مجله علوم باغبانی ایران
دوره ۴۱، شماره ۱، ۱۳۸۹ (۷۰-۶۳)

اثر کمپوست زباله شهری بر تجمع پیرن و آنتراسن در میوه بادنجان

هادی شعبانی[۱]*، غلامعلی پیوست[۲]، جمالعلی الفتی چیرانی[۳] و پروین رمضانی خرازی[٤]
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی سابق دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان
۴، مربی گروه شیمی دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان
(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۱۴- تاریخ تصویب: ۸۹/۴/۱۲)

چکیده

امروزه از کمپوست زباله شهری به طور فزاینده‌ای در کشاورزی به عنوان اصلاح‌کننده خاک و همچنین به عنوان کود آلی استفاده می‌شود. هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای طی مراحل کمپوست شدن زباله‌های شهری در آن تشکیل می‌گردد که دارای خاصیت سرطان‌زایی و جهش‌زایی می‌باشند. هدف از این آزمایش که در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان انجام شد بررسی تاثیر کمپوست زباله شهری بر میزان جذب دو هیدروکربن آروماتیک چند حلقه‌ای اشباع شده (پیرن و آنتراسن) توسط گیاه بادنجان بود. در این آزمایش چهار سطح کمپوست زباله شهری (۲۰۰،۱۵۰،۱۰۰،۵۰ تن در هکتار) به همراه شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اعمال گردید. نتایج نشان دادند که میزان پیرن و آنتراسن به ترتیب ۱/۶۱۶ و ۰/۲۵۵ میلی‌گرم در یک کیلوگرم کمپوست زباله شهری می‌باشد ولی با توجه به نمودارهای حاصل از عصاره میوه‌ها حتی با افزایش ۲۰۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار این دو ترکیب در هیچ یک از میوه‌های تیمار شده با کمپوست زباله شهری مشاهده نگردید و بنابراین این میوه‌ها هیچ خطر سمیتی را در مورد این دو ترکیب به همراه ندارند.

واژه‌های کلیدی: **بادنجان، کمپوست زباله شهری، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای.**

مقدمه

مواد زائد شهری که شامل پس مانده‌های مواد غذایی و مواد حاصل از فعالیت‌های انسانی می‌باشد به مقدار زیادی در دنیا تولید می‌گردد که کمپوست کردن آن توسط تعداد زیادی از شهرداری‌ها مورد قبول واقع شده است (Montemurro et al., 2006). کمپوست کردن این مواد زاید به عنوان روشی برای بازگرداندن مواد زائد آلی به کشاورزی می‌باشد که نسبتاً هزینه کمی را به دنبال دارد (Wolkowski, 2003). کیفیت کمپوست زباله شهری (شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و رسیدگی و پایداری کمپوست) به عوامل مختلفی شامل نحوه کمپوست شدن، منابع غذایی و نسبت‌های استفاده شده در آن، روش کمپوست‌سازی و طول مدت بلوغ (کمپوست آماده مصرف) دارد. همچنین پاسخ گیاهان مختلف به کمپوست‌های زباله شهری مختلف نیز از نظر رشد رویشی، عملکرد و شاخص‌های کیفی متفاوت است (Hargreaves et al., 2008). اولین مزیت کمپوست زباله شهری داشتن میزان مواد آلی بالا و حجم توده‌ای[1] کم آن است (Soumare et al., 2003). گزارش شده که کمپوست زباله شهری باعث افزایش محتوای مواد آلی و افزایش میزان C/N خاک نسبت به خاک می‌گردد (Montemurro et al., 2006). کمپوست زباله شهری به خاطر داشتن مواد آلی بالا دارای ظرفیت نگه‌داری آب

1. Biomass

* نویسنده مسئول: هادی شعبانی تلفن: ۰۹۱۱-۹۱۶۶۵۱۷ E-mail: hasha_agri@yahoo.com

بالایی می‌باشد (Soumare et al., 2003). Hargreaves et al. (2008) گزارش نمودند که مصرف کمپوست زباله شهری از طریق افزایش مواد آلی آبگریز در خاک باعث اتصال مواد شیمیایی مانند علف‌کش‌ها به آن و افزایش پایداری این ترکیبات نسبت به فعالیت‌های میکروبی می‌گرددکه برای مبارزه با علف‌های هرز مفید می‌باشد.

کمپوست زباله شهری دارای سه مشکل اساسی شامل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، فلزات سنگین و پاتوژن‌های بیماری‌زای انسانی می‌باشد (Peyvast & Olfati, 2008).

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH[1]) دسته‌ای از ترکیبات سرطان‌زا هستند که از احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی منشا می‌گیرند (IARC[2] Working Group, 1983). از آنجایی که PAH در بسترهای مختلف زیست‌محیطی شامل آب، خاک و هوا وجود دارد بنابراین در معرض قرارگیری انسان با این ترکیبات، غیر قابل اجتناب بوده و این ترکیبات از طریق رژیم‌های غذایی مانند غلات و سبزی‌ها وارد بدن انسان می‌گردند (Phillips, 1999). معمولاً مقدار PAH موجود در گیاهان به مکان کاشت و آلودگی خاک‌های آن منطقه بستگی دارد (Larsson & Sahlberg, 1981). تاکنون اطلاعات اندکی در مورد جذب PAH توسط گیاهان از خاک و نحوه انتقال‌شان در داخل گیاه وجود دارد (Kipopoulou et al., 1999). در طول دهه گذشته علاقه زیادی در مورد نحوه جذب و تجمع PAH توسط گیاهان وجود داشت (Howsam et al., 2001). عنوان شده که آلودگی‌های آلی چربی‌دوست مانند PAHها به شدت به بخش‌های آلی خاک می‌چسبند و انتظار می‌رود که نسبت به جذب و متعاقب آن انتقال توسط گیاه از خود مقاومت نشان دهند. مسیر اصلی برای تجمع این چنین ترکیباتی از طریق هوا به سطح برگ است (Kipopoulou et al., 1999). البته یک سری استثناهایی هم در مورد این ترکیبات وجود دارد. Hulster et al. (1994) عنوان کردند که کدو تابستانی (*Cucurbita pepo* L. convar. *Giromontiina* cv. Diamant F1) و کدو تنبل (*Cucurbita pepo* L. cv. Gelber Zentner) که در خاک‌های آلوده کشت شده بودند مقدار بیشتری از این ترکیبات مانند PCDD/Fs[3] را ذخیره و انتقال دادند. همچنین مطالعات نشان داد که نوع ترکیبات گیاه روی جذب آلودگی‌های چربی دوست از خاک تاثیر می‌گذارد و اثبات گردید که لیپیدهای گیاه یکی از عوامل مهم در تنوع مشاهده شده در جذب این ترکیبات مانند آلدرین، دیالدرین و هپتاکلر توسط گیاهان می‌باشد (Fismes et al., 2002). اگرچه برای PAHها شواهد مستقیم کمی برای ارزیابی رفتارهای جذب، انتقال و تجمع وجود دارد. علاوه بر این، چندین بررسی، جذب برگساره‌ای و تجمع PAH را از اتمسفر از طریق ته نشست فاز بخار PAH روی پوشش مومی برگ نشان داده‌اند (Hulster et al., 1994). اما جذب PAH از خاک و انتقال آن در داخل گیاه هنوز تحت بررسی می‌باشد. بنابراین جذب هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای توسط گیاهان نیز متغیر است. همچنین Graf & Winter (1968) بر این عقیده‌اند که ۳،۴- بنزوپیرن و سایر هیدروکربن‌ها توسط گیاهان ساخته می‌شود. آنچه مسلم است این است که هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای از طریق تجزیه مواد آلی توسط میکرواورگانیسم‌ها و از سوزاندن مواد آلی مانند پکتین، سلولز، لیگنین، نشاسته، ترکیبات قندی و استئارین که در کمپوست زباله شهری و خاک موجود می‌باشد منشأ می‌گیرند. همچنین میکروارگانیسم‌های دیگری نیز وجود دارند که این ترکیبات را تجزیه می‌نمایند که از آن می‌توان به Burkholderia اشاره نمود که یک جنس از پرتئوباکتر می‌باشد که بیشتر به خاطر خاصیت بیماری‌زایی آن شناخته شده (Payvast & Olfati, 2009). Kipopoulou et al. (1999) در تحقیقی نشان دادند که در سبزی‌های کشت شده در مناطق صنعتی، ترکیبات آروماتیک چند حلقه‌ای با وزن ملکولی کم در برگ و ریشه سبزی‌ها غالب می‌باشد. از عواملی که اثر معنی‌داری روی غلظت ترکیبات مذکور در بافت-های داخلی سبزی‌ها و خاک دارد، گونه گیاه و فصل رشد می‌باشد. Fismes et al. (2002) با کاشت کاهو،

1. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon
2. International Agency for Research on Cancer
3.Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans

گوجه فرنگی و هویج در خاک‌هایی که آلوده به ترکیبات آروماتیک چند حلقه‌ای بود نشان دادند که این مواد در همه قسمت‌های گیاه وجود دارد ولی اثر محدودکننده‌ای روی رشد گیاهان بجای نمی‌گذارند. نتایج بدست آمده همچنین نشان داد که غلظت آنها در سبزی‌های مورد آزمایش، با افزایش غلظت چندحلقه‌ای‌ها در خاک افزایش می‌یابد، در صورتی که آزمایشات حاکی از عدم افزایش هیدروکربن‌ها در گیاه در اثر افزایش این مواد در خاک بود. Tfouni & Toledo (2007) با اندازه‌گیری میزان پنج PAH (بنزو (a) آنتراسن، بنزو (b) فلورانتن، بنزو (k) فلورانتن، بنزو (a) پیرن و دی بنزو (a,h) آنتراسن) در ارقام مختلف نیشکر به این نتیجه رسیدند که میزان این ترکیبات در ۵۷ درصد از نمونه‌ها در دامنه غیرقابل آشکارسازی تا ۱/۳۵ میکروگرم در کیلوگرم متفاوت بود. نتایج آنها همچنین نشان داد که متداول‌ترین هیدروکربن آروماتیک چند حلقه‌ای بنزو (a) آنتراسن بود که در ۵۱ درصد از نمونه‌های تجزیه شده وجود داشت در حالیکه دی‌بنزو (a و h) آنتراسن در هچیک از نمونه‌های تجزیه شده یافت نشد.

هدف از این تحقیق بررسی اثر کمپوست زباله شهری که منبع غنی از این هیدروکربن‌ها می‌باشد روی تجمع دو هیدروکربن آروماتیک چند حلقه به نام پیرن و آنتراسن در میوه بادنجان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نحوه اجرای آزمایش

مراحل زراعی آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، در فاصله زمانی اردیبهشت تا مهر ماه سال ۱۳۸۷ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. جهت آماده سازی مزرعه ابتدا علف‌های هرز موجود به صورت دستی حذف گردید. سپس خاک مزرعه یکبار شخم و دیسک زده شد.

تعداد ۲۰۰ عدد بذر بادنجان محلی در تاریخ ۱۳۸۷/۲/۳ انتخاب گردیده و در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) در پارچه نخی مرطوب قرار گرفت. پس از ۴ روز بذرها جوانه زده و در داخل سینی بذر قرار گرفتند و روی آنها با پیت به میزان ۲ سانتیمتر پوشانیده شد. هنگامی که ارتفاع گیاهچه‌ها به ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر رسید نشاها در تاریخ ۱۳۸۷/۲/۲۸ به زمین اصلی منتقل شدند. تیمارهای کمپوست حاصل از پسماندهای مواد غذایی شهری عبارتند از T0 (شاهد بدون کمپوست)، T1 (۵۰ تن در هکتار کمپوست)، T2 (۱۰۰ تن در هکتار کمپوست)، T3 (۱۵۰ تن در هکتار کمپوست) و T4 (۲۰۰ تن در هکتار کمپوست). تیمارهای مورد نظر کمپوست زباله شهری به صورت خاکپوش (مالچ) به کرت‌ها اضافه شد. نشاهای بادنجان به فاصله ۶۰ ×۶۰ سانتیمتر و به طول ۱۵ سانتیمتر در زمین کاشته شده و بعد از کاشت نشاهای بادنجان سریعاً آبیاری شدند.

اندازه‌گیری میزان هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک میوه و کمپوست

نمونه‌گیری

در این آزمایش نمونه‌های میوه به میزان یک کیلوگرم از هر کرت به طور جداگانه برداشت و بعد از جدا کردن پوست میوه‌ها، آنها را یکنواخت نموده و در دمای ۱۵- درجه سانتیگراد تا زمان تجزیه نگهداری شدند.

استاندارد هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای

استاندارد دو هیدروکربن آروماتیک چندحلقه‌ای (پیرن و آنتراسن) برای این آزمایش انتخاب شدند که از شرکت مواد شیمیایی مرک خریداری گردید.

روش اندازه‌گیری

روش عصاره‌گیری و صاف کردن بر اساس روش Speer et al. (1990) انجام گرفت.

عصاره گیری

۲۵ گرم از میوه بادنجان خرد شده یا کمپوست در یک رفلاکس که با ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول ۲ مولار هیدروکسید پتاسیم در متانول پر شده بود به مدت ۵ ساعت جوشانده شد. مواد صابونی شده را به یک قیف دکانتور ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل نموده و بالن را با ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول آب مقطر به متانول به نسبت ۱ به ۹ (حجم به حجم) شستشو نموده و به قیف اضافه شد. در مرحله بعد به مخلوط داخل دکانتور ۱۵۰ میلی‌لیتر سیکلو هگزان اضافه نموده و به مدت ۲ دقیقه تکان داده شد. سپس دکانتور را ساکن گذاشته تا دو لایه سیکلوهگزان و مواد آلی جدا گردد و لایه مواد آلی را جدا نموده و در قیف دیگری ریخته و مجدداً به آن ۱۵۰ میلی‌لیتر سیکلوهگزان اضافه و مشابه قبل عمل شد. دو

لایه سیکلوهگزان جدا شده را در یک قیف دکانتور ۵۰۰ میلی‌لیتری دیگری ریخته و به آن ۱۰۰ میلی‌لیتر مخلوط آب مقطر و متانول به نسبت ۵۰:۵۰ اضافه نموده و چندین بار به هم زده و ساکن گذاشته و لایه سیکلوهگزان جدا شد. سپس مجدداً این عمل را با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر انجام داده و لایه سیکلوهگزان جدا شد. سیکلوهگزان بدست آمده را به یک بالن ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل کرده و توسط دستگاه تبخیر کننده دوار[1]، تحت خلا و در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد تبخیر نموده و حجم آن به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. لایه سیکلوهگزان را ۳ بار و هر بار با ۵۰ میلی‌لیتر، ۲۵ میلی‌لیتر و مجدداً ۲۵ میلی‌لیتر از مخلوط آب و N, N- دی متیل فرم آمید (با نسبت حجمی آب۱ و فرم‌آمید۹) در قیف دکانتور شستشو داده و پس از هر بار به هم زدن قیف را ساکن گذاشته و لایه N, N- دی متیل فرم آمید را که در ته دکانتور وجود داشت جدا شد. لایه‌های N,N- دی متیل فرم آمید که از ۳ مرحله شستشو بدست آمد را با ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول ۱ درصد سولفات سدیم رقیق نموده و مجدداً هر بار با حجم‌های ۵۰، ۳۵ و ۳۵ میلی‌لیتر از سیکلوهگزان در قیف دکانتور شستشو داده شد (هر بار که سیکلوهگزان اضافه می‌شود باید مخلوط خوب تکان داده شود و سپس ساکن گذاشته تا لایه سیکلوهگزان جدا گردد). سه لایه سیکلوهگزان را جمع‌آوری نموده و در قیف دکانتور ریخته و ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه نموده و آن را به هم زده و ساکن گذاشته و لایه سیکلوهگزان را جدا کرده، به آن ۲/۵ گرم سولفات سدیم اضافه نموده، تکان داده با کاغذ صافی آن را صاف کرده و سپس سیکلوهگزان حاصل را با تبخیرکننده دوار در ۴۰ درجه سانتیگراد تبخیر نموده و حجم آن را به ۵ میلی‌لیتر رسانیده شد.

صاف کردن نمونه‌ها

برای این مرحله بورتی را به ابعاد ۲۰۰×۱۰ میلی‌متر را انتخاب نموده و مقدار کمی پشم شیشه[2] آزمایشگاه از داخل بورت عبور داده تا به ته بورت برسد. ۵ گرم سیلیکاژل را با ۷۰۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط کرده و به داخل بورت ریخته سپس ۲/۵ گرم سولفات‌سدیم بدون آب و خشک را روی آن اضافه نمودیم. عصاره بدست آمده از هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای را روی سولفات سدیم بدون آب ریخته و بتدریج ۸۵ میلی‌لیتر سیکلوهگزان روی آن اضافه نموده تا عصاره را شسته و به ته بورت ببرد و شیر بورت را باز نگه داشته و ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره خروجی را دور ریخته و باقیمانده را در بشری جمع‌آوری شد. مواد خروجی را با تبخیرکننده دوار در فشار کم تبخیر نموده تا حجم آن به یک میلی‌لیتر برسد و سپس این مقدار در ۲ میلی‌لیتر استونیتریل حل شد.

آنالیز

عصاره‌های بدست آمده با فیلتر ۰/۴۵ میکرومتری صاف گردید. ۵۰ میکرولیتر از عصاره صاف شده به دستگاه HPLC مدل Waters, MA, USA با آشکارساز UV (Waters Dual λ Absorbance 2487) و ستون C18 (Waters Grand II 5C18 RS WK, Packing S.N. 081211-1, Collum Size 4.6I.D.x 150 mm) تزریق گردید و میزان جذب در طول موج ۲۵۴ نانومتر قرائت گردید. فاز متحرک آن شامل متانول و آب دیونیزه شده با نسبت (v/v)۹۰:۱۰ می‌باشد و از شدت جریان ۱ میلی لیتر در دقیقه برای جداسازی هیدروکربن‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

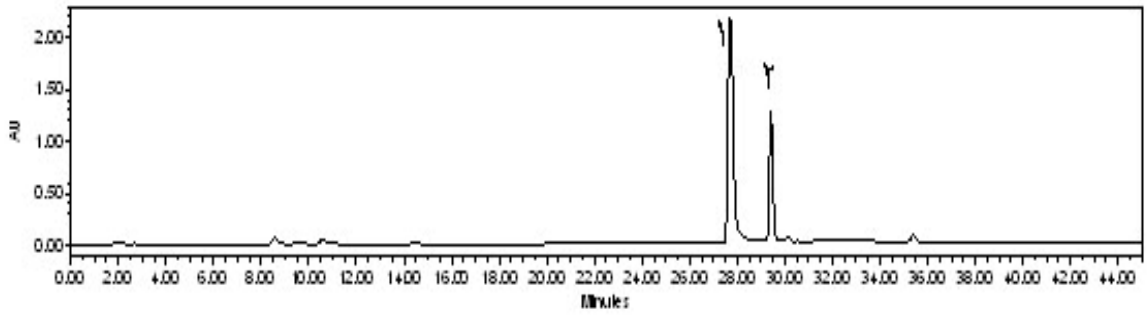
با توجه به نمودار دستگاه HPLC (شکل ۱) و بر اساس یافته‌های سایر محققین و همچنین بر اساس میزان انحلال این دو استاندارد، زمان بازداری آنتراسن در دقیقه ۲۷ و پیرن در دقیقه ۲۹ می‌باشد. بر اساس این منحنی استاندارد و منحنی بدست آمده از کمپوست زباله شهری (شکل۲) و محاسبه میزان آنتراسن و پیرن از طریق سطح زیر منحنی نتایج بدست آمده نشان داد که میزان آنتراسن در یک کیلوگرم کمپوست برابر با ۰/۲۵۵ میلی‌گرم و میزان پیرن برابر با ۱/۶۱۶ میلی‌گرم می‌باشد که از طریق مقایسه با استاندارد کمپوست در مورد آلودگی‌های آلی در اتحادیه اروپا که میزان استاندارد هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای را ۶

1. Rotary Evaporator
2. Rockwool

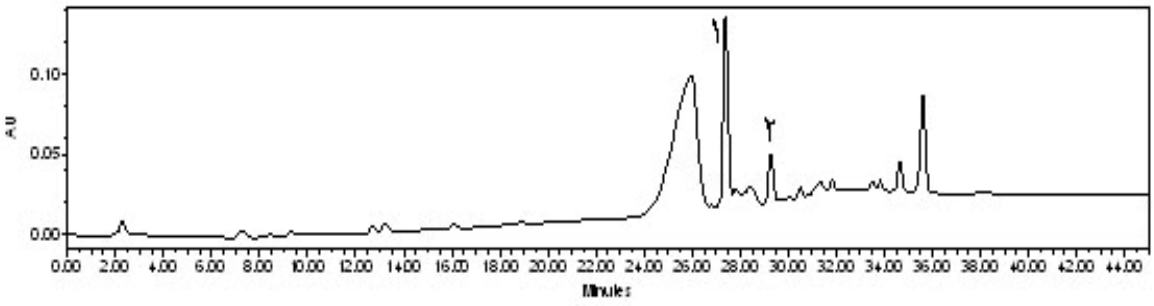
میلی‌گرم در یک کیلوگرم ماده تر عنوان نمودند کمپوست زباله شهری رشت یک کمپوست زباله استاندارد محسوب می‌گردد که دارای میزان پایینی از این دو هیدروکربن است.

با توجه به نمودارهای حاصل از عصاره میوه‌ها (شکل۳) این دو ترکیب در هیچ یک از میوه‌های تیمار شده با کمپوست مشاهده نگردید و بنابراین میوه‌های بدست آمده مورد آزمایش هیچ خطر سمیتی را در مورد این دو ترکیب به همراه نداشتند. این یافته‌ها با نتایج Wild et al. (2005)، Peyvast (1976)، Su & Zhu (2007) و Tao et al. (2006) مطابقت دارد و برخلاف نتایج Kipopoulou et al. (1999)، Fismes et al. (2002)، Tfouni & Toledo (2007)، Rojo Camargo & Toledo (2002)، Wagner (1971)، Tao et al. (2009) می‌باشد. Kipopoulou et al. (1999) بیان نمودند که مهمترین مسیری که این مواد می‌توانند در گیاه تجمع پیدا نمایند از طریق اندام‌های هوایی مانند برگ می‌باشد. Tao et al. (2009) بیان نمودند که هیدروکربن‌های چهار حلقه‌ای تمایل بالاتری برای جذب از ریشه را دارا می‌باشند و غلظت هیدروکربن‌ها در شاخساره با غلظت آنها در ریشه و خاک‌ها همبستگی مثبتی دارند.

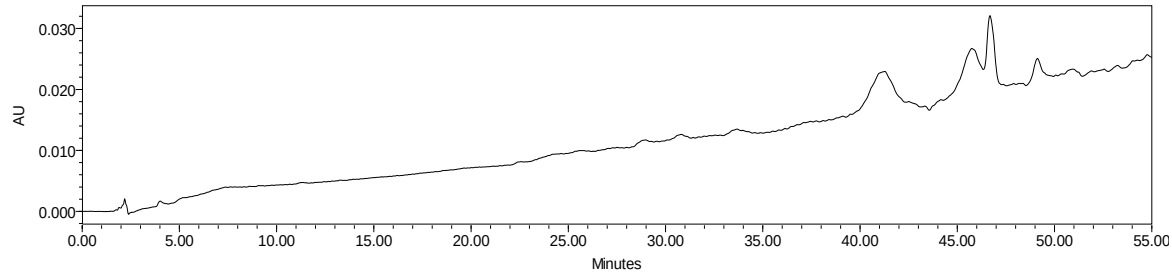
Ryan et al. (1988) بیان نمودند که جذب PAH از طریق ریشه محدود می‌باشد چون این مواد از طریق مواد آلی خاک جذب شده و پتانسیل جذب آنها را توسط گیاه کاهش می‌دهند. بنابراین از آنجا که کمپوست خود منبع غنی از مواد آلی می‌باشد کاهش جذب این ترکیبات و یا عدم جذب آن دور از انتظار نخواهد بود. Wild et al. (2005) نشان داد که فنانترن و آنتراسن به کندی به داخل ریشه گیاه منتقل می‌گردند و سرعت انتقال فنانترن به شاخساره‌ها ۱۵۰۰ میکرومتر در عرض ۵۶ روز بود و به این نتیجه رسیدند که حرکت آنتراسن در طول دیواره سلولی ذرت ۳ برابر کمتر از فنانترن است. با توجه به سرعت انتقال این ترکیبات احتمال این که این ترکیبات در طول مدت پرورش گیاه که حدودا ۹۰ روز به طول انجامید از ریشه به میوه گیاه انتقال پیدا کنند بسیار پایین می‌باشد. Chiou et al. (2001) نشان دادند که برای ریشه‌هایی با محتوای آب بالا، فاز آبی ریشه به عنوان مخزن اصلی برای آلودگی‌هایی با قابلیت انحلال در آب بوده و در مقابل،



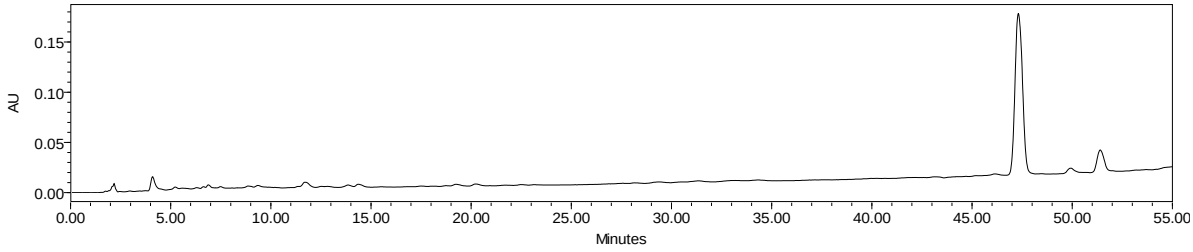
شکل ۱- نمودار HPLC استاندارد آنتراسن و پیرن در طول موج ۲۵۴ نانومتر: ۱- آنتراسن ۲- پیرن



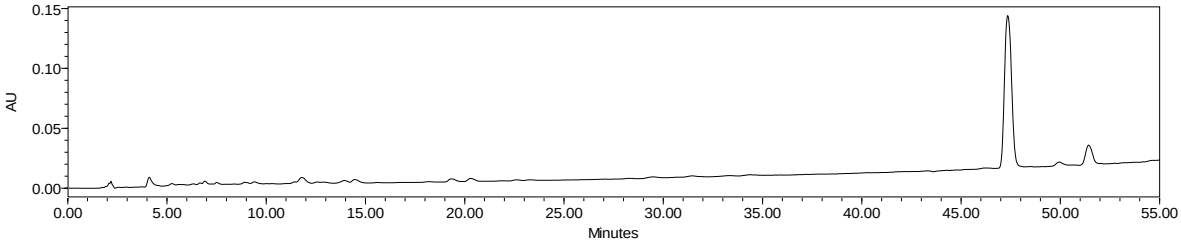
شکل ۲- نمودار HPLC عصاره حاصل از کمپوست زباله شهری در طول موج ۲۵۴ نانومتر: ۱- آنتراسن ۲- پیرن



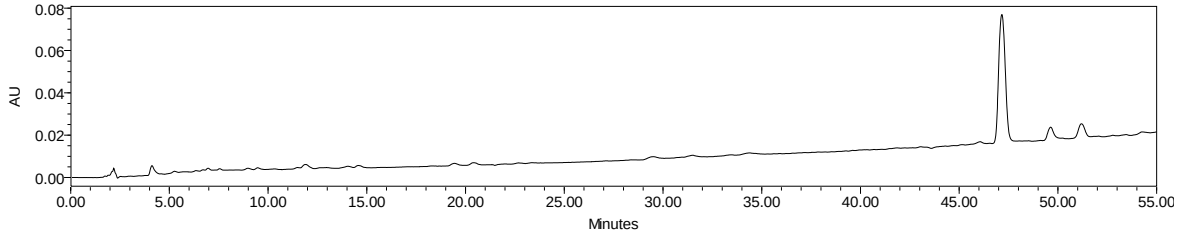
الف) نمودار حاصل از دستگاه HPLC در میوه گیاهان تیمار شده با۲۰۰ تن کمپوست زباله شهری



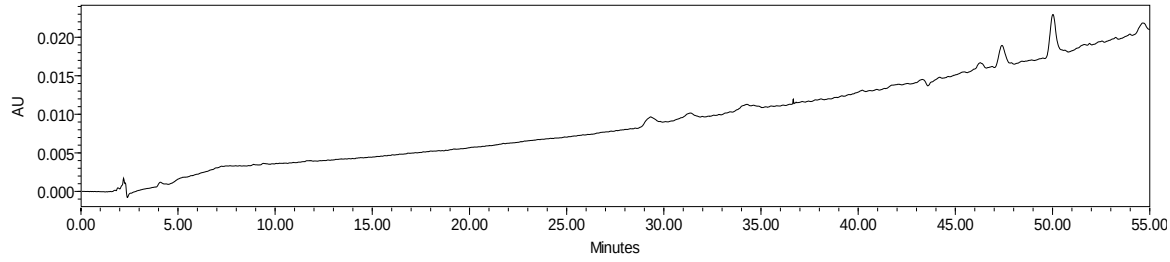
ب) نمودار حاصل از دستگاه HPLC در میوه گیاهان تیمار شده با۱۵۰ تن کمپوست زباله شهری



پ) نمودار حاصل از دستگاه HPLC در میوه گیاهان تیمار شده با۱۰۰ تن کمپوست زباله شهری



ت) نمودار حاصل از دستگاه HPLC در میوه گیاهان تیمار شده با۵۰ تن کمپوست زباله شهری



ث) نمودار حاصل از دستگاه HPLC در میوه گیاهان بدون کمپوست زباله شهری

شکل ۳- نمودارهای حاصل از دستگاه HPLC در میوه‌های بادنجان تیمار شده با کمپوست زباله شهری

لیپیدهای ریشه، حتی به مقدار کم، به عنوان مخزن اصلی آلودگی‌های غیر قابل حل در آب می‌باشد. با توجه به این که هیدروکربن‌ها ترکیباتی هستند که قابلیت انحلال آنها در آب کم می‌باشد و مواد هم برای انتقال به قسمت‌های هوایی گیاه به آب به عنوان حامل مواد جذب شده نیاز خواهند داشت. بنابراین جذب این ترکیبات به شدت کاهش می‌یابد. Simonich & Hits (1994) بیان نمودند که جذب ریشه‌ای ترکیبات آلی چربی‌دوست مانند هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای همبستگی بالایی با ترکیب ریشه‌ای مانند میزان لیپیدهای ریشه دارد. در مورد گیاهانی مانند هویج و ترب محتوای چربی‌های ریشه آنها بالا می‌باشد بنابراین میزان جذب این ترکیبات نیز بالا می‌باشد اما در مورد بادنجان میزان جذب ریشه‌ای به دلیل پایین بودن میزان لیپید ریشه کم بوده و متعاقب آن انتقال این ترکیبات هم از ریشه به میوه پایین خواهد بود و این مقادیر کم این ترکیبات قابلیت آشکارسازی را نخواهند داشت. Kipopoulou et al. (1999) بیان داشتند مواد آلوده کننده چربی‌دوستی که در بخش اپیدرم ریشه پخش می‌گردند توانایی انتقال به ریشه داخلی یا آوند چوبی را ندارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که چون هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای جزو ترکیبات چربی‌دوست می‌باشند و توانایی انتقال به آوند چوب را نداشته و بنابراین مهمترین مسیر انتقال این ترکیبات به میوه قطع خواهد شد که متعاقب آن کاهش تجمع این ترکیبات را در میوه خواهم داشت.

با توجه به یافته‌های حاصل می‌توان از کمپوست زباله تولید شده در رشت بدون نگرانی از خطر سمیت آن نسبت به این دو هیدروکربن و با توجه به اثرات مثبتی که بر فلور خاک و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی دارد (Peyvast & Olfati, 2008) به عنوان کود آلی در زمین‌های کشاورزی استفاده نمود. البته ذکر این نکته ضروریست که در ادامه این کار باید بر روی دیگر هیدروکربن‌ها و همچنین روی کمپوست‌های تولید شده در دیگر مناطق کشور نیز بررسی‌های لازم صورت گیرد تا به یک نتیجه کلی در مورد استفاده از کمپوست زباله شهری دست یافت.

REFERENCES

1. Chiou, C.T., Guang Yao, S. & Manes, M. (2001). A partition-limited model for the plant uptake of organic contaminants from soil and water. *Environmenta. Science and Technology*, 35, 1437–1444.
2. Fismes, J., Perrin-Ganier, C., Empereur-Bissonnet, P., & Morel, J.L. (2002). Soil-to Root transfer and translocation of polycyclic aromatic hydrocarbons by vegetables grown on industrial contaminated soils. *Journal of environmental quality*, 31 (5), 1649-1656.
3. Gräf, W. & Winter, C. (1968). 3,4-Benzpyren im Erdöl. *Arch Hyg Bakteriol*, 152(4), 289–293.
4. Hargreaves, J. C., Adl, M. S. & Warman, P. R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123, 1–14.
5. Howsam, M., Jones, K.C., & Ineson, P. (2001). PAHs associated with the leaves of three dediduous tree species. II: uptake during a growing season. *Chemosphere*, 44:155–164.
6. Hülster, J., Müller, F. & Marschner, H. (1994). Soil-plant transfer of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans to vegetables of the cucumber family (Cucurbitaceae), *Environmental Science and Technology*, 28, 1110–1115.
7. IARC Working Group. (1983). Polynuclear aromatic compounds, Part 1, chemical, environmental and experimental data. In: *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Human*, vol. 32. International Agency for Research on Cancer, Lyon.
8. Kipopoulou, A. M., Manoli, E. & Samara, C. (1999). Bioconcentration of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetables grown in an industrial area. *Environmental Pollution*, 106, 369-380.
9. Larsson, B. K. & Sahlberg, G. (1981). Polycyclic aromatic hydrocarbons in lettuce: influence of a highway and an aluminium smelter. In: Proceedings of *Sixth International Symposium on Physical and Biological Chemistry*, Columbus, Ohio.
10. Montemurro, F., Maiorana, M., Convertini, G. & Ferri, D. (2006). Compost organic amendments in fodder crops: Effects on yield, nitrogen utilization and soil characteristics. *Compost Science and Utilization*, 14 (2), 114–123.
11. Payvast, G. H. (1976). *The influence of anaerobic and aerobic composting of seven chosen vegetables in relation to polycyclic aromatic hydrocarbons in plant and soil*. Ph. D. Speyer, and Justus-Liebig University, Giessen, Germany.
12. Peyvast, G. A. & Olfati, J. A. (2008). *Vegetable production in compost*. (1st ed.). Abdi press.

13. Phillips, D. H. (1999). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet *Mutation Research Journal*, 443, 139-147.
14. Rojo Camargo, M. C. & Toledo, M. C. F. (2002). Polycyclic aromatic hydrocarbons Brazilian vegetables and fruits. *Food Control*, 14 (1), 49-53.
15. Ryan, J. A., Bell, R. M., Davidson, J. M. & O'Conner, G. A. (1988). Plant uptake of nonionic organic chemicals from soils, *Chemosphere*, 17, 2299–2323.
16. Simonich, S. L. & Hites, R. A. (1994). Vegetation–atmosphere partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Science and Technology*, 28, 939–943.
17. Soumare, M., Tack, F. & Verloo, M. (2003). Characterisation of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application. *Waste Managment*, 23, 517–522.
18. Speer, K., Steeg, E,, Hortsmann, P., Kuhn, T. & Montag, A. (1990). Determination and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in native vegetables oil, smoked fish products, mussels and oysters, and bream from the river Elbe. *Journal of High Resolutoin Chromatography*, 13, 104-111.
19. Su, Y. H. & Zhu, Y. G. (2007). Uptake of selected PAHs from contaminated soils by rice seedlings (*Oryza sativa*) and influence of rhizosphere on PAH distribution. *Environmental Pollution*, 155, 359-365.
20. Tao, S., Jiao, X. C., Chen, S. H., Liu Jr, W. X., Covenery, R. M., Zhu, L. Z. & Luo, Y. M. (2006). Accumulation and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in rice (*Oryza sativa*). *Environmental Pollution*, 140, 406-415.
21. Tao, Y., Zhang, S., Zhu, Y. & Christie, P. (2009). Uptake and acropetal translocation of polycyclic aromatic hydrocarbons by wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in field-contaminated soil. *Environmental Scentific and Technology*, 43, 3556–3560.
22. Tfouni, S. A. V. & Toledo, M. C. F. (2007). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in cane sugar. *Food Control*, 18(8), 948-952.
23. Wagner, K. H. (1971). *Gefaerdung des menschen durch die in industriell hergestelltem compost, muell und klaerschlamm enthaltenen schwermetalle: Arsene, Blei, cadmium und Quecksilber*. Broschuere des institute fuer ernaeh rungswissen- schaft II, Giessen. (In Germany).
24. Wild, E., Dent, J., Tomas, G. O. & Jones, K. C. (2005). Direct observation of organic contaminant uptakestorage, and metabolism with plant roots. *Environmental Science and Technology*, 39, 3695-3702.
25. Wolkowski, R. (2003). Nitrogen management considerations for landspreading municipal solid waste compost. *Environmental Scientific and Technology*, 32, 1844–1850.