دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۷
http://arpe.gonbad.ac.ir

تاثیر پساب فاضلاب تصفیه شده شهری بر خصوصیات رشدی و عملکرد ذرت (*Zea mays* L.)

زهرا ابراهیمی[۱*]، دانیال سروری[۲]، عباس بیابانی[۳]
[۲،۱]عضو باشگاه پژوهشگران جوان، کارشناس‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بجنورد
[۳]دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۷

چکیده

مقدمه: کمبود آب، دفع پساب، نیاز به تولید بیشتر فرآورده‌های کشاورزی و صرفه‌جویی در مصرف کودهای سنتزی از جمله دلایل استفاده از پساب می‌باشد. از آنجایی که در مناطق خشک کره زمین، کمبود آب آبیاری آشکار است، به‌نظر می‌رسد یکی از روش‌های اقتصادی دفع پساب استفاده از آن در آبیاری است. کاربرد پساب در کشاورزی به‌عنوان جایگزینی مناسب برای آب آبیاری در بسیاری از موارد موفقیت‌آمیز بوده است. البته کاربرد پساب و لجن فاضلاب به‌عنوان آب آبیاری و کود باید با توجه به میزان عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین موجود در این مواد و هم‌چنین غلظت مجاز این عناصر در بافت گیاهان صورت گیرد. بدیهی است عواملی از قبیل خصوصیات خاک و نوع گیاه کشت شده در جذب، انتقال و انباشت عناصر سنگین موثراند.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر پساب فاضلاب تصفیه شده شهری بر عملکرد دانه، برخی شاخص‌های مهم زراعی و غلظت کادمیوم دانه ذرت تحت تاثیر آبیاری با غلظت های مختلف پساب فاضلاب شهری، پژوهشی در سال ۱۳۸۸ در شهرستان بجنورد انجام شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار به صورت کشت گلدانی بر روی ذرت رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ اجرا شد. تیمارهای این طرح شامل (T_1) پساب رقیق نشده (۱۰۰ درصد پساب)، (T_2) ۷۵ درصد پساب و ۲۵ درصد آب معمولی، (T_3) ۵۰ درصد پساب و ۵۰ درصد آب معمولی، (T_4) ۲۵ درصد پساب و ۷۵ درصد آب معمولی و (T_5) آب معمولی (شاهد) بود.

*نویسنده مسئول: agri.ebrahimi@gmail.com

نتایج: نتایج بدست آمده نشان داد که استفاده از پساب در آبیاری تاثیر معنی‌داری بر مقدار عنصر کادمیوم گیاه، نیتروژن، پروتئین و عملکرد دانه داشت، به‌طوری‌که با افزایش نسبت پساب از تیمار ۲۵ تا ۱۰۰ درصد مقدار عنصر کادمیوم در گیاه، نیتروژن دانه، پروتئین دانه و عملکرد دانه افزایش یافت. هر چند وزن هزار دانه، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و ارتفاع ساقه افزایش یافتند؛ اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری: نتایج بیانگر این بود که پساب را می‌توان به‌عنوان یک منبع آب برای آبیاری در نظر گرفت. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نیز نشان داد، اثر کاربرد پساب بر درصد نیتروژن و پروتئین دانه در تمامی تیمارها معنی‌دار بود. هر چند پساب باعث افزایش درصد نیتروژن و پروتئین دانه نسبت به شاهد شد؛ اما نتوانست مقدار نیتروژن و پروتئین دانه را به حد کفایت آن در دانه برساند (این مشکل را می‌توان با مصرف مواد آلی و کودهای نیتروژنه جبران کرد).

واژه‌های کلیدی: آبیاری، تصفیه، عملکرد دانه، کادمیوم

مقدمه

پساب فاضلاب عامل بسیار با ارزشی است که با مصرف مجدد نه تنها کاسته می‌شود، بلکه قسمتی از نیازهای آبی انسان را برطرف می‌سازد. بدین ترتیب مصرف مجدد آن باعث توسعه منابع آب می‌گردد (Hosseinian, 2001). کاربرد فاضلاب مواد آلی را برای خاک فراهم می‌کند و سبب چرخه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک می‌شود (Chang, 1984). کمبود آب، دفع پساب، نیاز به تولید بیشتر فرآورده‌های کشاورزی و صرفه‌جویی در مصرف کودهای سنتزی از جمله دلایل استفاده از پساب می‌باشد (Asadi and Filitabar, 1999). به‌دلیل وجود اراضی حاصلخیز در اطراف شهرها، بر اهمیت مصرف فاضلاب در بخش کشاورزی افزوده است (Bagheri, 2000). از آنجایی که در مناطق خشک کره زمین کمبود آب آبیاری آشکار است.

به‌نظر می‌رسد یکی از روش‌های اقتصادی دفع پساب استفاده از آن در آبیاری است (Bina *et al.*, 1993). عوارض ناشی از صدمات فلزات سنگین به محیط زیست، انسان را بر آن داشته تا علاوه‌بر دفع مواد مضر موجود در محیط زیست، اقدام به تصویب مقرراتی در جهت محدود کردن آلودگی ناشی از تخلیه پساب واحدهای صنعتی نماید (Akhavan Kharazian, 1990). کاربرد پساب در کشاورزی به‌عنوان جایگزینی مناسب برای آب آبیاری در بسیاری از موارد موفقیت‌آمیز بوده است. البته کاربرد پساب و لجن فاضلاب به‌عنوان آب آبیاری و کود باید با توجه به میزان عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین موجود در این مواد و هم‌چنین غلظت مجاز این عناصر در بافت گیاهان صورت گیرد. بدیهی است عواملی از قبیل خصوصیات خاک و نوع گیاه کشت شده در جذب، انتقال و انباشت عناصر سنگین موثراند (Bahrani and Masgarbasi, 1993).

وانگ و همکاران (Wang *et al.* 2003) گزارش کردند که آبیاری با پساب اختلاف معنی‌داری در pH و هدایت الکتریکی خاک‌های زراعی ندارد. ماندر (Munther, 2001) با بررسی اثر آبیاری با پساب تصفیه شده بر خصوصیات خاک در مصر به این نتیجه رسید که میزان هدایت الکتریکی در خاک‌های تیمار شده با پساب در تمام عمق های مورد بررسی بیشتر از خاک شاهد بود. مهیدا (Mahida, 1981) با اندازه‌گیری و تعیین درصد نمک نیمرخ خاک‌های آبیاری شده و آبیاری نشده با فاضلاب در جاهای گوناگون هند، نشان داد که شوری خاک در اثر آبیاری با فاضلاب چندان تغییر نمی‌کند.

پساب مقدار زیادی موجودات ذره‌بینی مانند ویروس‌ها و باکتری‌ها را نیز به همراه دارد. برخی از این موجودات ممکن است بیماری‌زا نیز باشند (Kloke *et al.*, 1984). پساب‌های تازه معمولاً حالتی خنثی و یا متمایل به قلیایی دارند. فاضلاب‌های صنعتی نسبت به فاضلاب‌های شهری خاصیت اسیدی یا قلیایی شدیدتری دارند (Monzavi, 1993). فاضلاب خام معمولاً pH حدود ۷ دارد و تغییر آن دال بر اختلاط فاضلاب صنعتی با آن است (Hosseinian, 2002). سینگ و بهاتی (Singh and Bahati, 2005) وجود احتمالی کاتیون های قلیایی از جمله Ca^{+2}، Mg^{+2}، K^{+} و Na^{+} را در فاضلاب دلیل بالا بودن pH آن و افزایش املاح در فاضلاب را علت افزایش EC ذکر نمود. مصرف فاضلاب گاهی اوقات شوری خاک را به حدی بالا می‌برد که جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در برخی از ایالات آمریکا، کشت‌زارهای آبیاری شده با پساب که در برخی از آن‌ها دوره آبیاری به ۵۶ سال هم رسیده، شوری هیچ‌گونه مشکلی در خاک و گیاه ایجاد نکرده است (Epstein, 1975; Kirkham, 1988).

استفاده از پساب در امر آبیاری به‌عنوان منبعی سرشار از منابع کودی مورد نیاز گیاه از سابقه طولانی در کشورهای مختلف برخوردار است (Feigin *et al.*, 1991). اگرچه ترکیب فاضلاب با توجه به فصل، مقدار بارندگی، فرهنگ مصرف، سطح صنعت و مواردی از این قبیل تغییر می‌کند، ولی همواره مقادیر نسبتاً زیادی از عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و کم‌مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) در آن وجود دارد (Kalbasi and Gandomkar, 1997). نیتروژن در ساختمان پروتئین، RNA، DNA و کلروفیل نقش اساسی دارد. فسفر نیز در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی، در ترکیبات انرژی‌زا و در مکانیسم‌های انتقال انرژی دخالت دارد. به‌علاوه فسفر جزئی از پروتئین سلول است (Malakoti and Gheybi, 2000). بخش عمده نیتروژن موجود در فاضلاب به‌صورت آلی و قبل از اینکه قابل جذب گیاه باشد باید از طریق فرآیندهای زیستی به نیتروژن معدنی تبدیل شود. افزایش عملکرد محصول و تولید بیوماس بیشتر در گیاه را می‌توان به میزان نیتروژن و فسفر موجود در فاضلاب نسبت داد (Afioni *et al.*, 1998). تحقیقات مختلف نیز نشان می‌دهند که پساب به‌دلیل دارا بودن شکل‌های مختلف نیتروژن به‌ویژه ترکیبات آلی این عنصر می‌تواند نقش بسزایی در تامین نیتروژن گیاه

داشته باشد (Safari Sanjabi, 1995; Saber, 1986; Ayers, 1985). براساس یافته‌های بوفیلز (Beaufils, 1973) اگر مقدار نیتروژن کمتر از ۱/۲۵ درصد باشد گیاه دچار کمبود نیتروژن می‌شود.

گارزان (Garzan, 1997) نشان داد که استفاده از پساب سبب افزایش محصول و تولید بیوماس گیاهان می‌شود. ایشان نیز وجود فسفر، نیتروژن و عناصر کم‌مصرف در پساب را برشمردند. استفاده از پساب به‌عنوان منابع آب آبیاری نه تنها بخشی از کمبود آب کشاورزی جبران می‌شود؛ بلکه از اثرات سو تخلیه بی‌رویه پساب‌ها و خسارات وارده آن به منابع کشاورزی و محیط زیست نیز جلوگیری می‌شود (Bahrani and Masgarbasi, 1993). با توجه به احداث تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری نیاز به بررسی اثرات پساب آن‌ها بر روی محصولات زراعی به شدت احساس می‌شود. رضوانی مقدم و میرزایی نجم‌آبادی (Rezvani Moghadam and Mirzaei Najmabadi, 2010) دریافتند که نسبت‌های مختلف آب چاه و فاضلاب تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد پنجه در هر بوته و عملکرد خشک ذرت، سورگوم و ارزن علوفه‌ای دارد. هدف از اجرای این آزمایش بررسی تاثیر کاربرد فاضلاب تصفیه شده شهری بر عملکرد دانه، برخی شاخص‌های مهم زراعی و غلظت کادمیوم دانه ذرت در بجنورد بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر پساب فاضلاب شهری بجنورد بر عملکرد دانه، برخی شاخص‌های مهم زراعی و غلظت کادمیوم دانه ذرت رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ در سال ۱۳۸۸، آزمایشی به‌صورت گلدانی (گلدان‌های با حجم نیم مترمکعب) و در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۵ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل T_1) پساب رقیق نشده (۱۰۰ درصد پساب)، T_2) ۷۵ درصد پساب و ۲۵ درصد آب معمولی، T_3) ۵۰ درصد پساب و ۵۰ درصد آب معمولی، T_4) ۲۵ درصد پساب و ۷۵ درصد آب معمولی و T_5) آب معمولی (شاهد) بود. خاک موردنظر از نظر طبقه‌بندی لومی شنی بود. خاک مورد نظر از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه آیش که در سال قبل زیر کشت غلات دیم بود، نمونه‌برداری گردید (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical properties of soil for experimental (0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	رس Clay (%)	سیلیت Silt (%)	شن Sand (%)	اسیدیته pH	شوری EC (dS/m)
لومی-سیلتی Loam-Silt	18	68	14	7.57	0.42

ادامه جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)

Continuation Table 1- Physical and chemical properties of soil for experimental (0-30 cm)

نیتروژن N (%)	فسفر P	پتاسیم K	سدیم Na	آهن Fe	منیزیم Mg	روی Zn	مس Cu	کادمیوم Cd
	(mg/kg)							
0.07	7.5	500	377	3.2	5.37	0.6	0.96	0.07

سپس نمونه‌ها با یکدیگر مخلوط شدند و به میزان لازم به گلخانه منتقل شدند. برای آماده کردن گلدان‌ها ابتدا نمونه خاک هوا خشک، از الک ۴ میلی‌متر عبور داده شد. در نهایت گلدان‌ها با خاک پر شدند و ذرت‌ها کشت شدند، سپس گلدان‌ها توسط تیمارها آبیاری شدند. آبیاری گلدان‌ها به صورت وزنی براساس ۴۰ درصد (ضریب تخلیه مجاز) ظرفیت نگهداری آب در خاک صورت گرفت به‌طوری که میزان آب مصرفی در هر گلدان و در هر دور آبیاری یکسان بود. عملیات آبیاری و وجین علف‌های‌هرز با دست انجام شد. هیچ نوع کود و سموم آفت‌کشی در این طرح استفاده نشد.

ارتفاع گیاه در پایان رشد رویشی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، نیتروژن دانه، اثر پساب بر درصد پروتئین دانه و کادمیوم دانه ذرت اندازه‌گیری شد. بعد از رسیدگی کامل ذرت، برداشت انجام شد، سپس نمونه‌های گیاهی به‌طور کامل توسط آب مقطر شسته شدند سپس ریشه، اندام هوایی و دانه هر گیاه جدا شد. وزن و تعداد هر کدام جداگانه تعیین و به داخل پاکت‌های کاغذی منتقل شدند. نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه‌دار در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نمونه‌های خشک شده به‌منظور تعیین عملکرد ریشه، اندام هوایی و وزن هزار دانه توزین شدند. برای اندازه‌گیری نیتروژن کل دانه ذرت از روش کجلدال و از دستگاه کجلدال (مدل PDU-VB500) استفاده گردید و برای اندازه‌گیری میزان کادمیوم گیاه از دستگاه جذب اتم استفاده شد. تجزیه آماری داده‌ها و رسم جداول با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS (نسخه ۹) و Excel صورت گرفت. میانگین داده‌ها به روش LSD در سطح احتمال آماری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه، وزن خشک ریشه و اندام هوایی: براساس جدول تجزیه واریانس(جدول ۲) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف از نظر خصوصیات ارتفاع گیاه، وزن خشک ریشه و اندام هوایی وجود نداشت. یافته‌های این پژوهش نشان داد اگرچه اختلاف معنی‌داری بین ارتفاع گیاه و وزن خشک ریشه و اندام هوایی در تیمارهای مختلف وجود نداشت، لیکن مقدار آن‌ها در تیمار ۱۰۰ درصد پساب (T_1)

بیشترین و تیمار شاهد کمترین میانگین را بین سایر تیمارها داشتند. دلیل این امر را می‌توان به رشد سریع‌تر و مطلوب‌تر ریشه در نتیجه ورود تدریجی مواد غذایی موجود در پساب به خاک نسبت داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه ذرت رقم ۷۰۴ تحت تاثیر سطوح مختلف پساب شهری

Table 2- Analysis of variance (MS) of studied traits of maize 704 cultivar under the influence of different levels of municipal wastewater

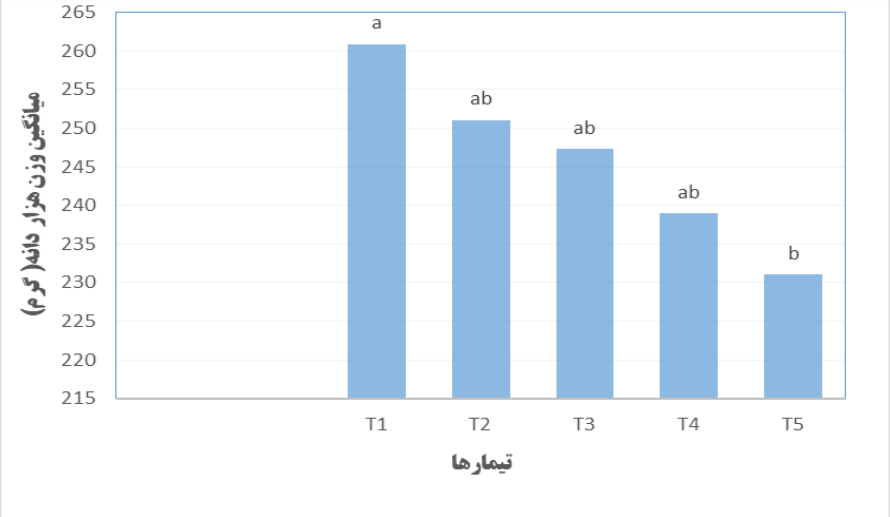
منبع تغییرات S.V.O.	درجه آزادی DF	ارتفاع گیاه Plant height	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن هزار دانه Weight of 1000 seed
فاضلاب wastewater	4	0.98^{ns}	0.5^{ns}	0.32^{ns}	1.9^{*}
خطا Error	9				

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

وزن هزار دانه: اثر تیمار بر وزن هزار دانه ذرت رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ معنی‌دار بود (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه (شکل ۱) تیمار T_1 با متوسط ۲۶۰/۹ گرم بیشترین میزان وزن هزار دانه را داشت و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد. تیمارهای T_2، T_3، و T_4 از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند و پس از تیمار T_1 قرار گرفتند و آبیاری با آب معمولی به‌طور معنی‌داری کمترین میزان وزن هزار دانه را تولید نمود.

نتایج حاکی از آن است که در تیمار T_1 به‌دلیل نزدیکی منبع آبیاری و مواد غذایی از جمله ازت، گیاه آب و مواد غذایی را بهتر جذب کرده است و در مرحله پرشدن دانه مواد غذایی بیشتری به دانه‌ها منتقل کرده و موجب افزایش وزن هزار دانه شده است. جذب آب پس از گرده‌افشانی نیز بر وزن هزار دانه اثر گذاشته است. واندرهوک و همکاران (Vanderhoek *et al.*, 2002) گزارش کردند که وجود آب کافی پس از دو تا سه هفته بعد از گرده‌افشانی که تعداد دانه‌ها مشخص می‌شود صرفاً بر وزن هزار دانه اثر می‌گذارد.



شکل ۱- مقایسه میانگین وزن هزار دانه ذرت در تیمارهای مختلف

Figure 1- Mean comparisons of seed 1000 weight of maize in difference treatments (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر درصد نیتروژن دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین (شکل ۲). عملکرد دانه مربوط به تیمار T_1 (۱۰۰ درصد پساب) معادل ۳۲/۰۸ گرم در گلدان و کمترین مقدار عملکرد در تیمار آبیاری با آب معمولی (شاهد) ۱۵/۱ گرم در گلدان مشاهده گردید.

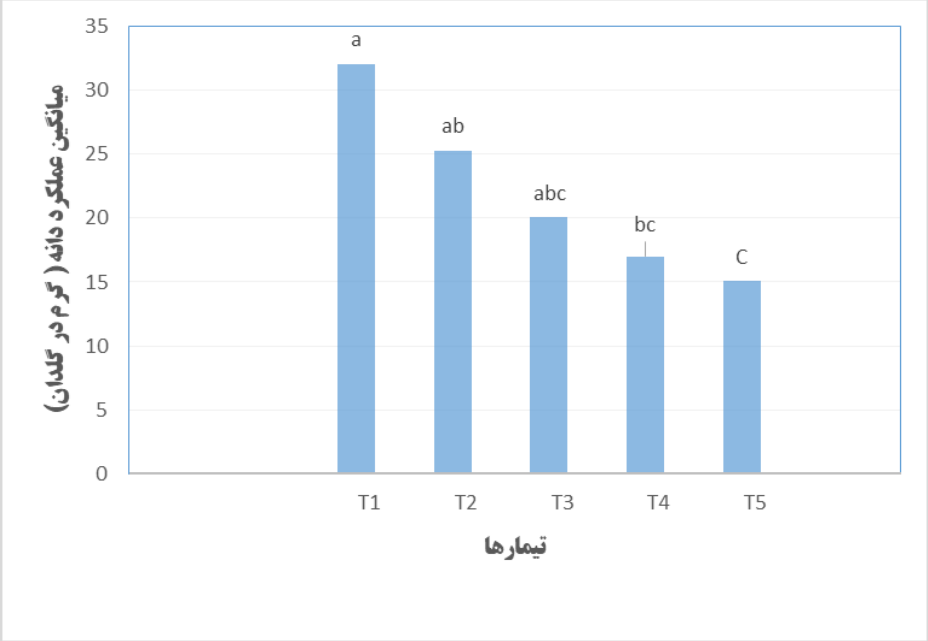
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه ذرت رقم ۷۰۴ تحت تاثیر سطوح مختلف پساب شهری

Table 3- Analysis of variance (MS) of studied traits of maize 704 cultivar under the influence of different levels of municipal wastewater

منبع تغییرات S.V.O.	درجه آزادی DF	عملکرد دانه Seed yield	نیتروژن دانه Seed nitrogen	پروتئین دانه Seed protein	کادمیوم اندام هوایی Shoot Cd
فاضلاب Wastewater	4	4.1^{*}	18^{**}	17.5^{**}	32.65^{**}
خطا Error	9				

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

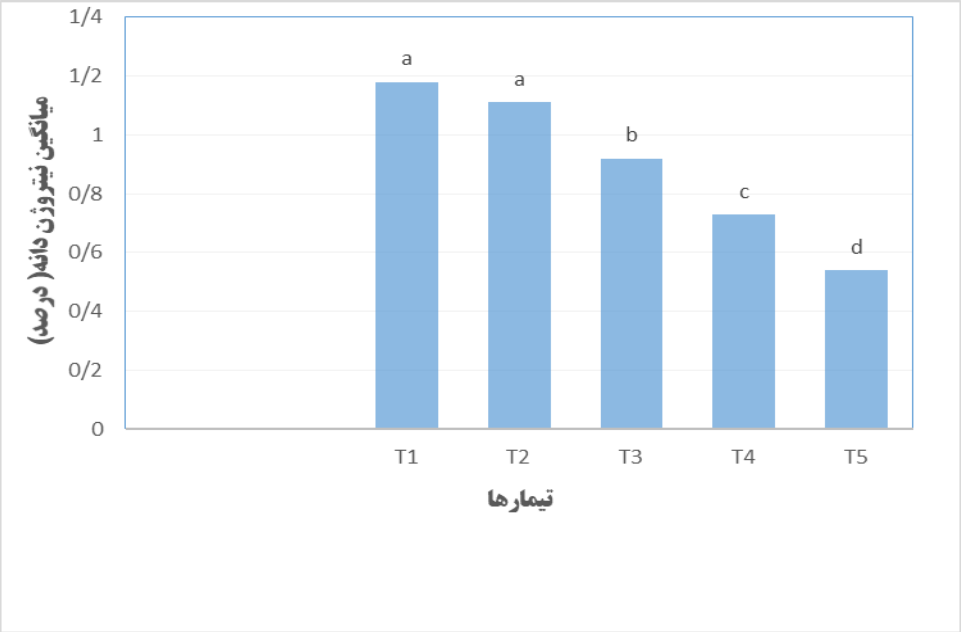


شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه ذرت در تیمارهای مختلف

Figure 2- Mean comparisons of seed yield of maize in difference treatments
(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

استرانگ (Strong, 1982) و سالوا (Salwau, 1994) بیان کردند که کمبود نیتروژن باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد ماده خشک، شاخص برداشت و مقدار پروتئین گردید. ارنست و نلیس (Ernest and Nelisse, 2000) رابطه بین غلظت فلزات سنگین در خاک و مراحل مختلف رشد چغندر لبویی نشان داد که در مرحله جوانه‌زنی، بین غلظت فلزات در محلول خاک با رشد جوانه ارتباط معنی‌داری وجود نداشت؛ ولی در مرحله دوم رشد (بعد از جوانه‌زنی تا گل‌دهی)، غلظت روی در ریشه و ساقه نسبت به مرحله اول افزایش قابل توجهی داشته است. در مرحله سوم رشد (فاز زایشی) نیز رابطه معنی‌داری بین غلظت فلزات سنگین در خاک و تولید مثل وجود نداشت. فیتز پاتریک و همکاران (Fitzpatrick and *et al*., 1986) با بررسی تاثیرات آبیاری با فاضلاب تصفیه شده روی رشد ۲۰ گونه گیاه زینتی به این نتیجه رسیدند که ۴ گونه از ۲۰ گونه آبیاری شده با فاضلاب افزایش رشد داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که گونه‌های گیاهی مختلف واکنش یکسانی به آبیاری با فاضلاب تصفیه شده نشان نمی‌دهند.

درصد نیتروژن دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر درصد نیتروژن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد (شکل ۳) که بیشترین درصد نیتروژن مربوط به تیمار T_1 (۱۰۰ درصد پساب) بود که مقدار آن ۱/۱۸ درصد می‌باشد و کمترین درصد نیتروژن در تیمار T_5 (شاهد) ۰/۵۴ درصد بدست آمد.



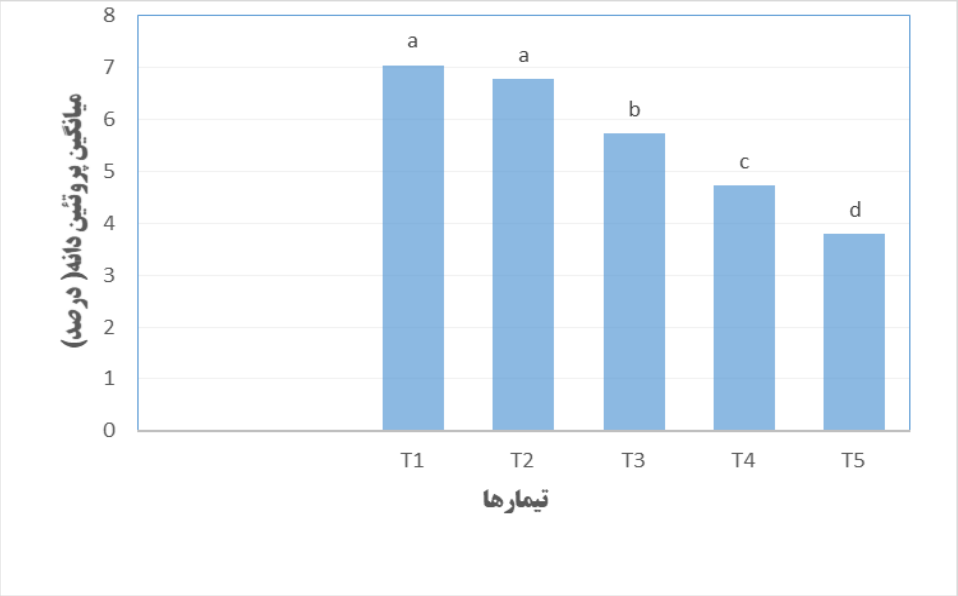
شکل ۳- مقایسه میانگین نیتروژن دانه ذرت در تیمارهای مختلف

Figure 3- Mean comparisons of seed nitrogen of maize in difference treatments
(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

سینگ و بهاتی (Singh and Bahati, 2005) گزارش کردند که تجمع نیتروژن در تیمارهای آبیاری شده با فاضلاب نسبت به تیمار آبیاری با آب رودخانه بیشتر بود. تحقیقات مختلف نیز نشان می‌دهند که پساب به‌دلیل دارا بودن شکل‌های مختلف نیتروژن به ویژه ترکیبات آلی این عنصر می‌تواند نقش بسزایی در تامین نیتروژن گیاه داشته باشد (Safari Sanjabi, 1995; Ayers and Westcot, 1985; Saber, 1986). حداقل نیمی از نیتروژن موجود در پساب به شکل‌های آلی بوده که به‌صورت تدریجی و پس از معدنی شدن در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Somers *et al*., 1976). افزایش عملکرد محصول و تولید بیوماس بیشتر در گیاه را می‌توان به میزان نیتروژن و فسفر موجود در

فاضلاب نسبت داد (Afioni *et al.*, 1998). گیاهانی مانند میوه‌های هسته دار، مرکبات، انگور و چغندر که با پساب آبیاری شده بودند در مقایسه با گیاهان آبیاری شده با آب چاه از کیفیت پایین‌تری برخوردارند. گفته می‌شود که این کاهش گیاهان به افزایش پیوسته نیتروژن در دوره رشد و نمو گیاه وابسته است (Suzuki *et al.*, 1992). علیرغم این کاربرد پساب باعث افزایش درصد نیتروژن دانه شده است؛ اما این افزایش نتوانسته است نیاز دانه را به نیتروژن برآورده کند. در نتیجه مصرف کودهای نیتروژنه همراه با پساب ضروری است.

درصد پروتئین دانه: نتایج نشان می‌دهد که مصرف سطوح مختلف پساب بر درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین (شکل ۴) نشان داد که تیمار T_1 (۱۰۰ درصد پساب) با ۷/۰۴ درصد بیشترین مقدار پروتئین دانه را دارد و مقدار پروتئین دانه در تیمارهای T_2 تا T_5 به‌ترتیب ۶/۷۸، ۵/۷۳، ۴/۷۳ و ۳/۸ بدست آمد. علت کمبود پروتئین دانه در این آزمایش کمبود نیتروژن در گیاه است. بحرانی و مسگرباشی (Bahrani and Masgarbasi, 1993) دریافتند که کاربرد نیتروژن در اواخر دوره رشد گیاه غلظت پروتئین دانه را افزایش می‌دهد. مصرف کود نیتروژنه به‌ویژه در مرحله خوشه رفتن، پروتئین را افزایش می‌دهد.

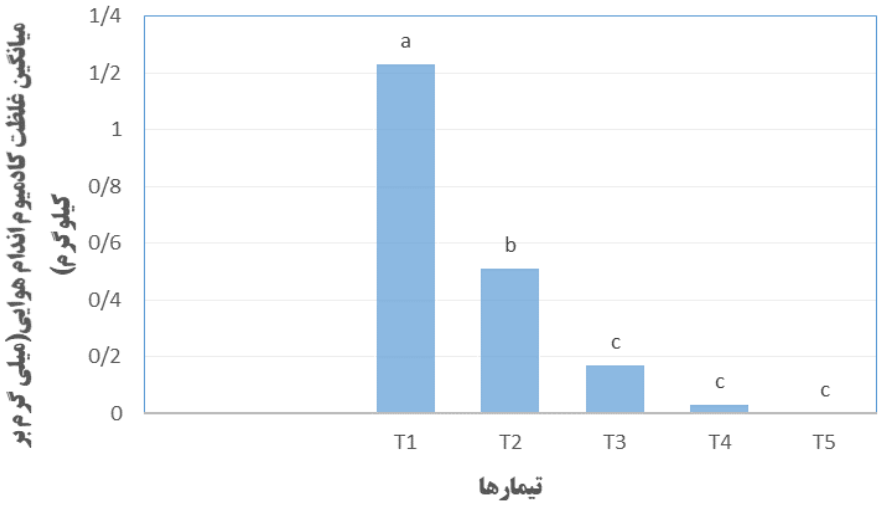


شکل ۴- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه ذرت در تیمارهای مختلف

Figure 4- Mean comparisons of seed protein percentage of maize in difference treatments (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

غلظت کادمیوم اندام هوایی: در این تحقیق کاربرد سطوح مختلف پساب فاضلاب شهری بر روی غلظت کادمیوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار T_1 (پساب رقیق نشده) بیشترین تجمع کادمیوم و تیمار T_5 (شاهد) کمترین تجمع کادمیوم را نشان دادند (شکل ۵). حد سمیت کادمیوم در اندام هوایی گیاهان بین ۵ تا ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Athar and Shashi, 2004).

در این تحقیق، میانگین غلظت کادمیوم اندازه‌گیری شده در گیاه خیلی کمتر از این حد بود. کادمیوم پس از جذب، در گیاه متحرک بوده و به آسانی به اندام های هوایی می‌رسد (Kabata-Pendias, 2000). انتقال سریع کادمیوم از ریشه به اندام هوایی و به‌ویژه برگ‌ها در گیاهان مختلف به وضوح دیده شده است (Millis *et al.*, 2004) که موید نتایج این تحقیق می‌باشد. تجمع عناصر سنگین در اندام هوایی گیاهان به غلظت آن‌ها در محیط ریشه گیاهان بستگی دارد (Khaiam bashi, 1997). ایپ استین و همکاران (Epstein *et al.*,1976) و چانی و همکاران (Chaney *et al.*, 1980) گزارش کردند که مقدار جذب کادمیوم توسط گیاهان با افزایش مقدار فاضلاب اضافه شده به خاک افزایش می‌یابد.



شکل ۵- مقایسه میانگین غلظت کادمیوم اندام‌های هوایی ذرت در تیمارهای مختلف

Figure 5- Mean comparisons of cadmium concentration of maize in difference treatments (Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نیز نشان داد، اثر کاربرد پساب بر درصد نیتروژن و پروتئین دانه در تمامی تیمارها معنی دار بود. هر چند پساب باعث افزایش درصد نیتروژن و پروتئین دانه نسبت به شاهد شد؛ اما پساب نتوانست مقدار نیتروژن و پروتئین دانه را به حد کفایت آن در دانه برساند (این مشکل را می توان با مصرف مقدار اندکی مواد آلی و کودهای نیتروژنه جبران کرد). به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استفاده از پساب فاضلاب شهری با توجه به کمبود آب و هم‌چنین بحران آن در مناطق خشک امری الزامی و حیاتی است، هم‌چنین بررسی نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که پساب اثر زیان‌آوری روی ذرت نداشته است. بنابراین پساب را که دارای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف می‌باشد می‌توان به عنوان یک منبع آبیاری در نظر گرفت.

منابع

Afioni M., Rezai Nejad Y., Khaiam Bashi B. 1998. Performance of sewage sludge and heavy metals uptake by the lettuce and spinach. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2: 19-30. (In Persian).

Akhavan Kharazian M. 1990. Introduction to agriculture in Zayandeh Rood basin. IMT Publication, University of Isfahan Press, 180 p. (In Persian).

Asadi M., Filitabar H. 1999. Effect of pollution intensity of soils by heavy metals and their determination in sewage irrigated crops. Soil and Water Research Institute, 62: 5. (In Persian).

Athar M., Shashi B. 2004. Heavy metals and environment. Department of medical elementology and toxicology. Faculty of Science Jamie Hamadard, New Delhi, India, 450 p.

Ayers R.S., Westcot D.W. 1985. Water Quality for Agriculture. FAO, Irrigation and Drainage Paper, Rome, 29, 174 p.

Bagheri M. 2000. Effects of wastewater and irrigation systems on some physic-chemicals properties and soil pollution under multi sown crops. M.Sc. Thesis, Isfahan University, 120 p. (In Persian).

Bahrani J., Masgarbasi M. 1993. Effects of top-dressed applied nitrogen fertilizer on yield and grain protein of two wheat cultivars in Ahvaz. Agricultural Sciences of Iran, 24 (2): 58-67. (In Persian).

Beaufils E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system. DRIS. A general scheme for experimentation and calibration. UNIV., Natal Pietermaritzburg, South Africa, 132 p.

Bina B., Tamson A.J., Oyson L.M. 1993. Study the effects of time-temperature on mortality rate of bacteria in infiltration systems of sewage. Journal of Water and Wastewater, 11: 2-8.

Brown P.H., Cakmak I., Zhang Q. 1993.Form and function of Zinc in plants. In: Zinc in Soil and Plants. Robson A.D. (Ed): 93-106. Kluwer Acadmic Publisher, Dordrecht, Netherland.

Chaney R.L., Munns T.B., Cathey H.M. 1980. Composted digested sewage sludge compost in supplying nutrients for soilless potting media. Journal of the American Society for Horticultural Science, 105: 485-492.

Chang A.C. 1984. Accumulation of heavy metal in sewage sludge treated soil. Journal of Environmental Quality, 13: 87-90.

Epstein E. 1975. Effect of sewage sludge on some soil physical properties. Journal of Environmental Quality, 4 (1): 139-172.

Epstein E., Taylor J.M., Chaney R.L. 1976. Effect of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. Journal of Environmental Quality, Pp: 422-427.

Erfani Agah A. 1999. Efficiency of treated home sewage for irrigation of lettuce and tomato. Seminar on bioenvironmental aspects of sewage utilization for irrigation, power ministry. Iranian National Committee of Irrigation and Drainage, Pp: 61-79. (In Persian).

Ernest W., Nelisse H. 2000. Life cycle phases of a zinc and cadmium resistant ecotype of *Silene vulgaris* in risk assessment of polymetallic mine. Soil Environmental Pollution, 107: 329-338.

Feigin A., Ravina I., Shalheret J. 1991. Irrigation with treated sewage effluent, Pub. by Springer-Verlag Berlin, Pp: 152-155.

Fitzpatrick G.E., Donselman H., Carter N.S. 1986. Interactive effects of sewage effluent irrigation and supplemental fertilization OM container grown trees. HortScience, 21 (1): 92-93.

Garzan A. 1997. Consequence of treated home sewage used for but irrigation. M.Sc. Thesis, Mashhad University, 146 p (In Persian).

Hosseinian M. 2001. Methods of Sewage Test. Ebad Saleh Publication, 85 p. (In Persian).

Hosseinian M. 2002. Reutilization of treated sewage in agriculture aquaculture industries - artificial recharge and groundwater. Oloome Roz Publication, 240 p. (In Persian).

James R., Kingaman G. 2006. Irrigation Water for Greenhouses and Nurseries. University of Arkansas Cooperative Extension Service.

Kabata-Pendias A. 2000. Trace elements in soil and plants. 3rd Edition. Boca Raton, CRC Press, New York, 413 p.

Kalbasi M., Gandomkar A. 1997. Effect of extract of garbage on yield and chemical composition of maize and effect of its residue on some soil properties. Journal of Agriculture Science and Natural Resources, 1: 41-53. (In Persian).

Khaiam Bashi B.1997. Effects of sewage sludge as fertilizer and heavy metal contamination and accumulation in soil and plants. M.Sc. Thesis of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Isfahan, (In Persian).

Khandkar U.R., Jain N.K., Shine D.A. 1992. Response of irrigated wheat to $ZnSO_4$ application in vertisol. Journal of Indian Society of Soil Science, 40: 399-400.

Kirkham M.B. 1988. Problems of using wastewater on vegetable crops. Horticulture Science, 21 (1): 24-27.

Kloke A., Sauerbek D.R., Vetter H. 1984. The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains, in changing metals cycles and human health. Nriagu, J.O. Dahlem. Conference, Springer Verlag, Berlin, Pp: 113-141.

Mahida U.N. 1981. Water pollution and disposal of wastewater on land. Tata-Mc Grow Hill Publishing Company, 323 p.

Malakoti M., Gheybi M.N. 2000. Determination of critical level of nutritional elements in soil, plants and fruits. Agricultural Education Publication, 92 p. (In Persian).

Millis P.R., Ramsag M.H., John E.A. 2004. Heterogeneity or cadmium concentration in soil as a source of uncertainty in plant and its implications for human health risk assessment. Science or the Total Environment, 326: 49-53.

Rezvani Moghadam P., Mirzaei Najmabad M. 2010. Effect of different sewage and water ratios on morphological traits, yield and yield components of four forage species. Iranian Journal of Field Crops Research, 7: 63-75.

Mirzashhi K. 2004. Effects of residues of phosphorus and potassium on wheat yield in maize-wheat rotation. Proceedings of New methods of wheat nutrition, Sana Publication, Pp: 353-369. (In Persian).

Monzavi M.T. 1993. Sewage Trating. Tehran University Publication, 267 p. (In Persian).

Munther K. 2001. Use of Treated wastewater for Irrigation in Madaba, Egypt, Pp: 299-302.

Saber M.S.M. 1986. Prolonged effect of land disposal of waste on soil conditions. Water Science Technology Journal, 18: 371-374.

Safari Sanjabi A. 1995. Consequence of irrigation by treated sewage on some chemical properties of soil in Barkhar region in Isfahan and accumulation of some elements in alfalfa. M.Sc. Thesis, Isfahan University, 112 p (In Persian).

Salardini A. 2003. Soil Fertility. Tehran University Publication, 401 p. (In Persian).

Salwau M.I.M. 1994. Effect of soil and foliar application of nitrogen levels on yield and yield components of wheat. Field Crop Abstract, 49: 21-92.

Shabanian Borojeni H. 2001. Effects of wastewater and sewage sludge factory Polyacryl concentrations of heavy metals on growth and some examples of

green space and wheat plants. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Technology. (In Persian).

Sharma N.P., Tripathi A., Bishat S.S., Tripathi A. 1994. Effect of Fe on transpiration and photosynthesis in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on sand culture. Indian Journal Experimental Biology, 32: 736-739.

Sheriff D.V., Nambiar E.K.S., Fife D.N. 1986. Retranslocation between nutrient status, carbon assimilation and water use efficiency in *Pinus radiate* D. DON needles. Tree Physiology, 2: 73-88.

Singh G., Bahati M. 2005. Growth of *Dalbergia sissoo* in desert regions of western India using municipal effluent and plant chemistry, Bio-resource Technology, 96: 1019-1023.

Somers L.E., Nelson D.W., Yost K.J. 1976. Variable nature of chemical composition of sewage sludge. Journal of Environmental Quality, 5 (3): 303-306.

Strong W.M. 1982. Effect of late application of nitrogen on the yield protein content of wheat. Aus. Journal of European Agriculture and Animal Husbandry, 22: 54-61.

Suzuki T., Katsuno K., Yamaura G.1992. Land application of waste Water using three types of trenches set in lysimeters and its mass balance of nitrogen. Water Resources, 26 (11): 1433-1444.

Vanderhoek W., Hassan M.U., Ensink J.H.J., Feenstra S., Raschid-Sally L., Munir S., Aslam R., Ali N., Hussain R., Matsuno Y. 2002. Urban Wastewater: A valuable resource for agriculture: A case study from Haroonabad, Pakistan. Institute Rresearch Rreport, Colombo, Sri Lanka, 63 p.

Wang Z., Chang A.C., Wu L., Crowley D. 2003. Assessing the soil quality of long-term reclaimed wastewater-irrigation crop land Geodenna. Journal Online at: http://www.elsevier.com/locate / geoderma, 114: 261-278.

Yarankopaie M. 2000. Effect of wastewater and irrigation system on yield of some crops. M.Sc. Thesis, Isfahan University, 120 p (In Persian).