

جذب برخی عناصر در پسته رقم اوحدی در شرایط آبیاری با فاضلاب تصفیه شده

مهری صفاری^{1*}

دانشیار گروه زارعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان؛

Mehri_Saffari@yahoo.com

چکیده

افزایش جمعیت دنیا، نیاز بیشتر به آب و در نتیجه تولید فاضلاب بیشتر را سبب شده است. فاضلاب تصفیه شده، در بسیاری از کشورها در کشاورزی و فضای سبز کاربرد دارد. دلیل داشتن عناصر غذایی متفاوت، فاضلاب تصفیه شده باعث افزایش محصولات کشاورزی شده و نیاز به مصرف کود را کاهش می دهد. اما غلظت بالای عناصر سنگین، در محصولات کشاورزی، که با فاضلاب آبیاری شده اند باعث مسائل و نگرانیهای بهداشتی و نیز آلودگی این محصولات می شود. پسته یکی از مهمترین محصولات کشاورزی استان کرمان است و به آن «طلای سبز» اتلاق می شود. در این تحقیق پسته رقم اوحدی در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر - کرمان با فاضلاب تصفیه شده دانشگاه آبیاری شد و عناصر سنگینی که توسط جذب ریشه ای به سایر اندامها، بافتها و میوه درختان انتقال یافت تحت بررسی و ارزیابی قرار گرفت، تا احوال مسائل بهداشتی و نگرانیهای احتمالی برای مصرف کنندگان پسته مورد توجه قرار گیرد. در این تحقیق سطح عناصر Zn ، Cd ، Cu ، Pb در میوه های پسته آبیاری شده با فاضلاب بالاتر از حد مجازی است که ATSDR اعلام گردیده است. بنابراین یکی از راهکارهای مصرف فاضلاب در درختان پسته می تواند مخلوط کردن آن با آب آبیاری به نسبتهای متفاوتی باشد که در این تحقیق انجام شد.

واژه های کلیدی: فاضلاب تصفیه شده، عناصر سنگین، آبیاری، پسته

مقدمه

رها کردن فاضلابها در طبیعت باعث آلودگی محیط زیست شده و می تواند باعث اثرات منفی روی آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی بشود؛ از این جهت استفاده از فاضلاب برای آبیاری محصولات کشاورزی شاید به سود زارعین باشد، اما مصرف کنندگان محصولات کشاورزی و محیط زیست از این ریسک در امان نیستند. برادفورد وهمکاران (2003) گزارش کردند که غلظت عناصر سنگین، در محصولات کشاورزی آبیاری شده با فاضلاب باعث مشکلات عدیده ای در سلامت انسان می شود.

با افزایش جمعیت در دنیا تقاضای برای آب و غذا نیز افزایش می یابد و در نتیجه سطوح زیر کشت محصولات کشاورزی بالا جبار زیاد می شود؛ در حالی که کمبود آب همواره وجود دارد. فاضلاب های تصفیه شده اگر چه برای آبیاری همه محصولات کشاورزی مفید نیستند، کاریلو و کاجوست (1992) و مینی وهمکاران (1993) گزارش کردند که با کنترل و بررسی دقیق می توان از فاضلاب تصفیه شده در مواردی استفاده کرد.

1. آدرس نویسنده مسؤول: کرمان - دانشگاه شهید باهنر - دانشکده کشاورزی - کدپستی: 7616914111 - صندوق پستی: 666-76135

* دریافت: دی، 1390 و پذیرش: بهمن، 1391

خصوصاً در مناطقی که تحت تاثیر فرسایش هستند مناسب می باشند

السوکاری و شرف (1996) معتقدند که مواد آلی (ارگانیک) موجود در فاضلاب یا پساب ها، که در کشاورزی استفاده می شوند؛ اگر در غلظت کم باشند، در دراز مدت جذب شده و روی سلامتی بشر تاثیر سوئی ندارند؛ اما اگر در منابع آب آشامیدنی وارد شوند و یا زارعین و کارگران کشاورزی آموزش نحوه چگونگی استفاده از فاضلاب ها و پساب ها را نداشته باشند. بنابراین آلودگی در محصولات کشاورزی و در آبهای زیر زمینی ممکن است بعد از مدتی به حدی غیر مجاز برسد و باعث بوجود آمدن مسائل و خطراتی برای سلامتی بشر باشد.

بولدین (1996) گزارش کرد که مهم ترین عناصر سمی موجود در فاضلاب را Cd, Cr, Pb, Hg, Zn و As ، و بعضی عناصر دیگر است. این عناصر سمی و همچنین میکروارگانسیم هائی که بیماری های عفونی مثل اسهال خونی را منتقل می کند در فاضلاب ها موجودند و باید در آبیاری محصولات زراعی با فاضلاب، مدیریت شوند. مسلماً قسمت های خوراکی و برداشت شده محصولات زراعی یا باید فاقد این مواد سمی باشند یا در حد مجاز؛ و هیچگونه عوامل بیماریزا نداشته باشند. عناصر سنگینی مثل سرب، و کادمیم می توانند باعث مسمومیت در گیاهان زراعی و همچنین کاهش رشد و عملکرد آنها شوند.

شارما و همکاران (2007) معتقدند که تجمع روزانه بعضی از عناصر سنگین مثل Cr, Cu, Zn, Cd در بافتهای بدن انسان سلامتی بشر را تحت الشعاع قرار می دهند.

محققین دیگر مثل لومزدن و همکاران (1983)، شوال و همکاران (1985) و گیوسکویانی و همکاران (1998) در تحقیقات خویش تاکید می کنند که عناصری مثل As, Cd, Cr سرطان زا هستند و Hg و Pb باعث بروز

هال مارک و همکاران (1994) معتقدند که اثرات فاضلاب روی رشد گیاه و نیز قست های خوراکی گیاهان باید دقیقاً بررسی شود تا مصرف کننده دچار مشکل نگردد.

براد فورد و همکاران (2003) گزارش کردند آبیاری با فاضلاب باعث شوری و مسمومیت خاک و نیز تخریب خاک (از طریق بسته شدن منافذ) می شود؛ اما با اعمال روش هائی می توان از آن به نحوی اقتصادی استفاده کرد. پاناراس و همکاران (2003) و هال مارک و همکاران (1994) معتقدند که فاضلاب تصفیه شده می تواند در مناطق خشک با منابع آب کم، در کشاورزی استفاده شود. در این مناطق بهتر است آب های با کیفیت بالا برای شرب یا بعضی صنایع استفاده شوند و فاضلاب ها در کشاورزی مصرف شوند.

پاناراس و همکاران (2003) گزارش کردند که در مناطق خشک استرالیا و ایالات متحده آمریکا نیز فاضلاب ها، با قوانین خاص، برای کشاورزی مصرف می شود. در کشورهائی مثل عربستان سعودی یا اردن نیز با تابعیت از قوانین، از این نوع آبیاری در کشاورزی استفاده می کنند. در چین استفاده از فاضلاب برای آبیاری در کشاورزی از سال 1985 آغاز و در حال حاضر بیش از 1/33 میلیون هکتار اراضی کشاورزی در این کشور با فاضلاب آبیاری می شوند.

ساماراس و تادالیس (1999) و تادالیس (1999) گزارش کردند که در بسیاری از کشورهای اروپائی از فاضلاب برای آبیاری در کشاورزی استفاده می شود. مانیس و ژبور دانو (1988) عنوان کردند که چون میزان فاضلاب تحت تاثیر خشکسالی قرار نمی گیرد، در مناطق خشک می تواند در صنایع و شارژ کردن آب زیرزمینی و نیز در مصارف شهری مثل آبیاری پارکها مورد بهره برداری قرار گیرد؛ و با داشتن مواد تغذیه ای متنوع برای رشد گیاهان، در بهبود بعضی خصوصیات فیزیکی خاک

پلات از پلات دیگر حدود 3 متر بود؛ و آبیاری هر 15 روز یکبار انجام شد. بعد از سه سال از کاشت این درختان و آبیاری با نسبتهای فوق الذکر فاضلاب، درختان پسته به گل نشست و میوه دهی آغاز شد.

خاک باغ سیلت لومی با $pH = 7/1$ بود و محدودیت شوری یا سدیمی نداشت و میزان ماده آلی خاک 0/19% بود. تجزیه شیمیایی خاک قبل از آبیاری و بعد از سه سال آبیاری با مخلوط آبهای فوق الذکر در جدول شماره 1 آمده است. آبیاری درختان پسته فقط در زمان رشد درختان طبق روال عادی منطقه انجام شد (10 بار در طول رشد).

در پایان تحقیق سه ساله میوه‌های پسته، شاخه‌ها، برگها و ریشه‌ها جمع آوری شدند؛ نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند و سپس در آون الکتریکی در $65^{\circ}C$ بمدت 8 ساعت خشک شدند سپس آسیاب شده و در کیسه‌های کاملاً در بسته برای تجزیه شیمیایی آماده شدند.

در جدول شماره 2، نتایج تجزیه آب مورد مصرف آبیاری (pH، نمکهای محلول، مواد غذایی کم مصرف، میزان عناصر سنگین) مشاهده میشوند. نمونه‌های گیاهی در اسید نیتریک- پرکلرید حل شدند و مواد غذایی کم مصرف و عناصر سنگین توسط جذب اتمی (atomic-absorption) مشخص گردید (جدول 2-3). فاضلاب تصفیه شده دانشگاه شهید باهنر کرمان از نوع لجن فعال است (activated sludge) و شامل مخازن هوادهی اولیه، ثانویه وسیع و تانک‌های رسوب (sedimentation tank)، تانک‌های ذخیره، تانک‌های کلرزی و سایر ضوابط ضروری است.

نتایج

با توجه به جدول 2 مشاهده می‌شود که عناصر سنگین در میوه پسته عبارت بود از:

$Zn > Cu > Cd > Pb > Ni > Co$ و با توجه به جدول 3 در برگ‌های پسته عبارت بود از: $Zn > Cd > Cu > Pb > Ni > Co$ و با توجه جدول 5 در شاخه‌های پسته عبارت بود از:

ناهنجاری در کودکان می‌شوند، اورگانسم‌های بیماریزا نیز در آبهای آبیاری باعث ایجاد بیماری‌های همه‌گیر می‌شوند.

مسئلاً باید در مورد آلودگی محصولات کشاورزی و نیز عناصر سمی سنگین مثل Cd و Si در آنها، نهایت دقت بعمل آید، بهمین دلیل غلظت عناصر سنگین در قسمتهای خوراکی گیاهان، باید زیر سطح استاندارد تعیین شده باشد تا برای مصرف کننده اثر سوء نداشته باشند، هدف از این تحقیق تعیین عناصر سنگین در اندام‌های درخت پسته واریته اوحدی (ریشه، ساقه، برگها و میوه) تحت آبیاری کامل با فاضلاب یا مخلوط فاضلاب با آب معمولی می‌باشد.

مواد و روشها

این تحقیق در باغ پسته دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد و از فاضلاب تصفیه شده دانشگاه که برای این تحقیق استفاده گردید شامل هفت نوع آب برای آبیاری با نسبت‌های 33/3، 16/7، 50، 66/7، 83/7، 100 درصد آب فاضلاب و آب معمولی لوله کشی شهر بود.

طرح براساس بلوکهای تصادفی با نه (9) تکرار بود. 63 گودی دایره‌ای شکل (1/5 متر قطر) و حدود 7/5 متر مربع برای هر پلات یا هر درخت در نظر گرفته شده بود این گودی‌ها حدود 20 سانتیمتر عمق (برای آبیاری) داشتند: قبلا شخم عمیق (40 cm)، دیسک و فارو در زمین زده شد و شبکه لوله‌های آبیاری تعبیه گردید.

نمونه‌های آب، خاک و فاضلاب برای تجزیه به آزمایشگاه فرستاده شدند. نهال‌های دوساله پسته رقم اوحدی از موسسه ای معتبر در کرمان در اوائل اسفند 1385 خریداری شد (در کیسه‌های پلاستیکی با طول 50 و قطر 15 سانتی متر) این نهال‌ها در سال اول کاشت در گلخانه و تحت آبیاری مه پاش بودند و سال بعد به شرایط هوای آزاد و آبیاری بارانی انتقال یافته بودند. این بوته‌ها به هر گودی (پلات) منتقل شدند، فاصله مرکز هر

اگر کادمیوم در دراز مدت در آب و غذای انسان موجود باشد، تجمع آن در کلیه باعث بیماریهای کلیوی می شود. این آزمایش نشان داد که مقادیر مس در میوه، برگ، شاخه، و ریشه ها بترتیب (3/0-10/6)، (2/0-10/6)، (1/8-5/4)، (2/2-4/2) میلیگرم / کیلوگرم بود؛ که نسبتا کم و در بسیاری موارد از حد مجاز توصیه شده کمتر بود (جداول 2 تا 5).

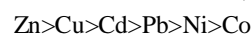
تجمع سرب نیز در اندام های پسته بندرت از حد مجاز توصیه شده تجاوز کرد؛ میزان این عنصر در میوه، برگ، شاخه ها و ریشه پسته به ترتیب (1/1-1/7)، (1/4-4/2)، (1/3-3/2)، (1/4-2/5)، میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. غلظت عناصری مثل کبالت، نیکل و عناصر دیگر در اندامهای مختلف پسته اوحدی از میزان مجاز تجاوز نمی کند (جداول 2 تا 5) (طبق نظریه نریاگو و پاسینا، 1988، غلظت نیکل اگر بیش از حد مجاز در غذاها باشد کشنده است).

بحث

تجمع عناصر سنگین در اندام های مختلف پسته رقم اوحدی (میوه، برگ، ساقه، ریشه) که با فاضلاب تصفیه شده آبیاری شده بود در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که، میزان عناصر در میوه بترتیب؛ روی = 20/700؛ مس = 6/871؛ کادمیوم = 3/529 و سرب = 1/471؛ نیکل = 0/52؛ کبالت = 0/0534 میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک بود. غلظت عناصر روی؛ کامیوم در میوه پسته از میزان مجاز توصیه شده این عناصر، توسط ASTAR (1993) بیشتر بود.

در برگ ها که قسمت خوراکی پسته نیست غلظت عناصر روی = 12/60؛ مس = 7/729؛ کادمیوم = 6/516؛ سرب = 2/443؛ نیکل = 0/096؛ کبالت = 0/093 میلی گرم بر هر کیلوگرم ماده خشک بود. در شاخه و ریشه پسته نشان دهنده آن است که در آبیاری با فاضلاب؛ این عناصر از خاک و آب جذب ریشه ها شده و در همه اندامها تجمع می یابند، تجمع این عناصر در میوه پسته اهمیت بیشتری دارد و نباید از حد مجاز تجاوز کند و احتمال افزایش تجمع این مواد در میوه

Zn>Cd>Pb>Ni>Co و با توجه به جدول 4 در ریشه های پسته عبارت بود از:



جدول شماره 6 نشان می دهد که سطح عناصر Zn و Cd بالاتر از حد مجاز در قسمت های خوراکی میوه ها یا سبزی ها است که توسط ATSDR (آژانس ثبت مواد سمی و بیماریهای وزارت بهداشت آمریکا اعلام گردیده، 1993)

با توجه به جداول شماره 2 تا 5 غلظت عناصر سنگین در اندامهای مختلف درختان پسته و میوه پسته مشاهده می شود که غلظت عناصر Zn و Cd، Cu، Pb در همه اندام های پسته بالاتر از حد مجاز بود؛ در مورد عنصر روی تمام اندام های درخت؛ غلظتی بیش از حد مجاز را نشان دادند؛ فقط در چند نمونه میزان این عنصر کمتر از حد مجاز بود؛ این غلظت در میوه، برگ، شاخه ها و ریشه ها به ترتیب (8/0-23/3)، (16/0-77/7)، (6/1-20/5)، (13/2-26) میلی گرم / کیلوگرم بود؛ بنابراین می توان نتیجه گرفت که عنصر روی بوسیله پسته جذب شده و در بخش های خوراکی و غیرخوراکی پسته تجمع یافته است. طبق نظر فاسمیر (1990) روی اضافی در بدن انسان می تواند اثرات مسمومیتی حاد و مزمن را ایجاد کند؛ اما نه از طریق مواد طبیعی در غذا، بلکه از طریق مصرف بیش از حد قرص ها یا کپسول های روی. اثرات حاد مسمومیت با روی (200 میلی گرم در کیلوگرم یا بیشتر) باعث ناراحتی های معده، سرگیجه، تهوع، استفراغ، انقباض و درد ماهیچه های شکمی و اسهال خونی می شود. اثرات مزمن این عنصر (بین 300 - 100 میلیگرم روی - روزانه) در افراد بالغ باعث کاهش ایمنی بدن و کلسترول HDL و نیز کاهش اثرات و فعالیت عنصر مس در بدن است.

برای عنصر کادمیوم؛ پتانسیل وجود آن در خاک و آب بیشتر است؛ در این تحقیق میانگین اندازه گیری شده این عنصر در میوه، برگ، شاخه ها و ریشه پسته بترتیب (1/8-5/6)، (5/0-13/5)، (0/0-11/2)، (8/7-17/2) میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک می باشد. طبق نظر ATSDR

پسته، ریسک خطرات احتمالی را افزایش خواهد داد؛ یکی از راههای مصرف فاضلاب در درختان پسته می تواند مخلوط کردن آن با آب آبیاری به نسبتهای متفاوت باشد که دراین تحقیق انجام شد؛ البته در مواردی آبشویی خاک

جدول شماره 1- نتایج تجزیه شیمیائی خاک؛ قبل از آبیاری با فاضلاب (الف) و بعد از 3 سال آبیاری با فاضلاب (ب)

| Na (ppm) | Ca (ppm) | Mg (ppm) | HCO ₃ (ppm) | So (ppm) | Cl (ppm) | Sp (%) | No ₂ (%) | No ₃ (%) | خاک |
|----------|----------|----------|------------------------|----------|----------|--------|---------------------|---------------------|---------|
| 1698 | 1842/8 | 220/23 | 137/2 | 2274 | 2923 | 30 | 1/38 | 2/18 | خاک الف |
| 4553 | 3659/1 | 567/8 | 274/5 | 1957/2 | 11164 | 32 | 1/24 | 230 | خاک ب |

| pH | EC | C (%) | K (ppm) | P (ppm) | Fe (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | Cu (ppm) | SAR ¹ | خاک |
|------|------|-------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|------------------|---------|
| 7/47 | 12/9 | 0/17 | 227 | 19 | 1/06 | 4/75 | 1/72 | 1 | 2/69 | خاک الف |
| 7/42 | 34/6 | 0/19 | 269 | 40 | 1/17 | 8/5 | 1/16 | 1/1 | 3/22 | خاک ب |

جدول شماره 2- غلظت عناصر سنگین درمیوه درخت پسته واریته اوحدی (میلی گرم/گرم ماده خشک) پس از آبیاری با فاضلاب

| شماره تیمار آبیاری | Co | Cd | Pb | Mn | Ar | Na | Cu | Zn | K | Mg | Ni | % آب فاضلاب |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------------|
| 1 | 0/05 | 5/6 | 1/5 | 6/2 | 0 | 0/046 | 8/3 | 21/9 | 16/92 | 1/91 | 0/68 | 0/0 |
| 2 | 0/03 | 5/5 | 1/7 | 4/3 | 0 | 0/037 | 3 | 13/2 | 13/76 | 1/55 | 0/31 | 50/0 |
| 3 | 0/03 | 2/4 | 1/7 | 6/4 | 0 | 0/037 | 6/9 | 24/3 | 15/21 | 2/05 | 0/49 | 83/3 |
| 4 | 0/03 | 3/5 | 1/4 | 4 | 0 | 0/041 | 5/7 | 17/9 | 14/32 | 1/61 | 0/42 | 100/0 |
| 5 | 0/03 | 2/4 | 1/3 | 5/5 | 0 | 0/034 | 4 | 17/5 | 9/79 | 1/73 | 0/57 | 16/7 |
| 6 | 0/03 | 3/5 | 1/6 | 5/9 | 0 | 0/034 | 9/6 | 26 | 15/8 | 1/93 | 0/51 | 66/7 |
| 7 | 0/04 | 1/8 | 1/1 | 6/3 | 0 | 0/045 | 10/6 | 24/1 | 16/12 | 1/7 | 0/66 | 33/3 |
| Mean | 0/034 | 3/529 | 1/471 | 5/514 | 0 | 0/039 | 6/871 | 20/700 | 14/560 | 1/783 | 0/520 | |
| St.Dev | 0/007 | 1/400 | 0/205 | 0/909 | 0 | 0/005 | 2/618 | 4/283 | 2/185 | 0/170 | 0/121 | |

جدول شماره 3- غلظت عناصر سنگین در برگ درخت پسته رقم اوحدی (میلیگرم برگرم ماده خشک) پس از آبیاری با فاضلاب

| شماره تیمار آبیاری | Co | Cd | Pb | Mn | Ar | Na | Cu | Zn | K | Mg | Ni | % آب فاضلاب |
|--------------------|-------|-------|-------|--------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------------|
| 1 | 0/23 | 11/5 | 2/8 | 14/7 | 0 | 0/19 | 6/3 | 10/4 | 8/51 | 2/94 | 0/67 | 0/0 |
| 2 | 0/09 | 12/4 | 2/4 | 15 | 0 | 0/167 | 2/8 | 7/7 | 6/28 | 5/94 | 0 | 0/50 |
| 3 | 0/08 | 13/5 | 4/2 | 24/6 | 0 | 0/154 | 12/3 | 20/5 | 10/69 | 8/07 | 0 | 83/3 |
| 4 | 0/08 | 10 | 2/5 | 14 | 0 | 0/318 | 10/6 | 13/5 | 12/87 | 5/16 | 0 | 100/0 |
| 5 | 0/09 | 5 | 1/5 | 12/9 | 0 | 0/949 | 2 | 6/1 | 8/61 | 6/43 | 0 | 16/7 |
| 6 | 0/08 | 5/6 | 1/4 | 17/3 | 0 | 0/293 | 10/4 | 15/1 | 7/04 | 6/9 | 0 | 66/7 |
| 7 | 0 | 7/1 | 2/3 | 19/5 | 0 | 0/532 | 9/7 | 14/9 | 8/57 | 4/74 | 0 | 33/3 |
| Mean | 0/093 | 9/300 | 2/443 | 16/857 | 0 | 0/372 | 7/729 | 12/600 | 8/939 | 5/740 | 0/096 | |
| St.Dev | 0/063 | 3/153 | 0/863 | 3/762 | 0 | 0/265 | 3/767 | 4/565 | 2/057 | 1/534 | 0/234 | |

¹. Sodium Absorption Ratio

جدول شماره 4- غلظت عناصر سنگین در ریشه درخت پسته رقم اوحدی (میلی گرم بر گرم ماده خشک) پس از آبیاری با فاضلاب

| شماره تیمار | %آب | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|----|--------|-------|--------|-------|
| آبیاری | Ni | Mg | K | Zn | Cu | Na | Ar | Mn | Pb | Cd | Co |
| 1 | 0/11 | 2/04 | 2/76 | 12 | 3/7 | 0/975 | 0 | 17/3 | 1/4 | 16/5 | 0/74 |
| 2 | 0 | 2/39 | 3/63 | 8 | 4/2 | 0/609 | 0 | 16/2 | 1/9 | 14/9 | 50/0 |
| 3 | 0/12 | 1/45 | 4/64 | 20/2 | 2/9 | 0/215 | 0 | 13/3 | 1/7 | 8/7 | 83/3 |
| 4 | 0/04 | 1/54 | 5 | 20/2 | 3/8 | 0/087 | 0 | 25/4 | 1/9 | 12/9 | 100/0 |
| 5 | 0/06 | 1/45 | 3/17 | 7/2 | 2/2 | 0/508 | 0 | 10/4 | 2/1 | 12/4 | 16/7 |
| 6 | 0/24 | 1/79 | 5/98 | 73/3 | 2/9 | 0/639 | 0 | 27/1 | 1/9 | 17/2 | 66/7 |
| 7 | 0 | 1/73 | 3/27 | 15/1 | 4/1 | 0/454 | 0 | 18/9 | 2/5 | 15/2 | 33/3 |
| Mean | 0/081 | 1/770 | 4/064 | 15/143 | 3/400 | 0/496 | 0 | 18/371 | 1/914 | 13/971 | 0/317 |
| St.Dev. | 0/078 | 0/320 | 1/082 | 5/876 | 0/689 | 0/270 | 0 | 5/619 | 0/314 | 2/688 | 0/423 |

جدول شماره 5- غلظت عناصر سنگین در شاخه درخت پسته رقم اوحدی (میلی گرم بر گرم ماده خشک) پس از آبیاری با فاضلاب

| شماره تیمار | %آب | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|----|--------|-------|-------|-------|
| آبیاری | Ni | Mg | K | Zn | Cu | Na | Ar | Mn | Pb | Cd | Co |
| 1 | 0 | 1/35 | 8/13 | 17 | 4/1 | 0/166 | 0 | 24/1 | 3/2 | 11/1 | 0/0 |
| 2 | 0 | 1/93 | 4/13 | 16 | 1/8 | 0/165 | 0 | 24 | 2/1 | 10/7 | 50/0 |
| 3 | 0 | 1/69 | 6/85 | 21 | 2/1 | 0/101 | 0 | 24 | 1/8 | 5/4 | 83/3 |
| 4 | 0/22 | 2/77 | 5/7 | 18/7 | 3/7 | 3/719 | 0 | 30/3 | 2/3 | 0 | 100/0 |
| 5 | 0 | 1/75 | 5/8 | 11/9 | 1/9 | 0/199 | 0 | 9/9 | 1/3 | 0 | 16/7 |
| 6 | 0/05 | 2/5 | 5/2 | 77/7 | 5/4 | 0/111 | 0 | 57/4 | 2 | 11/2 | 66/7 |
| 7 | 0 | 0/97 | 5/67 | 24/6 | 3/9 | 0/175 | 0 | 26/2 | 2 | 0 | 33/3 |
| Mean | 0/39 | 1/581 | 5/926 | 26/700 | 3/271 | 0/665 | 0 | 27/986 | 2/100 | 5/486 | 0/034 |
| St.Dev. | 0/076 | 0/578 | 1/171 | 21/144 | 1/266 | 1/248 | 0 | 13/351 | 0/535 | 5/094 | 0/084 |

جدول شماره 6- میانگین غلظت عناصر سنگین در اندام های مختلف درخت پسته اوحدی (میلی گرم بر گرم ماده خشک) پس از آبیاری با فاضلاب

| عناصر اندامها | Ni | Mg | K | Zn | Cu | Na | Ar | Mn | Pb | Cd | Co |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| میوه | 0/52 | 1/783 | 14/560 | 20/70 | 6/871 | 0/039 | 0/000 | 5/514 | 1/471 | 3/529 | 0/034 |
| برگ | 0/096 | 5/740 | 8/939 | 12/600 | 7/729 | 0/372 | 0/000 | 16/857 | 2/443 | 9/300 | 0/093 |
| شاخه | 0/034 | 1/851 | 5/926 | 26/700 | 3/271 | 0/662 | 0/000 | 27/986 | 2/100 | 5/486 | 0/039 |
| ریشه | 0/317 | 1/770 | 4/064 | 15/413 | 3/400 | 0/498 | 0/000 | 18/371 | 1/914 | 13/971 | 0/081 |

منابع مورد استفاده:

- 1) ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 1993. Toxicological Profile for Cadmium Atlanta. U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service.
- 2) Bouldin, D.R., 1997. Why guidelines for beneficial use of sluges are different and estimates of alternatives. Soil Science Society of North Carolina Proceedings, Vol. XXXX.
- 3) Bradford, A., Brook, R. and Hunshal, C., 2003. Wastewater irrigation. Inter. Symp.on Water, Poverty and Productive. 21-23 Jan. Muldersdrift, South Africa.
- 4) Carrillo, G.R. and Cajuste, L. J., 1992. Heavy metals in soils and alfalfa irrigated with three sources of wastewater. *Envir. Sci. and Health J., Part-A – Envir. Sci and Eng.*27(7):1771-1783.
- 5) Elsokkary, T. H. and Sharaf, A. I., 1990. Enrichment of soils and plant irrigated by wastewater by zinc and cadmium. *Egyptian J. of Soil Sci.* 36(1-4)219-232.
- 6) Fosmire, G., Zinc Toxicity. *Am. J.Clin. Nutr.* 51:225-227. 1996.
- 7) Giusquiani, P. L., Maruchini, C. and Busineli, M., 1998. Chemical properties of soil amended with compost of urban waste, *Plant Soil* 109:73-79,
- 8) Hallmark W. B., Brown, L. P., Viator, H. P., Habetz, R. J., Caldwell, W. D. and Cook, C.G., Kenaf: 1994. A new crop for Louisiana. *Louisiana Agr.*37(2).
- 9) Lumsden, R. D., Lewis, J. A., and Millner, P.D., 1983. Effect of composted sewage sludge on several soil bron pathogens and disease. *Phytopathology* 73:1543-1548.
- 10) Mays, D. A., and Girodano, P. M., 1988. Benefits from land application of municipal sewage sludge. *Circ.Z-238. TVA, Nat. Ferti. Devop. Cent. Muscle Shoals, Al.*
- 11) Meani, A. T., Al-Juburi, J. S., and Al- Hamadany, R. H., 1993. Effect of irrigation with wastewater on some micronutrients and heavy metals levels in calcareous soil Mijalat Zire Mesopotamia *Journal of Agric., Iraq*,25(4)27-35.
- 12) Nriagu, J. O. and Pacyna, J. M., 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soil by trace metals. *Nature*, 33:134-9.
- 13) Panaras, A. and Evgenidis, G., Corn irrigation with reclaimed municipal wastewater. *Global Nest. The Int. J.* 5: 3945, 2003.
- 14) Samaras, B. and C. D. Tsadialis., 1999. Recycling municipal wastes in agriculture. I: Sludge application to corn crop. R'99 Congress (Recovering, Recycling, Re-integration) (www.environmental-expert.com/even/r2000/r2000htm).
- 15) Sharma, R. K., Agrawal, M. and Marshall, F., 2007. Heavy metal concentration of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India *Ecotox. and Enviro. Safety* 66: 258-266.
- 16) Shuval, H. I., Yekutieli, p., and Fattal, B., 1985. Epidemiological evidence for Helminthand Cholera Transmission by vegetable irrigated with wastewater. Jerusalem – case study, *Water Sci Techn.*,1,4/5,433.
- 17) Tsadialis, C. D., 1999. Recycling municipal wastewater. R'99 Congress (Recovering, Recycling, Re-integration) (www.environmental-expert.com/events/r2000/r2000htm).