴ درصد بیشتر از محصول نهایی تیمار T1 گردید.

بر اساس جدول تجزیه واریانس غلظت عنصر منگنز نیز مانند سایر عناصر تفاوت معنی‌داری در دو تیمار T1و T2 نشان داد (جدول ۳). کمترین میزان غلظت منگنز در ضایعات اولیه و برابر با ۱۶/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بیشترین آن در محصول نهایی تیمار T2 و برابر با ۱۸۳/۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (شکل ۹). افزودن ۰/۰۱۳ درصد منگنز به تیمار T2 باعث افزایش میزان منگنز در تمام نمونه‌های تیمار T2

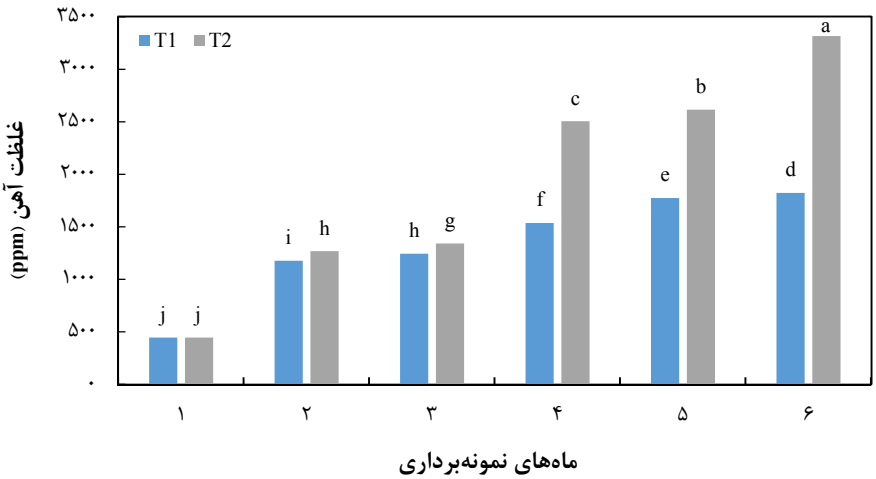


شکل ۵- تفاوت غلظت منیزیم در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.

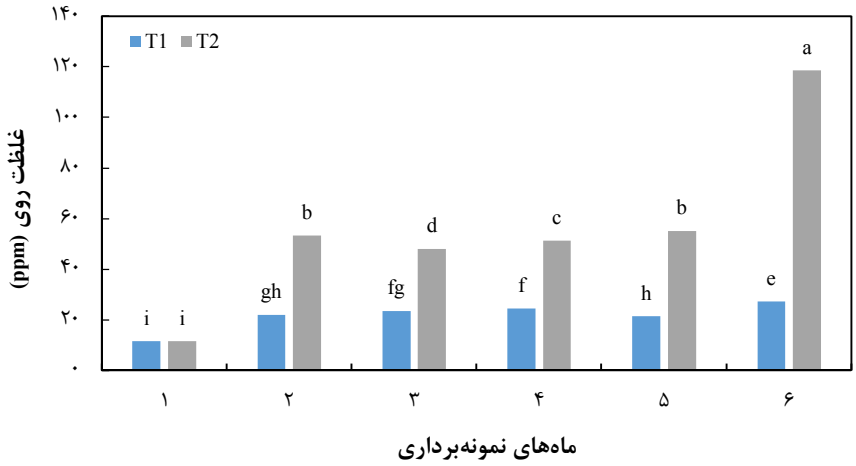
جدول ۳- جدول تجزیه واریانس عناصر کم‌مصرف، هدایت الکتریکی و اسیدیته.

	مربع میانگین						درجه آزادی
فاکتور	آهن	روی	مس	منگنز	هدایت الکتریکی	اسیدیته	
بین تیمارها	۲۱۸۷۱۶۸/۵۷۳*	۲۶۵۲/۰۳۱*	۱۰۴/۳۸۲*	۹۳۶۹/۸۵۸*	۴/۹۹۱*	۶/۱۹۷*	۱۱
خطا	۷۳۵/۸۶۹	۱/۱	۰/۱۲۵	۵/۱۷۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰	۲۲
کل							۳۶

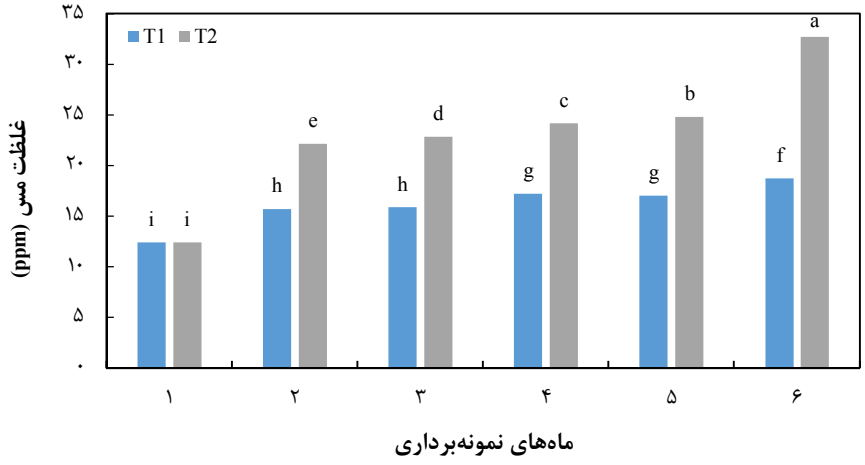
* معنی‌دار در سطح ۵ درصد.



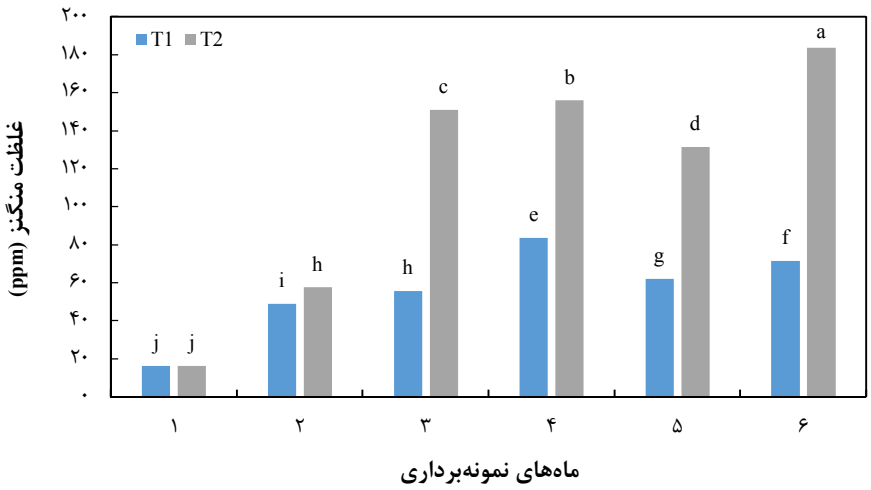
شکل ۶- تفاوت غلظت آهن در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.



شکل ۷- تفاوت غلظت روی در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.



شکل ۸- تفاوت غلظت مس در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.

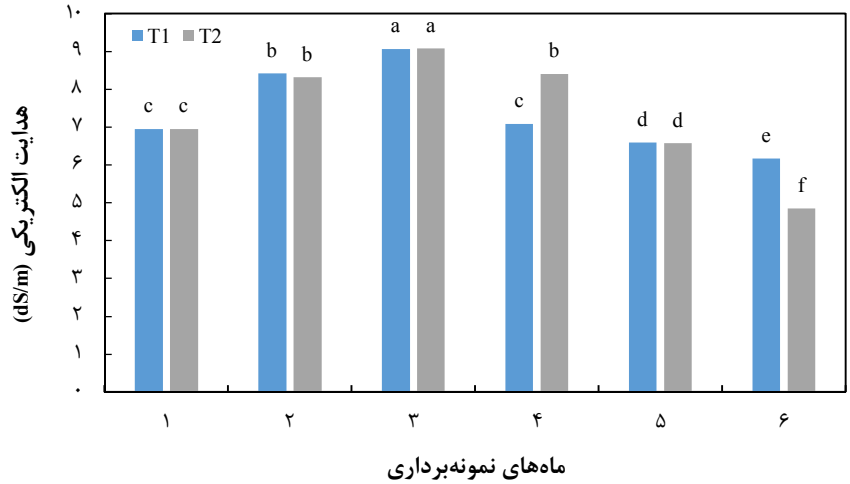


شکل ۹- تفاوت غلظت منگنز در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.

در طول فرایند پوسیدگی گردید و غلظت این عنصر در محصول نهایی تیمار T2 با اختلافی برابر با ۰/۰۱۱ درصد بیشتر از محصول نهایی تیمار T1 بود.

در تیمار T2 غلظت عناصری که به صورت ترکیبات شیمیایی اضافه گردیدند نسبت به تیمار T1 افزایش معنی‌داری داشت. واضح است دلیل این امر افزایش عنصر از منابع این ترکیبات می‌باشد، چرا که غلظت پتاسیم و منیزیم که به‌صورت ترکیب شیمیایی به ترکیب اضافه نشده بودند، در تیمار T2 کمتر از T1 بود، افزایش سایر ترکیبات شیمیایی به تیمار T2 موجب بالا رفتن وزن خاکستر این تیمار نسبت به تیمار T1 و کاهش غلظت این دو عنصر نسبت به سایر عناصر افزوده شده در وزن معینی از ماده اولیه گردید، که در علم خاک به آن اثر رقت گفته می‌شود (Jarrell & Beverly, 1981). میزان غلظت عناصر در کمپوست‌های نهایی با استانداردهای موجود و سایر تحقیقات همخوانی داشت (سفیدکار و همکاران، ۱۳۹۲؛ Dehvari & Committee, 2015).

کمترین میزان شوری که با شاخص هدایت الکتریکی سنجیده می‌شود در محصول نهایی هر دو تیمار مشاهده گردید (شکل ۱۰). بیشترین میزان شوری در نمونه‌های مربوط به ماه سوم پوسیدگی و در تیمار T1 و T2 به ترتیب برابر با ۹/۰۶ و ۹/۰۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۱۰). دلیل این امر احتمالا آزادسازی یکسری عناصر از ترکیبات آلی در حال پوسیدن و تبدیل آن‌ها به فرم معدنی و غالباً به‌صورت املاح در این ماه باشد؛ و پس از آن در ماه‌های بعد با تبدیل این مواد به متابولیت‌های ثانویه در بدن میکرواورگانیسم‌ها و یا به فرم کلات‌های آلی ثانویه از غلظت فرم محلول این مواد کاسته شده و میزان شوری

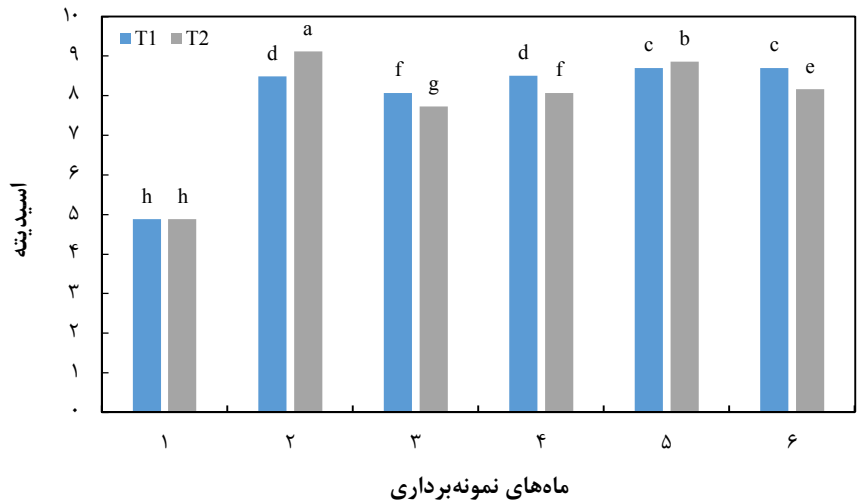


شکل ۱۰- تفاوت شاخص هدایت الکترکی در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.

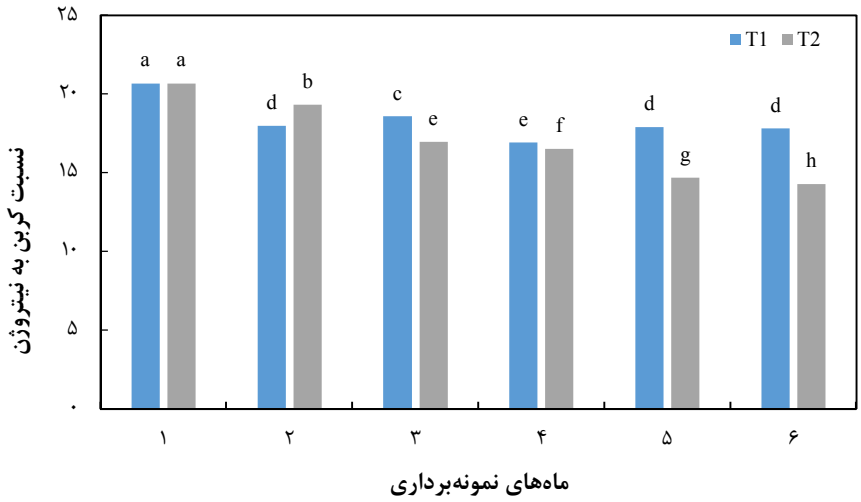
در تیمارها کاهش یافت (Joffre *et al.*, 2001). در محصول نهایی تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری در این شاخص وجود داشت (جدول ۳)، کمترین میزان شوری (۴/۸۵ دسی‌زیمنس بر متر) در محصول نهایی تیمار T2 مشاهده گردید (شکل ۱۰).

اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین تیمارهای مورد بررسی در فاکتور اسیدیته مشاهده شد (جدول ۳). پایین‌ترین میزان اسیدیته در ضایعات اولیه مشاهده گردید (شکل ۱۱). افزودن ترکیبات شیمیایی به تیمار T2 در ماه دوم موجب افزایش اسیدیته در این تیمار گردید، بطوریکه بالاترین اسیدیته، در نمونه ماه دوم تیمار T2 و به میزان ۹/۱۲ بود (شکل ۱۱). در طی فرایند پوسیدگی روند خاصی در افزایش یا کاهش اسیدیته در نمونه‌ها مشاهده نگردید، اما میزان اسیدیته محصول نهایی T2 کمتر از T1 و به ترتیب ۸/۱۶ و ۸/۷۰ بود (شکل ۱۱). محققان اثر افزودن ترکیبات مختلف آلی، غیرآلی و بیولوژیکی را در فرایند تولید کمپوست و ورمی‌کمپوست بررسی نمودند (Barthod *et al.*, 2018)، هدف آن‌ها بررسی اثر این ترکیبات بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش کیفیت محصول نهایی بود. نتایج آن‌ها نشان داد که افزودن ترکیبات اضافی به ضایعات اولیه بر فاکتورهایی مانند اسیدیته، دما و در کل روند پوسیدن اثرگزار است.

نسبت کربن‌آلی به نیتروژن یکی از فاکتورهای تعیین‌کننده رسیدگی ماده‌آلی است. با افزایش مدت زمان پوسیدگی موادآلی اولیه، میزان کربن‌آلی با شکسته شدن پیوندها و تبدیل به گاز CO_2 از توده در حال پوسیدن خارج می‌گردد و بخشی به‌صورت ماده غذایی مورد نیاز میکرواورگانیسم‌ها وارد بدن آن‌ها شده و به متابولیت‌های ثانویه تبدیل می‌گردد. بنابراین میزان کربن‌آلی کاهش و میزان نیتروژن افزایش می‌یابد و این فرایندها منجر به کاهش نسبت کربن به نیتروژن



شکل ۱۱- تفاوت شاخص اسیدیته در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.

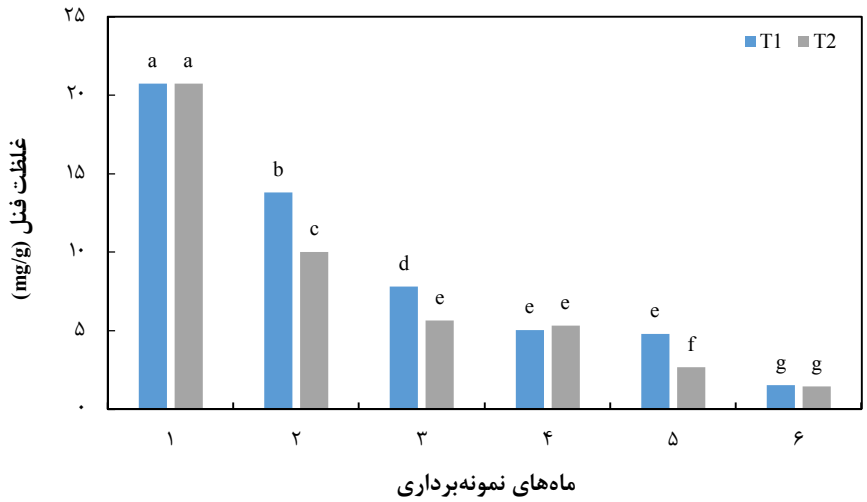


شکل ۱۲- تفاوت نسبت کربن به نیتروژن در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه‌برداری.

می‌گردند (Nicolardot *et al.*, 2001). میزان نسبت کربن آلی به نیتروژن در هر دو تیمار در طی فرایند پوسیدگی کاهش یافت (شکل ۱۲). بیشترین و کمترین میزان این نسبت به ترتیب در مواد اولیه و برابر با ۲۰/۶۸ و محصول نهایی تیمار T2 و برابر با ۱۴/۲۸ مشاهده شد (شکل ۱۲). در تیمار T2 روند کاهشی بر اساس ماه‌های پوسیدگی منظم بود ولی در تیمار T1 نظم کاملی در روند کاهشی این نسبت در ماه‌های نمونه‌برداری مشاهده نشد (شکل ۱۲). اختلاف میزان نسبت کربن به نیتروژن در بین تیمارهای T1 و T2 برابر با ۳/۵۲ بود (شکل ۱۲). نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن ترکیبات شیمیایی به تیمار T2 منجر به کاهش سریعتر

نسبت کربن به نیتروژن در این تیمار گردید. میزان نسبت کربن به نیتروژن در ماه چهارم در تیمار T2 تقریبا معادل ماه ششم در تیمار T1 بود (شکل ۱۲)، و این نشان‌دهنده افزایش سرعت فرایند پوسیدن در تیمار T2 نسبت به تیمار T1 که به طور طبیعی پوسانده شد، است. در تحقیقی که در سال ۲۰۱۸ توسط Sagdeeva *et al.* با هدف بررسی اثر کمپکس‌های معدنی بر سرعت فرایند کمپوست‌سازی موادآلی در دو رژیم حرارتی، ترموفیلیک و مزوفیلیک انجام شد، استفاده از ترکیبات معدنی برای سرعت بخشی روند پوسیدن موادآلی در هر دو شرایط مزوفیلیک و ترموفیلیک اثر بخش بود و آن را قابل توصیه معرفی کردند (Sagdeeva *et al.*, 2018). نتایج مثبت استفاده از موادمعدنی در افزایش غلظت اسیدهیومیک تولید شده در فرایند کمپوست‌سازی موادآلی توسط برخی محققین تایید گردیده است (Yu *et al.*, 2019). در این تحقیق استفاده از موادمعدنی در فرایند کمپوست‌سازی موادآلی به میزان ۱۰/۸۷ تا ۱۷/۳ درصد نسبت به شاهد غلظت اسیدهیومیک را در کمپوست نهایی افزایش داد (Yu *et al.*, 2019).

همانطور که انتظار می‌رفت میزان فنل کل در تیمارها با گذشت زمان کاهش یافت، میزان فنل در ضایعات اولیه بیشترین و برابر با ۲۰/۷۵ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک و در کمپوست‌های نهایی کمترین مقدار بود (شکل ۱۳). این مقدار در محصول نهایی تیمار T1 برابر با ۱/۵۲ و در تیمار T2 برابر با ۱/۴۵ میلی‌گرم بر گرم بود. روند کاهش فنل کل در تیمار T2 بیشتر از T1 بود اما میزان آن در کمپوست‌های نهایی تفاوت معنی‌داری با هم نداشت (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- غلظت فنل در تیمارهای مورد بررسی در ماه‌های نمونه برداری.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن ترکیبات شیمیایی به ضایعات اولیه در ماه دوم پوسیدگی، روند پوسیدگی را سرعت بخشیده و منجر به رسیدگی سریعتر کمپوست می‌گردد. همچنین باعث افزایش کیفیت محصول نهایی می‌شود، به‌طوری که غلظت عناصرغذایی اضافه شده بصورت ترکیبات شیمیایی، در محصول نهایی نیز افزایش یافته و خاصیت مغذی بودن کمپوست بهبود می‌یابد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از پژوهشکده پسته، مرکز سلامت پسته رفسنجان، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی و کلیه همکارانی که ما را در پیشبرد هرچه بهتر این تحقیق یاری رساندند، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

۱- ابریشمی، مح. (۱۳۷۳). پسته ایران (شناخت تاریخی). مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۲- سفیدکار، ا، کاظمی، م، محب‌راد، ب، و صادقی، ع. (۱۳۹۲). آنالیز شیمیایی کود کمپوست تولیدی مشهد و مقایسه آن با استانداردها. *مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی*، ۵ (۴): ۷۸۲-۷۷۵.

۳- شفیعی، ل، و زین‌الدینی، ع. (۱۳۸۴). بررسی عوامل موثر بر ضایعات پسته استان کرمان. همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی، تهران.

۴- شواخی، ف، و بهمدی، ه. (۱۳۸۵). استراتژی‌های کاربردی برای کاهش ضایعات محصولات کشاورزی. *سنبله*، ۱۹ (۱۵۶).

۵- فروغ‌عامری، ن. (۱۳۷۶). بررسی امکان استفاده از ضایعات پسته در تغذیه دام. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

۶- نادی، م، گلچین، ا، و مظفری، و. (۱۳۸۴). تأثیر چند نوع ورمی کمپوست بر برخی از پارامترهای رشد نهال پسته. نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران.

7- Al-Farsi, MA, & Lee, CY. (2008). Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry, 108*(3), 977-985.

8- Alam-Escamilla, D, Estrada-Muniz, E, Solís-Villegas, E, Elizondo, G, & Vega, L. (2015). Genotoxic and cytostatic effects of 6-pentadecyl salicylic anacardic acid in transformed cell lines and peripheral blood mononuclear cells. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 777*, 43-53.

9- Ambigaipalan, P, de Camargo, AC, & Shahidi, F. (2017). Identification of phenolic antioxidants and bioactives of pomegranate seeds following juice extraction using HPLC-DAD-ESI-MSn. *Food Chemistry, 221*, 1883-1894.

10- Barthod, J, Rumpel, C, & Dignac, MF. (2018). Composting with additives to improve organic amendments. *Agronomy for Sustainable Development, 38*(2), 17. https://doi.org/10.1007/s13593-018-0491-9.

11- Boeing, JS, Barizão, ÉO, Rotta, EM, Volpato, H, Nakamura, CV, Maldaner, L, & Visentainer, JV. (2020). Phenolic compounds from Butia odorata (Barb. Rodr.) noblick fruit and its antioxidant and antitumor activities. *Food Analytical Methods, 13*(1), 61-68.

12- Castillo-Juárez, I, Rivero-Cruz, F, Celis, H, & Romero, I. (2007). Anti-*Helicobacter pylori* activity of anacardic acids from *Amphipterygium adstringens*. *Journal of Ethnopharmacology, 114*(1), 72-77.

13- Chapman, HD, & Pratt, PF. (1962). Methods of analysis for soils, plants and waters. *Soil Science, 93*(1), 68.

14- Dehvari, M, & Committee, SSSR. (2015). Physical-chemical analysis and comparison with standards of the compost produced in Sanandaj, Iran. *Open Access Library Journal, 2*(10), 1-3.

15- Erşan, S, Üstündağ, ÖG, Carle, R, & RSchweiggert, M. (2017). Determination of pistachio (*Pistacia vera* L.) hull (exo-and mesocarp) phenolics by HPLC-DAD-ESI/MSn and UHPLC-DAD-ELSD after ultrasound-assisted extraction. *Journal of Food Ccomposition and Analysis, 62*, 103-114.

16- Gabhane, J, William, SP, Bidyadhar, R, Bhilawe, P, Anand, D, Vaidya, AN, & Wate, SR. (2012). Additives aided composting of green waste: Effects on organic matter degradation, compost maturity, and quality of the finished compost. *Bioresource Technology, 114*, 382-388.

17- Garavand, F, Madadlou, A, & Moini, S. (2017). Determination of phenolic profile and antioxidant activity of pistachio hull using high-performance liquid chromatography–diode array detector–electro-spray ionization–mass spectrometry as affected by ultrasound and microwave. *International Journal of Food Properties, 20*(1), 19-29.

18- Goli, AH, Barzegar, M, & Sahari, MA. (2005). Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry, 92*(3), 521-525.

19- Jarrell, W, & Beverly, R. (1981). The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy, 34*(1), 197-224.

20- Joffre, R, Ågren, GI, Gillon, D, & Bosatta, E. (2001). Organic matter quality in ecological studies: theory meets experiment. *Oikos, 93*(3), 451-458.

21- Jones Jr, JB. (1991). Kjeldahl method for nitrogen determination. Micro-Macro Publishing, Athens, USA.

22- Li, Y, Luo, W, Li, G, Wang, K, & Gong, X. (2018). Performance of phosphogypsum and calcium magnesium phosphate fertilizer for nitrogen conservation in pig manure composting. *Bioresource technology, 250*, 53-59.

23- Liu, L, Li, T, Jiang, B, & Fang, P. (2014). Effects of a nutrient additive on the density of functional bacteria and the microbial community structure of bioorganic fertilizer. *Bioresource Technology, 172*, 328-334.

24- Manach, C, Mazur, A, & Scalbert, A. (2005). Polyphenols and prevention of

cardiovascular diseases. *Current Opinion in Lipidology, 16*(1), 77-84.

25- Matusiewicz, H. (2003). Wet digestion methods. *Sample Preparation For Trace Element Analysis, 41*, 193-233.

26- Middleton, E, Kandaswami, C, & Theoharides, TC. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews, 52*(4), 673-751.

27- Mokrani, A, & Madani, K. (2016). Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *Separation and Purification Technology, 162*, 68-76.

28- Nicolardot, B, Recous, S, & Mary, B. (2001). Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: a simple dynamic model based on the C: N ratio of the residues. *Plant and Soil, 228*(1), 83-103.

29- Pandey, A, Belwal, T, Tamta, S, Bhatt, I, & Rawal, R. (2019). Phenolic compounds, antioxidant capacity and antimutagenic activity in different growth stages of in vitro raised plants of *Origanum vulgare* L. *Molecular Biology Reports, 46*(2), 2231-2241.

30- Puupponen-Pimiä, R, Nohynek, L, Meier, C, Kähkönen, M, Heinonen, M, Hopia, A, & Oksman-Caldentey, KM. (2001). Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. *Journal of Applied Microbiology, 90*(4), 494-507.

31- Rajaei, A, Barzegar, M, Mobarez, AM, Sahari, MA, & Esfahani, ZH. (2010). Antioxidant, anti-microbial and antimutagenicity activities of pistachio (*Pistachia vera*) green hull extract. *Food and Chemical Toxicology, 48*(1), 107-112.

32- Randhir, R, Lin, Y, & Shetty, K. (2004). Phenolics, their antioxidant and antimicrobial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 13*(3), 295-307.

33- Sagdeeva, O, Krusir, G, Tsykalo, A, Shpyrко, T, & Leuenberger, H. (2018). Composting of organic waste with the use of mineral additives. *Food Science and Technology, 12*(1), 45-52.

34- Tsantili, E, Konstantinidis, K, Christopoulos, M, & Roussos, P. (2011). Total phenolics and flavonoids and total antioxidant capacity in pistachio (*Pistachia vera* L.) nuts in relation to cultivars and storage conditions. *Scientia Horticulturae, 129*(4), 694-701.

35- Tsouko, E, Alexandri, M, Fernandes, KV, Freire, DMG, Mallouchos, A, & Koutinas, AA. (2019). Extraction of phenolic compounds from palm oil processing residues and their application as antioxidants. *Food Technology and Biotechnology, 57*(1), 29-38.

36- Walky, A, & Black, I. (1934). An examination of the Degtiareff method for deteming soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science, 63*, 29-38.

37- Wang, Q, Li, R, Cai, H, Awasthi, MK, Zhang, Z, Wang, JJ, Ali, A, & Amanullah, M. (2016). Improving pig manure composting efficiency employing Ca-

bentonite. *Ecological Engineering, 87*, 157-161.

38- Wu, J, He, S, Liang, Y, Li, G, Li, S, Chen, S, Nadeem, F, & Hu, J. (2017). Effect of phosphate additive on the nitrogen transformation during pig manure composting. *Environmental Science and Pollution Research, 24*(21), 17760-17768.

39- Yu, H, Zhao, Y, Zhang, C, Wei, D, Wu, J, Zhao, X, Hao, J, & Wei, Z. (2019). Driving effects of minerals on humic acid formation during chicken manure composting: Emphasis on the carrier role of bacterial community. *Bioresource Technology, 294*, https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122239.

The Effect of Several Chemical Compounds on the Concentration of Compost Elements of Pistachio Soft Hull

Abstract

Pistachio soft hull is substances that have a high potential for recycling and entry into production. Compost production is one of the ways to reuse and optimize them. In this study, the pistachio soft hull was collected and air dried, divided into two equal parts (T1 and T2 treatments) and stacked on either side of a chassis. A sample of primary wastes was sent to the laboratory and concentrations of macro- and micro-nutrients, organic matter, EC and pH were measured. Based on the results of previous studies and the deficiency of some elements in the prototype, some chemical compounds were added to one part of the waste (T2). The moisture content of the treatments was monitored regularly and the aeration was performed monthly. Samples were transferred to the laboratory monthly from two treatments for chemical tests and analyzed. Treatments were harvested and dried after the carbon to nitrogen ratio reached the permissible levels. The results of monthly tests were analyzed by a completely randomized design with the Duncan test at 5% level. The results showed that although the concentration of nutrients increased during the composting process, the increase in chemical fertilizers accelerated the decay process and also increased the concentration of nutrients. Elements added from the source of chemical fertilizers to the T2 treatment were significantly higher than the T1 treatment. EC, pH, phenol, and carbon to nitrogen ratios decreased.

Keywords: Chemical Compounds, Compost Quality, Pistachio Wastes