

اثر فاضلاب تصفیه شده همراه با مقادیر مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت عناصر و عملکرد ذرت

ابوالفضل توسلی^۱ احمد قنبری^۲ مصطفی حیدری^۳ یوسف پای‌گذار^۴ یاسر اسماعیلیان^۵

(دریافت ۸۷/۷/۷ پذیرش ۸۹/۲/۱۴)

چکیده

به منظور بررسی اثرات استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه شهر زابل به همراه کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت عناصر مختلف و عملکرد علوفه و دانه ذرت، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل انجام گرفت. تیمار اصلی طرح شامل دو سطح W_1 : آبیاری با آب معمولی و W_2 : آبیاری با پساب خروجی تصفیه‌خانه شهر زابل بود. تیمار فرعی، پنج سطح کودی شامل F_1 : عدم کوددهی، F_2 : ۱۰۰ درصد کود دامی، F_3 : ۵۰ درصد کود دامی، F_4 : ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و F_5 : ۵۰ درصد کود شیمیایی را در بر داشت. نتایج نشان داد استفاده از پساب به طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد علوفه تازه، خشک و دانه ذرت نسبت به آبیاری معمولی می‌گردد. همچنین تیمار پساب، تأثیر معنی‌داری بر غلظت عناصر N، P و K در علوفه گیاه ذرت داشت اما تأثیر آن بر غلظت Zn، Mn و Fe معنی‌دار نبود. در بین تیمارهای کودی نیز، بالاترین عملکرد علوفه تازه، علوفه خشک و دانه و همچنین غلظت عناصر N، P و K از تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. بالاترین میزان غلظت عناصر Zn، Mn و Fe نیز در علوفه ذرت از تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: پساب تصفیه شده، کود دامی، کود شیمیایی، عملکرد، عناصر ماکرو و میکرو، ذرت

Effect of Treated Wastewater Combined with Various Amounts of Manure and Chemical Fertilizers on Nutrient Content and Yield in Corn

Abolfazal Tavassoli¹ Ahmad Ghanbari² Mostafa Heydari³
Yousef Paygozar⁴ Yaser Esmaeelian⁵

(Received Sep. 29, 2008 Accepted May. 4, 2010)

Abstract

In order to study the effects of treated wastewater combined with manure and chemical fertilizers on the nutrients content and forage yield in corn, field experiments were conducted in 2007. The experiments were conducted in a split plot design with three replications. The treatments were comprised of two levels of irrigation water (W_1 = well water and W_2 = wastewater) in the main plot and five levels of fertilizer (F_1 = unfertilized, F_2 = 100% manure, F_3 = 50% manure, F_4 = 100% fertilizer, and F_5 = 50% fertilizer) in the subplot. Results showed that, compared to ordinary water, irrigation with treated wastewater significantly increased fresh and dry forage yield of corn. The treatment using treated wastewater also had a significant effect on N, P, and K contents in corn forage. However, wastewater had no significant effect on plant Fe, Mn, and Zn contents. Among the fertilizer treatments, the highest fresh and dry forage yields and the highest N, P and K contents belonged to the treatments using 100% fertilizer. The highest Fe, Mn, and Zn contents were observed in plants in the treatment with 100% manure.

Keywords: Treated Wastewater, Manure, Chemical Fertilizer, Yield, Macro and Micro Nutrients, Corn.

1. Ph.D. Student of Crops Ecology, Dept. of Agriculture, Zabol University (Corresponding Author) 09151843249 Tavassoli_abolfazl@yahoo.com
2. Assoc. Prof. of Crops Ecology, Dept. of Agriculture, Zabol University
3. Assist. Prof. of Crops Physiology, Dept. of Agriculture, Zabol University
4. M.Sc. of Agronomy, Dept. of Agriculture, Zabol University
5. Ph. D. Student of Crops Ecology, Dept. of Agriculture, Zabol University

- ۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل (نویسنده مسئول) ۰۹۱۵۱۸۴۳۲۴۹ Tavassoli_abolfazl@yahoo.com
- ۲- دانشیار گروه اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
- ۳- استادیار فیزیولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
- ۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
- ۵- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

آزمایشی که روی ذرت و سورگوم و آفتابگردان انجام دادند، نشان دادند که مقدار عملکرد محصولات آبیاری شده با پساب در مقایسه با آبیاری با آب شیرین همراه با کود، بیشتر بوده است [۹]. در مطالعه‌ای که در هندوستان برای بررسی تأثیر کاربرد پساب بر عملکرد چند محصول زراعی صورت گرفت، گزارش شد که عملکرد گیاهان تحت آبیاری با انواع پساب بیشتر از عملکرد گیاهان تحت آبیاری با آب شیرین و کود بود. در بسیاری از این پژوهشها اشاره شده که علاوه بر اضافه شدن عناصر غذایی خاک توسط آبیاری با پساب، مواد آلی موجود در آنها نیز پس از ورود به خاک به وسیله میکروارگانیسمها تجزیه شده و باعث افزایش هوموس خاک و در نهایت بهبود خواص فیزیکی-شیمیایی و حاصلخیزی خاک می‌شود [۶ و ۱۰].

در این پژوهش با هدف بررسی امکان استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه شهر زابل در کشاورزی، اثر پسابهای مذکور همراه با مصرف مقادیر مختلف کودهای دامی و شیمیایی بر غلظت عناصر مختلف و عملکرد دانه و علوفه گیاه ذرت مورد مطالعه قرار گرفت.

۲- مواد و روشها

۲-۱- موقعیت و مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۷ متر از سطح دریا با خاکی با بافت لوم شنی انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک نشان داد که خاک محل آزمایش دارای pH برابر ۷/۴ و EC معادل ۱/۸ دسی زیمنس بر متر بود. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن جزء اقلیم‌های خشک و بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک است. بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه نیز این منطقه جزء مناطق گرم و خشک محسوب می‌شود. بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی زهک، میانگین دراز مدت ۳۰ ساله بارندگی در منطقه، ۶۳ میلی‌متر، میزان تبخیر سالیانه به‌طور متوسط ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌متر، میانگین ۳۰ ساله درجه حرارت منطقه ۲۳ درجه سلسیوس و حداقل حرارت ۷ درجه بود.

۲-۲- طرح آزمایشی مورد استفاده

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمار اصلی شامل دو سطح W_1 : آبیاری با آب معمولی و W_2 : آبیاری گیاهان با پساب تصفیه شده شهری بود. تیمار فرعی ۵ سطح کودی شامل F_1 : عدم کوددهی،

با توجه به کمبود مواد آلی در خاکهای مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین اثرات سوء ناشی از کشاورزی فشرده، استفاده از کودهای آلی مناسب، می‌تواند اثرات مفیدی بر خواص فیزیکی و تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه دربر داشته باشد. کمبود مواد آلی در خاکهای کشاورزی از یک سو و تولید انبوه مواد زائد و مشکلات زیست‌محیطی حاصل از آنها از سوی دیگر، ایجاد می‌کند که این مواد به نحو مطلوب و آگاهانه به‌عنوان کود آلی، مورد استفاده قرار بگیرند. یکی از این مواد آلی، پساب است. به‌طور کلی فاضلاب به ضایعات حاصل از مصرف آب در زندگی روزمره انسان شامل مصارف صنعتی، کشاورزی و خانگی گفته می‌شود که دارای ترکیب حدود ۹۹/۹ درصد آب و ۰/۱ درصد مواد جامد است [۱].

امروزه استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده شهری به‌عنوان یکی از منابع غیر متعارف آب و کود برای توسعه کشاورزی در نواحی خشک و نیمه‌خشک مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از این منبع در بخش کشاورزی توانسته است از طریق رفع بخشی از مشکلات کم‌آبی و کودهای مصرفی باعث افزایش تولید گردد و در بازیافت فاضلاب شهری به مسائل زیست‌محیطی کمک نماید [۲ و ۳]. پساب دارای مقادیر زیادی از عناصر غذایی است که می‌تواند در مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته و سبب افزایش عملکرد محصول گردد. تاکنون ارزش فاضلاب و پساب به‌عنوان تأمین‌کننده نیاز گیاهان به آب و عناصر غذایی در پژوهش‌های متعدد نشان داده شده است [۴ و ۵]. هم‌اکنون در کشورهای صنعتی و در حال توسعه، طرحهای استفاده از فاضلاب و پساب اجرا می‌گردد [۶].

قنبری و همکاران در سال ۱۳۸۵ در بررسی اثر آبیاری با پساب تصفیه شده شهری بر روی عملکرد و کیفیت گندم به این نتیجه رسیدند که آبیاری با پساب تصفیه شده شهری از لحاظ کمی باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و از لحاظ کیفی باعث افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود [۷]. علیزاده در سال ۱۳۷۵ گزارش کرد که تیمار آبیاری با فاضلاب در تمام مراحل رشد گیاه منجر به بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گیاه ذرت می‌شود. همچنین غلظت نیتروژن در تیمار آبیاری با پساب در تمام مراحل رشد گیاه بیشتر از سایر تیمارها است [۴]. فیضی در سال ۲۰۰۱ در پژوهشی در زمینه تأثیر آبیاری با فاضلاب بر روی تجمع برخی عناصر در خاک و گیاه در مدت ۸ سال گزارش داد که مقدار آهن و منیزیم در گیاه ذرت در مزارعی که با پساب آبیاری شده بودند، بیشتر بود [۸]. مونت و همکاران^۱ در سال ۱۹۹۲ در

^۱ Monte et al.

F₂: ۱۰۰ درصد کود دامی، F₃: ۵۰ درصد کود دامی، F₄: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و F₅: ۵۰ درصد کود شیمیایی را در برداشت.

جدول ۱ ارائه شده است.

۲-۴- روش تصفیه فاضلاب شهر زابل

فاضلاب شهر زابل با روش برکه‌های تثبیت، تصفیه می‌شود. این روش در مناطق گرم و آفتابی کاربرد بیشتری دارد زیرا تابش نور آفتاب سبب می‌شود که عمل فتوسنتز، اکسیژن مورد نیاز اکسیداسیون آلودگی فاضلاب را تأمین کند. علاوه بر این در روش تصفیه برکه‌های تثبیت، هیچ‌گونه لجن زائدی که قبل از دفع، نیاز به تصفیه خاصی داشته باشد، تولید نمی‌شود و کیفیت فاضلاب تصفیه شده آن در شمار کیفیت فاضلاب جدیدترین روشهای تصفیه است و به راحتی در آبیاری زمین‌های کشاورزی، پارک‌ها و غیره به کار می‌رود. تجربه نشان داده است که این روش تصفیه بهتر از سایر روشهای تصفیه فاضلاب در تقلیل کلیفرم‌ها مؤثر است [۱۱].

۲-۳- نحوه تأمین آب و پساب فاضلاب

در این پژوهش از پساب خروجی تصفیه‌خانه شهر زابل استفاده شد. به منظور انتقال پساب از تانکر ۱۰۰۰۰ لیتری استفاده شد. در هر مدار آبیاری، پساب لازم به مزرعه انتقال داده شد و مستقیماً به داخل گودالی که با پلاستیک عایق‌بندی شده بود، منتقل شد. پساب به وسیله پمپ کفکش و با استفاده از شیلنگ به کرت‌ها منتقل گردید. تمام آب مورد نیاز برای آبیاری، در همان روز مصرف و عملیات آبیاری برای تمامی کرت‌ها اجرا شد. برای آب معمولی (متعارف) از آب چاه استفاده شد. آبیاری در هر دو مورد یکسان و به روش غرقابی انجام گرفت. کیفیت فاضلاب مورد استفاده در

جدول ۱- کیفیت شیمیایی آب معمولی و پساب خروجی تصفیه‌خانه شهر زابل

پارامتر	واحد	آب معمولی	مرز استاندارد [۱۲]	پساب	مرز استاندارد [۱۳]
pH	-	۷/۲	۷/۶	۷/۹۵	۷/۶
هدایت الکتریکی	Ds/m	۲/۲	۲/۶۱	۳/۱	۲/۹۷
ازت کل	Mg/L ⁻¹	-	-	۲۳/۱۲	-
پتاسیم	Mg/L ⁻¹	۶/۷	-	۲۵/۲۷	-
فسفر	Mg/L ⁻¹	-	-	۱۱/۱	۴/۱
سولفات	Mg/L ⁻¹	۳۷۴/۴	۵۰۱/۱	۷۳۹/۲	-
سدیم	Mg/L ⁻¹	۲۵۳/۲	۸۹۹/۳۰	۹۱۰/۸۹	-
کلسیم	Mg/L ⁻¹	۱۱/۴۳	۲۰	۶/۲	-
منیزیم	Mg/L ⁻¹	۷/۵۳	۲/۹۵	۳/۳	-
کلر	Mg/L ⁻¹	۳۵/۳	<۱۴۲	۱۷/۷	-
آهن	Mg/L ⁻¹	۰/۰۱۵	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۳
روی	Mg/L ⁻¹	۰/۰۱۵	-	۰/۰۱۵	-
منگنز	Mg/L ⁻¹	۰/۰۳	-	۰/۰۵	-
بر	Mg/L ⁻¹	-	-	۳/۳	-
مس	Mg/L ⁻¹	-	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۲
کلیفرم‌های کل	MPN/100ml	-	-	۸۵	-
BOD ¹	Mg/L ⁻¹	-	-	۳۰	-
COD ²	Mg/L ⁻¹	-	-	۸۵	-

¹ Biological Oxygen Demand (BOD)

² Chemical Oxygen Demand (COD)

۲-۵- عملیات زراعی

هر کرت فرعی آزمایش شامل شش خط کشت به طول ۵ متر و به فاصله ۷۵ سانتی متر بود. فاصله بوته‌ها بر روی ردیف ۱۵ سانتی متر در نظر گرفته شدند. فاصله بین کرت‌های فرعی از یکدیگر ۷۵ سانتی متر و فاصله بین بلوک‌ها از هم ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. به هنگام تهیه زمین، مقدار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی یعنی مقدار ۱۰۰ درصد کود دامی و همچنین مقادیر ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار ازت از منبع اوره به کرت‌های آزمایش مربوطه داده شد. جدول ۲ آنالیز شیمیایی کود دامی را نشان می‌دهد. کود سرک در مرحله ۴-۵ برگری به میزان ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار و کود اوره به صورت نواری داخل شیار پای بوته‌ها، به کرت‌های آزمایشی مربوطه اضافه شدند (مقدار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی). عملیات کاشت محصول در تاریخ ۵ مرداد ۱۳۸۵ به صورت خشکه کاری صورت گرفت.

جدول ۲- نتایج تجزیه کود دامی (گاوی پوسیده)

ازت کل (درصد)	فسفر کل (درصد)	پتاس کل (درصد)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	منگنز (mg/kg)
۲۱	۷/۶	۱/۴۷	۷۴۳۱	۹۳	۳۷۲

۲-۶- صفات مورد ارزیابی

به منظور تعیین عملکرد علوفه تازه ذرت، در مرحله‌ای که دانه‌های ذرت به حالت خمیری رسیدند از چهار خط میانی که برای تعیین عملکرد علوفه در نظر گرفته شده بود، برداشت صورت گرفت. سپس نمونه‌های ذرت به آن منتقل شد و در نهایت وزن خشک علوفه ذرت در واحد سطح محاسبه گردید. سپس نمونه‌های خشک شده ذرت به آزمایشگاه منتقل شد و بعد از آسیاب کردن، درصد نیتروژن، پتاسیم، فسفر، آهن، منگنز و روی تعیین گردید. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش کلدال استفاده شد که شامل مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون بود. برای اندازه‌گیری عنصر پتاسیم از دستگاه جذب اتمی^۱ و برای اندازه‌گیری فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر^۲ استفاده شد. برای اندازه‌گیری عناصر میکرو نیز از روش هضم سوزاندن خشک^۳ و ترکیب با اسید فلئوئوریدریک (HF) استفاده شد. برداشت نهایی به منظور تعیین عملکرد دانه نیز در تاریخ ۳ آذر ۱۳۸۵ انجام گرفت.

¹ Atomic Absorption
² Spectrophotometer
³ Dry Ashing

۲-۷- نرم افزار مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل، با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین با آزمون دانکن^۴ در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- عملکرد دانه

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد هر دو تیمار آبیاری و کودی و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه ذرت دارند. مقایسه میانگین‌های چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد که استفاده از پساب تصفیه شده شهری در مقایسه با آبیاری معمول سبب افزایش عملکرد دانه ذرت سینگل کراس^۵ ۷۰۴ به میزان ۳۹/۱۹ درصد گردید (جدول ۳). ولی نژاد و همکاران در سال ۱۳۸۱ نتایج مشابه‌ای را در بررسی پساب تصفیه شده شاهین شهر بر ذرت دانه‌ای گزارش کرده‌اند. افزایش عملکرد دانه هر چند به سبب تأثیر مثبت پساب بر اجزای عملکرد دانه بود اما وجود مقادیر مناسب عناصر غذایی همانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پساب نیز بر این افزایش مؤثر بوده است [۱۴].

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری و کودی بر عملکرد علوفه تازه و خشک ذرت

تیمار	عملکرد علوفه تازه (kg/h)	عملکرد علوفه خشک (kg/h)	عملکرد دانه (kg/h)
تیمارهای آبیاری	۷۹۳۴۴b	۱۲۴۸۹b	۴۲۶۳b
آب معمولی	۸۶۴۷۹a	۱۶۲۴۹a	۷۰۱۱a
عدم کود دهی	۶۶۹۷۲d	۱۰۶۲۱d	۴۳۸۱c
۱۰۰ درصد کود دامی	۷۸۴۳۱c	۱۳۹۱۱c	۵۹۳۹ab
۵۰ درصد کود دامی	۷۴۲۱۱c	۱۴۷۷۶c	۴۹۹۲b
۱۰۰ درصد کودشیمیایی	۹۱۲۳۷a	۱۹۴۴۷a	۶۵۷۲a
۵۰ درصد کودشیمیایی	۸۴۳۱۹b	۱۷۲۸۱b	۶۳۰۲a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین آنهاست

هر چند پساب دارای مقادیر مناسبی از عناصر غذایی است اما در صورت عدم استفاده از کودهای شیمیایی و یا دامی، عملکرد دانه ذرت کاهش می‌یابد. در این آزمایش مشخص گردید که بالاترین

⁴ Duncan

⁵ Single Cross 704

۳-۲- عملکرد علوفه تازه و خشک

اثر تیمار آبیاری و کودی بر عملکرد علوفه تازه و خشک ذرت، معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از پساب در مقایسه با آبیاری معمولی سبب افزایش عملکرد علوفه تازه به میزان ۸/۲۵ درصد و افزایش عملکرد علوفه خشک ذرت به میزان ۲۳/۱۴ درصد گردید (جدول ۳). افزایش عملکرد علوفه تازه و خشک ذرت، به دلیل وجود مقادیر مناسب عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم در پساب است. علیزاده و همکاران در سال ۲۰۰۱ گزارش کردند که تیمار آبیاری با پساب در تمام مراحل رشد منجر به حصول بیشترین عملکرد بیولوژیکی گیاه ذرت می‌گردد [۱۷]. چرم و آقایی در سال ۱۳۸۶ در بررسی کاربرد لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب عناصر توسط بوته جو نشان دادند که کاربرد لجن فاضلاب به‌طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد علوفه جو می‌شود [۱۸]. نتایج مشابهی نیز توسط پناهپور و همکاران در سال ۱۳۸۷ بر روی سه گیاه کاهو، اسفناج و شاهی گزارش شد [۱۹].

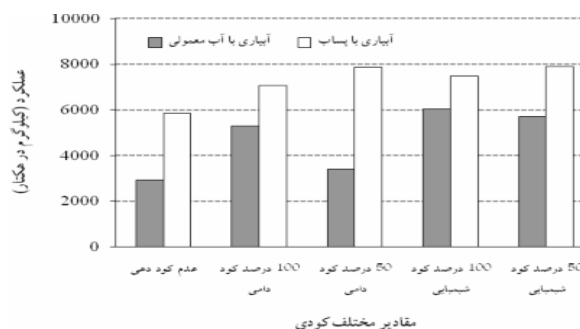
در بین تیمارهای کودی نیز بالاترین میزان عملکرد علوفه تازه ذرت از تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی که به ترتیب برابر ۹۱۲۳۷ کیلوگرم در هکتار برای علوفه تازه و ۱۹۴۴۷ کیلوگرم در هکتار برای علوفه خشک بود، حاصل شد. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با کاهش درصد کودهای شیمیایی از میزان عملکرد علوفه تازه و خشک ذرت کاسته شد و در تیمار عدم کوددهی به کمترین مقدار خود (۶۶۹۷۲ کیلوگرم در هکتار عملکرد علوفه تازه و ۱۰۶۲۱ کیلوگرم در هکتار عملکرد علوفه خشک) رسید. این امر نشان می‌دهد که کودهای شیمیایی به دلیل در دسترس گذاشتن عناصر ضروری P، K و N برای رشد گیاه، منجر به افزایش عملکرد علوفه تازه و خشک ذرت می‌گردند. حسن‌زاده و همکاران در سال ۱۳۸۰ در بررسی تأثیر کودهای شیمیایی، آلی و تلفیقی بر خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان نتایج مشابهی با این آزمایش ارائه نمودند [۲۰].

اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کودی بر عملکرد علوفه تازه و خشک ذرت، معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بالاترین مقدار عملکرد علوفه تازه و علوفه خشک ذرت از تیمار W_2F_4 (آبیاری با پساب تصفیه شده و مصرف کامل کودهای شیمیایی) که برابر بود با ۸۸۸۵۸ کیلوگرم در هکتار علوفه تازه و ۱۷۸۴۸ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک، حاصل شد. همچنین کمترین میزان عملکرد، از تیمار W_1F_1 (آبیاری معمولی و بدون مصرف کود) که برابر بود با ۷۳۰۰۸ کیلوگرم در هکتار علوفه تازه و ۱۰۵۵۶ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک، حاصل شد (جدول ۴).

عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در تیمار کودی F_4 بود که در آن به‌طور کامل کودهای شیمیایی N، P و K توصیه شده، به‌کار رفته بود. کمترین عملکرد نیز در تیمار F_1 یعنی تیمار شاهد که در آن از کودهای شیمیایی و دامی استفاده نشده بود، مشاهده شد. میزان افزایش عملکرد دانه در طی استفاده از کود کامل شیمیایی در مقایسه با شاهد ۳۳/۳ درصد بود (جدول ۳). این در حالی بود که اعمال کامل کود دامی توصیه شده تنها سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۶/۲ درصد در مقایسه با شاهد شد.

کودهای دامی هر چند حاوی مقادیر مناسبی از عناصر پر مصرف مانند نیتروژن و تا حدی عناصر کم مصرف هستند، اما کم بودن افزایش عملکرد دانه در طی استفاده از آنها در مقایسه با کودهای شیمیایی می‌تواند مربوط به کاهش میزان جذب این عناصر توسط گیاهان باشد. پیمنتل^۱ در سال ۱۹۹۳ گزارش کرد که در سال اول مصرف کود دامی، تنها ۴۰ درصد نیتروژن آن توسط گیاهان جذب می‌شود [۱۵]. مان و همکاران^۲ نیز در سال ۱۹۹۹ گزارش کردند که ذرت تنها قابلیت استفاده از ۳۰ تا ۶۰ درصد نیتروژن کل کودهای دامی را دارد [۱۶].

اثر متقابل دو تیمار آبیاری و کودی، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه ذرت داشت. در این بین تیمارهای W_2F_5 (آبیاری با پساب تصفیه شده و تیمار کودی نصف کودهای شیمیایی N، P و K توصیه شده) و W_1F_1 (آبیاری معمولی و بدون مصرف کود) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه بودند (شکل ۱). در شکل ۱ مشاهده می‌شود که حتی در صورت عدم استفاده از هیچ‌گونه کود دامی و شیمیایی و تنها استفاده از پساب، عملکرد دانه ذرت به میزان ۲۷۴/۲ گرم در متر مربع در مقایسه با آبیاری معمولی افزایش می‌یابد. مونت^۳ و سوزا^۴ در سال ۱۹۹۲ افزایش عملکرد دانه تولیدی در سورگوم و ذرت را در شرایط استفاده از پساب گزارش کرده‌اند [۹].



شکل ۱- اثر متقابل تیمار آبیاری و کودی بر عملکرد دانه

¹ Pimentel
² Munns et al.
³ Monte
⁴ Sousa

۳-۳- غلظت عناصر ماکرو (N و P, K) در علوفه

ذرت شد. با کاهش مقدار مصرف کودهای شیمیایی از میزان غلظت عناصر N و P, K در علوفه گیاه ذرت کاسته شد و در تیمار عدم کوددهی، غلظت این عناصر به کمترین مقدار خود رسید (جدول ۵). در این شرایط کاربرد کود شیمیایی موجب افزایش قابلیت دسترسی عناصر N و P, K شد و جذب آنها توسط گیاه افزایش یافت. پرهام فر در سال ۱۳۸۵ در تحقیق خود نتایج مشابهی ارائه نمود [۲۱]. اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کودی نیز نشان داد که بالاترین غلظت عناصر N و P, K از تیمار آبیاری با پساب تصفیه شده و مصرف کامل کودهای شیمیایی (W₂F₄) حاصل شد که به ترتیب برابر بود با ۳/۱۸، ۰/۲۹ و ۳/۷۵ درصد برای عناصر N, P و K. همچنین کمترین غلظت این عناصر در علوفه ذرت از تیمار آبیاری معمولی و بدون مصرف کود (W₁F₁) حاصل گردید (جدول ۴).

نتایج تجزیه آماری نشان داد که اثر تیمارهای کودی و آبیاری بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم معنی دار بود. مطابق با جدول ۵، بالاترین غلظت عناصر N و P, K در علوفه گیاه ذرت از تیمار آبیاری با پساب حاصل شد که به ترتیب برابر با ۳/۶، ۰/۲۶ و ۲/۷۸ درصد بود. می توان بالا بودن غلظت عناصر N, P و K را در علوفه گیاه ذرت به وجود مقادیر مناسبی از این عناصر در پساب نسبت داد. عزیززاده و همکاران در سال ۲۰۰۱ نشان دادند که آبیاری با فاضلاب در تمام مراحل رشد منجر به افزایش غلظت نیتروژن و سایر عناصر ماکرو در گیاه ذرت می گردد [۱۴]. چرم و آقایی در سال ۱۳۸۶ نیز در آزمایشی بر روی گیاه جو نتایج مشابهی گزارش کردند [۱۸]. در بین تیمارهای کودی نیز، تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی منجر به افزایش غلظت عناصر N و P, K در علوفه گیاه

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار آبیاری × تیمار کودی

تیمار	عملکرد علوفه تازه (kg/ha)	عملکرد علوفه خشک (kg/ha)	N (%)	P (%)	K (%)
W ₁ F ₁	۷۳۰۰۸e	۱۰۵۵۶c	۱/۵۴d	۰/۱۶bc	۲/۱۵c
W ₁ F ₂	۷۸۸۸۷c	۱۳۲۰۰bc	۱/۷۶d	۰/۱۲c	۲/۷b
W ₁ F ₃	۷۶۷۷۷d	۱۳۶۳۲b	۱/۷۲d	۰/۱۷bc	۲/۲۵c
W ₁ F ₄	۸۵۲۹۰b	۱۵۹۶۸ab	۲/۳۴bc	۰/۲۵a	۳/۰b
W ₁ F ₅	۸۱۸۳۱bc	۱۴۸۸۵ab	۲/۱c	۰/۲۲ab	۲/۵۵bc
W ₂ F ₁	۷۶۷۴۱d	۱۳۴۳۵bc	۲/۳۸bc	۰/۲b	۲/۹b
W ₂ F ₂	۸۲۴۵۵bc	۱۵۰۸۰ab	۲/۵۹b	۰/۲۴a	۳/۴۵a
W ₂ F ₃	۸۰۳۴۵c	۱۵۵۱۲ab	۲/۵۶b	۰/۲۲ab	۳/۰b
W ₂ F ₄	۸۸۸۵۸a	۱۷۸۴۸a	۳/۱۸a	۰/۲۹a	۳/۷۵a
W ₂ F ₅	۸۵۳۹۹b	۱۶۷۶۵a	۲/۹۳a	۰/۲۵a	۳/۴a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین آنهاست.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری و کودی بر محتوی عناصر ماکرو و میکرو

تیمار	N (%)	P (%)	K (%)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Zn(mg/kg)
تیمارهای آبیاری	۱/۱۱b	۰/۱۸b	۲/۱b	۸۳/۹a	۲۸/۹a	۱۳/۱a
پساب	۲/۷۸a	۰/۲۶a	۳/۶a	۸۶/۴a	۸۶/۴a	۱۴/۷a
عدم کود دهی	۱/۹۸d	۰/۱۴d	۲/۲c	۷۳/۴c	۱۹/۷c	۶/۹c
تیمارهای کودی	۲/۴۱c	۰/۲۲b	۳/۳b	۹۳/۴a	۳۸/۴a	۱۷/۸a
۵۰ درصد کود دامی	۲/۳۴c	۰/۱۸c	۲/۴c	۸۴/۲b	۳۵/۱a	۱۳/۱b
۱۰۰ درصد کود شیمیایی	۳/۵۸a	۰/۳۲a	۳/۹a	۸۱/۹b	۲۶/۹b	۱۱/۸b
۵۰ درصد کود شیمیایی	۳/۰۹b	۰/۲۴a	۳/۰b	۷۸/۲bc	۲۴/۲b	۷/۶c

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین آنهاست.

۳-۴- غلظت عناصر میکرو (Zn و Mn, Fe) در علوفه

فقط تیمار کودی در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی داری بر محتوای عناصر میکرو در علوفه گیاه ذرت داشت و اثر تیمار آبیاری و اثرات متقابل این دو تیمار بر روی این صفات معنی دار نبود. علیزاده و همکاران در سال ۲۰۰۱ در بررسی اثر آبیاری ذرت با پساب نشان دادند که غلظت عناصر میکرو و سنگین در گیاه ذرت تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نمی گیرد [۱۷]. سایر محققان نیز در رابطه با عدم تأثیر پساب بر روی غلظت عناصر میکرو و سنگین در گیاهان مختلف نتایج مشابهی گزارش کردند [۱۱، ۲۲ و ۲۳]. در بین تیمارهای کودی نیز بیشترین غلظت عناصر میکرو از تیمار ۱۰۰ درصد کود دامی شامل ۹۳/۴، ۳۸/۴ و ۱۷/۸ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای Zn، Mn و Fe، حاصل شد. با کاهش نسبت کودهای دامی از غلظت این عناصر در علوفه کاسته شد و در تیمار عدم کوددهی به کمترین حد خود یعنی ۷۳/۴، ۱۹/۷ و ۶/۹ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای Zn، Mn و Fe رسید (جدول ۵). علت بالاتر بودن غلظت عناصر میکرو در علوفه ذرت تحت شرایط مصرف کودهای دامی می تواند به دلیل وجود مقادیر مناسبی از این عناصر در کودهای دامی باشد. رضایی نژاد و افیونی در سال ۱۳۷۹ در بررسی اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به وسیله ذرت و عملکرد آن اظهار داشتند که کودهای آلی باعث افزایش معنی دار مواد آلی خاک می شوند و قابلیت جذب روی، مس و آهن خاک را افزایش می دهند. در این رابطه، کود دامی دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد ذرت بود [۲۴].

۴- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در این آزمایش نشان داد آبیاری با فاضلاب تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه و علوفه ذرت داشت. مهم ترین دلیل آن می تواند مربوط به تأثیر مثبت عناصر غذایی موجود در فاضلاب باشد. علاوه بر این مشخص شد که هر چند پساب دارای مقادیر مناسبی از عناصر غذایی است اما به منظور حصول عملکرد مناسب تر دانه و علوفه، استفاده توأم از کودهای شیمیایی و دامی مؤثرتر است. در این زمینه تیمار کود شیمیایی کامل توصیه شده، از

۶- مراجع

- 1- Hoseynian, M. (1996). *Principles of liquidators designs of municipal sewage*, Shahr-e Ab Pub., Tehran. (In Persian)
- 2- Erfan Manesh, M. (1988). *Municipal wastewater, Vol 2: wastewater filtration*, Tehran University Pub., Tehran. (In Persian).
- 3- Crites, R., and Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems*, 3rd Ed., McGraw-Hill, N. Y.

بالاترین میزان کارایی در تولید عملکرد دانه و علوفه برخوردار بود. از طرفی بیشترین غلظت عناصر ماکرو یعنی عناصر N، P و K نیز از آبیاری با پساب همراه با مصرف کامل کودهای شیمیایی حاصل شد.

همچنین در این آزمایش مشخص شد که آبیاری با پساب، تأثیری بر افزایش غلظت عناصر میکرو در علوفه ذرت نداشت. دلایل آن را می توان به صورت زیر بیان کرد:

عدم وجود این عناصر در غلظتهای کافی در پساب مورد آزمایش، کوتاه بودن زمان برای تجمع مقدار کافی از عناصر موجود در فاضلاب در خاک، عوامل گیاهی و خصوصیات خاک از جمله pH خاک و رطوبت در دسترس خاک.

علاوه بر این توصیه می گردد به دلیل شوری موجود در پساب تصفیه شده شهر زابل ($EC < 3$) کاربرد آن فقط برای کشت های آبی با آب مناسب صورت گیرد.

۵- پیشنهادها

در پایان قابل ذکر است تنها نگرانی استفاده از پسابها بروز آلودگی های زیست محیطی در درازمدت است. بنابراین به منظور رفع چالشهای زیست محیطی موجود و ارائه راهکارهای مناسب برای استفاده پایدار از پساب، تعیین نوع آلودگی های ناشی از آبیاری با پساب و تأثیرات زیست محیطی ناشی از آن لازم است به طور کامل بررسی گردد که در این مقاله این چالش مورد ارزیابی قرار نگرفته است. بنابراین پیشنهاد می گردد موارد زیر را برای حصول موفقیت در بهره برداری و انتخاب برنامه مناسب به منظور استفاده از پسابها در آبیاری در نظر گرفته شود: ۱- ارزیابی آلاینده های موجود در پساب، پیش بینی اثرات زیست محیطی ناشی از کاربرد آن در کشاورزی و برنامه ریزی مناسب برای استفاده از پساب ۲- اهمیت دادن به بهداشت عمومی و توجه به میزان خطرات ناشی از استفاده از فاضلاب ۳- افزایش توجه به توسعه منابع جنگلی و بیابان زدایی از طریق بهره برداری از پسابها ۴- کنترل و نظارت دقیق سازمان های دولتی روی کاربرد پساب در کشاورزی و ارزیابی کیفی محصولات غذایی.

- 4- Alizadeh, A. (1996). "Use of wastewater of sewage refineries in agriculture crops irrigation." *Periodical of Share-e Ab, Water and Sewage Company Press*, 14, 17-28 (In Persian).
- 5- Glauser, R., Doner, H. E. and Poul, E. A. (1988). "Soil aggregate stability as a function of particle size in sludge treated soils." *Soil Sci.*, 146 (3), 37-43.
- 6- Vakili, B. (1995). "Wastewater treatment and reuse in agriculture." *J. of Water and Wastewater*, 16, 42-47. (In Persian)
- 7- Ghanbari, A., Abedi Koopaei, J., and Taei semiromi, J. (2006). "Effect of irrigation with treated wastewater of municipal on yield and quality of wheat and some soil characteristics in sistan region." *J. of Agriculture Sciences and Tech. and Natural Res.*, 4(1), 47-59 (In Persian).
- 8- Feizi, M. (2001). "Effect of treated wastewater on accumulation of heavy metals in plant and soil." In: Rogab., R. Pearce., G. Changkim. J. and Nairizi. S. (Eds.), *ICID Intertional Workshop on Wastewater Reuse and management*, Seoul, Korea, 137-146.
- 9- Monte, H. M., and Sousa, M. S. E. (1992). "Effects on crop of irrigation with facultative pound effluent." *Wat. Sci. Techol*, 26 (7-8), 1606-161.
- 10- Ayers, R. S., and Westcott, D. E. W. (1985). *Water quality for agriculture*. 29 rev. 1, FAO, Rome.
- 11- Taei. Semiromi, J. (2006). "Evaluation of soil contamination of irrigated with wastewater in sistan region." *Conf. of Soil, Bioenvironmental and Sustainable Development*, 7, (In Persian).
- 12- Bahri, A. (1988). "Present and future stute of treated wastewater and sewage sludge in Tunisia." *Present at Regional Seminar on Wastewater Reclamation and Reuse*, Cairo, Egypt, 107-108.
- 13- Pescot, M. B. (1992). *Wastewater treatment and use in agriculture*, Food and Agriculture Organization (FAO), Rome.
- 14- Valiinejan, M., Mosrtafazadeh, B., and Mohammadi Meybodi, S. A. (2002). "The effect of Shahinshahr treated wastewater on agronomic and chemical characteristics of corn under sprinkler and surface irrigation system." *J. of Agriculture Sciences and Tech. and Natural Res.*, 9 (1), 103-115 (In Persian).
- 15- Pimentel, D. (1993). "Economics and energies of organic and conventional farming." *J. Agric. Environ. Ethics.*, 6, 53-60.
- 16- Munns, R. (1993). "Physiological process limiting plant growth in saline soil: Some dogmass and hypotheses." *Plant Cell and Environment*, 16, 15-24.
- 17- Alizade, A., Bazari, M. E., Velayati, S. Hasheminia M., and Yaghmaie, A. (2001). "Irrigation of corn with wastewater." In: Ragab, G., Pearce, J., Chakgkim, S., Nairizi and Hamdy, A. (Eds.), *ICID Intertional Workshop on Wastewater Reuse and Management*, Seoul, Korea, 147-154.
- 18- Chorom, M., and Aghaei Foroushani, M. (2007). "Effect of amended sewage sludge application on yield and heavy metal uptake of barley : A case study of Ahwaz sewage treatment plant." *J. of Water and Wastewater*, 62, 53-63. (In Persian)
- 19- Panahpoor, E., Afyuni, M., Homae, M., and Hoodaji, M. (2008). "Cd, Cr, and Co mation in soil treated with sewage sludge and salts of the metals and their uptake by vegetable crops, A case study in east Isfahan." *J. of Water and Wastewater*, 67, 9-17. (In Persian)
- 20- Hasanzadeh-Ghourt Tapeh, A., Ghalavand, M., Ahmadi, R., and Mirniya, K. (2001). "The evaluation of chemical, organic and mixture fertilizers effect on the quantity and quality characteristics of sunflower in west Azarbaijan province." *J. of Agriculture Sciences of Gorgan Uni.*, 10 (4), 85-104. (In Persian)
- 21- Parhamfar, T. (2006). "Effect of macro and micro fertilizers and harvest time on yield and quality of fox millet." MSc. Thesis, Zabol University. (In Persian)
- 22- Taei Semiromi, J. (2006). "Effect of irrigation with treated wastewater of municipal on yield and quality of wheat and some soil characteristics in Sistan region." MSc. Thesis, Zabol University (in Persian).
- 23- Erfani, A., HaghNia, G., and Alizadeh, A. (2002). "Effect of irrigation with sewage on yield and quality of lettuce and some soil characteristics." *J. of Agriculture Sciences and Tech. and Natural Res.*, 6 (1), 71-90 (In Persian).
- 24- Rezaiejad, Y., and Afyuni, M. (2000). "The evaluation of organic matters effect on soil chemical characteristics, elements uptake by corn and its yield." *J. of Agriculture Sciences and Tech. and Natural Res.*, 4, 19-27 (In Persian).