

مطالعه اثر آبیاری با پساب بر میزان عناصر در عمق‌های مختلف خاک و خصوصیات ذرت علوفه‌ای در منطقه لرستان

اسفندیار حسنی مقدم^{۱*}، رضا کرمان^{۱*}، افشین محمدیان^۲، مهدی شعبان^۳



۱- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی لرستان، لرستان، ایران

۳- محقق بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی لرستان، لرستان، ایران

*Email: Es_hassani@yahoo.com

چکیده

پساب‌ها و فاضلاب‌های صنعتی یکی از عوامل مهم آلودگی محیط زیست هستند که بایستی به طریق بهداشتی جمع‌آوری، تصفیه و مجدد به گردش آب در طبیعت برگردانده شوند تا در راستای اجرای تدابیر توسعه و بهره‌برداری از منابع آبی جدید به خصوص در بخش کشاورزی استفاده شوند. در راستای استفاده مجدد از پساب‌های صنعتی در کشاورزی این طرح تحقیقاتی در استان لرستان در کارخانه الکل سازی نصر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و چهار تکرار تحت کشت ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد. روش آبیاری در این طرح بصورت کرتی و تیمارها شامل (پساب تصفیه نشده، پساب تصفیه شده ۵۰ درصد خالص و آب معمولی) تعیین گردید. نتایج نشان داد بالاترین میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آرسنیک، نیکل، کرم، کلر، کلسیم، منیزیم و سدیم در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در تیمار آبیاری با پساب ۱۰۰ درصد خالص حاصل شد. هم‌چنین نتایج مربوط به خصوصیات زراعی گیاه ذرت نشان داد که از نظر ارتفاع، تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد بلال، عملکرد علوفه، وزن دانه هم‌چنین تعداد دانه در ردیف بلال گیاه ذرت در تیمار پساب ۵۰ درصد در مقایسه با سایر تیمارها برتر می‌باشد که بیان‌گر اثرات مثبت کاربرد پساب ۵۰ درصد حتی در مقایسه با تیمار آبیاری با پساب ۱۰۰ درصد خالص می‌باشد. هدایت پساب کارخانه الکل‌سازی به زمین‌های زراعی منجر به تجمع فلزات سنگین در خاک شده و اثر منفی بر گیاهان زراعی دارند ولی با تصفیه و رقیق‌سازی این پساب می‌توان این مشکل را حل نمود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پساب، ذرت، عملکرد دانه

بیان مسئله

افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی سالانه باعث تولید حجم زیادی فاضلاب می‌شود. بر اساس آمار موجود در ایران، سالانه ۵ میلیارد متر مکعب (حدود پنج درصد از آبی که استحصال می‌شود) به مصارف شرب و بهداشت می‌رسد و نزدیک به یک میلیارد متر مکعب (حدود یک درصد) در بخش صنعت مصرف می‌شود (۱). ایران از جمله کشورهایی است که با محدودیت منابع آب شیرین مواجه است و در عین حال، برداشت آب از منابع آب زیرزمینی به مقدار زیادی صورت می‌گیرد (۲). پساب تصفیه شده یکی از منابع آب برای کشاورزی در اکثر مناطق خشک و نیمه خشک جهان مثل ایران به شمار می‌رود و یکی از بهترین شیوه‌های دفع پساب فاضلاب، تصفیه و استفاده از آن در کشاورزی است. پساب شهری دارای مقادیر زیادی از عناصر غذایی است که در حالت معمول و در صورت ورود به آب‌های جاری باعث آلودگی آن می‌شود، درحالی‌که این مواد را می‌توان به صورت کود محلول جهت کشت و زرع و جنگل‌کاری مورد استفاده قرار داد (۳).

مواد غذایی موجود در آب فاضلاب شرایطی را برای رشد گیاهان فراهم می‌کند که بدون مصرف کودهای شیمیایی، باعث افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه می‌شود (۴). مطالعات زیادی بر روی تأثیرات بلند مدت استفاده از این منابع بر محیط زیست در دنیا انجام گرفته که از آن جمله می‌توان به مطالعات: تجمع فلزات سنگین با فراهمی زیستی بالا در خاک، سرنوشت مواد آلی افزوده شده به خاک‌های آبیاری شده با پساب، تأثیر روش‌های استفاده مجدد بر خصوصیات هیدرولوژیکی حوزه هم‌چون نرخ انتقال نمک‌ها، مدل‌های خطرات بیماری‌های انگلی، خطرات آلودگی میکروبیولوژیکی سفره‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی، نرخ انتقال آلاینده‌های شیمیایی از خاک به گیاه، بررسی زمانی آلودگی‌های شیمیایی بر سلامت و استراتژی به منظور تعامل با عموم مردم اشاره کرد (۵). از جمله مطالعات انجام گرفته در ایران، می‌توان به تحقیقی در مورد تجمع فلزات سنگین روی، سرب و مس در اراضی آبیاری شده با پساب در اراضی جنوب شهر تهران و نیز دو برابر شدن غلظت نیکل خاک در بخش‌های مرکزی مازندران نام برد (۶). با توجه به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران، در راستای توسعه و بهره‌برداری از منابع آبی جدید به‌خصوص در بخش کشاورزی، استفاده از پساب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی، شهری و روستایی می‌تواند به عنوان منابع آب مطمئن مورد توجه قرار گیرند (۷). در واقع می‌توان گفت هدف کلی استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده در کشاورزی، بهینه‌سازی و حفظ موجودیت منابع آب از طریق برگشت دادن جریان‌های فاضلاب به زمین و استفاده منطقی از منابع آب شیرین می‌باشد (۱). از این رو هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر آبیاری با پساب کارخانه الکل‌سازی بر خصوصیات خاک، تغییرات میزان عناصر خاک و خصوصیات زراعی گیاه ذرت می‌باشد.

معرفی دستاورد

این مطالعه به منظور بررسی اثر آبیاری با پساب شهری بر خصوصیات خاک، میزان تجمع عناصر در خاک و هم‌چنین خصوصیات زراعی گیاه ذرت و میزان تجمع برخی عناصر در برگ و دانه ذرت اجرا شد. این تحقیق در کیلومتر ده جاده کمربندی خرم‌آباد- کوه‌دشت، در اراضی وابسته به کارخانه الکل‌سازی نصر اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری با پساب تصفیه نشده ۱۰۰ درصد خالص کارخانه الکل‌سازی، آبیاری با پساب تصفیه شده ۵۰ درصد خالص کارخانه الکل‌سازی و آبیاری

با آب معمولی به عنوان تیمار شاهد بودند. میزان کود مورد استفاده در پاییز شامل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه و در بهار همگام با کشت ذرت مقدار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مصرف گردید. کود سرک نیز در دو نوبت به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. پس از اعمال تیمارها خصوصیات خاک از قبیل هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد مواد آلی، درصد عناصری از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آرسنیک، نیکل، کرم، کلر، کلسیم، منیزیم و سدیم انجام شد. اندازه‌گیری محتوای فلزات سنگین به روش چهار اسید، انجام شد (Agilent series 450, AGILENT, USA) (ICP-MS). خصوصیات زراعی و اجزای عملکرد ذرت از قبیل ارتفاع بوته، میزان LAI، عملکرد بلال، عملکرد علوفه، وزن صد دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، طول بلال، وزن بلال با پوشال و وزن بلال بدون پوشال اندازه‌گیری شد. برای سنجش میزان نیترات برگ و دانه و میزان آرسنیک دانه مقادیری از برگ و دانه‌ها جهت اندازه‌گیری آرسنیک به روش هضم با اسید هیدروکلریک، اسید نیتریک، اسید پرکلریک و پراکسید هیدروژن و تهیه عصاره استفاده شد (۸). پس از آماربرداری و ثبت اطلاعات، داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS تجزیه شدند و برای مقایسه میانگین داده‌ها از روش دانکن استفاده گردید.

براساس دستاوردهای این مطالعه مشخص شد در دو عمق ۰-۳۰ (جدول ۱) و ۳۰-۶۰ (جدول ۲) سانتی‌متر بیش‌ترین میزان pH، EC، درصد مواد آلی، درصد عناصری از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آرسنیک، نیکل، کرم، کلر، کلسیم، منیزیم و سدیم در تیمار آبیاری با پساب ۱۰۰ درصد خالص حاصل شد در حالی‌که در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر بالاترین میزان pH در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد ارتفاع گیاه با میانگین ۲۲۴/۲۵ سانتی‌متر، عملکرد وزن خشک علوفه با ۸۴۶/۷۸ گرم در متر مربع طول بلال با میانگین ۲۲/۴۱ سانتی‌متر، وزن بلال با پوشال با میانگین ۳۲۹/۳۳ گرم و وزن بلال بدون پوشال با میانگین ۲۶۸/۳۳ گرم مربوط به تیمار آبیاری با پساب ۵۰٪ بود. البته این نتایج نشان داد که بین ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، طول بلال، وزن بلال با پوشال و بدون پوشال در تیمار شاهد (آب چاه) و پساب ۵۰٪ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. این در حالی بود که بالاترین میزان LAI (۵/۸) در تیمار آبیاری با آب چاه حاصل شد. نتایج هم‌چنین نشان داد آبیاری با پساب ۵۰ درصد میزان عملکرد بلال و عملکرد علوفه را نسبت به دو تیمار دیگر افزایش داد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد میزان نیترات موجود در برگ ذرت به میزان ۲۰۴۴/۰۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار پساب ۱۰۰ درصد خالص بیش‌تر از دو تیمار پساب ۵۰ درصد خالص و تیمار شاهد بود به‌طوری‌که نسبت به تیمار شاهد حدود ۱۵ برابر بیش‌تر بود (جدول ۲). هم‌چنین نتایج در مورد میزان نیترات موجود در دانه گیاه ذرت نشان داد آبیاری با پساب ۱۰۰ درصد خالص سبب شد که میزان نیترات بیش‌تری در دانه گیاه ذرت (۹۸/۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) که نسبت به تیمار شاهد حدود پنج برابر بود و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). در مورد میزان آرسنیک تجمع یافته در دانه نیز نتایج نشان داد که تیمار آبیاری با پساب ۱۰۰ درصد خالص سبب شد که بیش‌ترین میزان آرسنیک در دانه گیاه ذرت تجمع یافته و این تیمار نسبت به دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). طبق بررسی‌های به عمل آمده و با توجه به نتایج آنالیز برگ گیاه ذرت مقدار نیترات قابل جذب در پساب خالص با میانگین ۲۰۴۴/۰۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به دو تیمار ۵۰٪ و آب چاه با تفاوت فاحشی مقدار بیش‌تری را به خود اختصاص داد. این مقدار با توجه به استانداردهای تعریف شده خیلی بیش‌تر از حد

مجاز می‌باشد و مصرف آن می‌تواند باعث بروز خطراتی برای مصرف‌کننده باشد. از طرفی مقدار نیترات قابل جذب در تیمار ۵۰٪ با میانگین ۳۵۰/۹۷۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم مقدار بسیار کم‌تری نسبت به تیمار پساب خالص جذب برگ شده است. نتایج حاصل از اثر تیمارها بر مقدار نیترات قابل جذب و مقدار آرسینک در دانه گیاه ذرت نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار تجمع نیترات در پساب خالص با میانگین ۹۸/۹۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. این مقدار در پساب ۵۰٪ به کم‌تر از نصف با مقدار ۴۰/۳۴۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش داشته است. هم‌چنین مقدار آرسینک فقط در پساب خالص به میزان ۰/۰۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در دانه ذرت تجمع یافته است و این مقدار این عنصر در پساب ۵۰٪ و آب چاه مشاهده نشده است. بنابراین کاربرد پساب ۵۰٪ بدون داشتن آلودگی توسط فلزات سنگین قابل پیشنهاد و استفاده است. البته بایستی در نظر داشت که استفاده مداوم از پساب برای آبیاری می‌تواند خطر تجمع فلزات سنگین را به همراه داشته باشد. جهت پیش‌گیری از این تجمع می‌توان پایش خاک منطقه را با آزمون خاک در سال‌های متوالی و بررسی میزان عناصر سنگین در خاک منطقه را انجام داد. در صورت افزایش فلزات سنگین می‌توان از آبیاری با پساب به عنوان تکمیل در کنار آبیاری با آب معمولی استفاده نمود. هم‌چنین در صورت تجمع بیش از حد فلزات سنگین می‌توان به عنوان تناوب از گیاهانی که خاصیت گیاه پالایی دارند در تناوب با ذرت استفاده نمود تا بخش اعظم این فلزات را از خاک پاکسازی نمود.

افزایش میزان عناصر موجود در خاک در اثر آبیاری با پساب به دلیل وجود مقادیر بالایی از این عناصر در پساب شهری می‌باشد. برخی از این فلزات مانند آهن، مس، روی و منگنز برای جانداران لازم بوده و از عناصر کم مصرف و ضروری برای تغذیه و رشد گیاهان، حیوانات و انسان محسوب می‌شوند و وجود غلظت‌های مناسبی از آن‌ها در بافت‌های گیاهان نه تنها برای رشد و عملکرد مطلوب آن‌ها، بلکه در زنجیره غذایی برای رشد و سلامتی حیوانات و انسان ضروری است. در این مطالعه نیز مشاهده شد که با کاربرد تیمار آبیاری با پساب ۱۰۰ درصد خالص درصد مواد آلی، درصد عناصری از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آرسنیک، نیکل، کرم، کلر، کلسیم، منیزیم و سدیم در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ افزایش یافته که به طبع آن میزان هدایت الکتریکی خاک نیز افزایش یافته است. افزایش هدایت الکتریکی خاک در اثر آبیاری با پساب شهری به دلیل افزایش میزان آنیون‌ها و کاتیون‌های خاک می‌باشد که در تیمار پساب ۱۰۰ درصد خالص نسبت به دو تیمار دیگر افزایش بیش‌تری داشته است. به هر حال نتایج نشان داد که به دلیل افزایش املاح خاک مقدار EC به شدت افزایش داشته است به طوری که درصد بالایی از بوته‌های ذرت کشت شده با آبیاری این پساب تحت تاثیر تنش شوری از بین رفت. طبق بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که مقدار EC خاک به طور کلی افزایش داشته است که این افزایش در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر با مقدار ۱۴/۵۴ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌تر بوده است. مقدار EC در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر با مقدار ۱/۷۶ دسی‌زیمنس متر افزایش بسیار کم‌تری داشته است که این بیانگر تاثیر پساب خالص بر لایه سطحی خاک در مزرعه آزمایشی می‌باشد. در این مطالعه آبیاری با پساب ۱۰۰ درصد خالص میزان عناصر را در خاک افزایش داده است که برخی دیگر از محققین به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافتند. بالا بودن غلظت عناصر غذایی در پساب نسبت به آب چاه، سبب افزایش غلظت این عناصر در خاک می‌شود. در واقع پساب محتوی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه چون نیتروژن، فسفر، پتاس و عناصر کم مصرف مانند آهن، روی، منگنز است که

در حالت معمولی آلوده‌کننده بالقوه آب‌های جاری محسوب می‌شوند ولیکن این عناصر را می‌توان به عنوان کود محلول جهت کشت و زرع به کار برد.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر آبیاری با پساب بر خصوصیات و میزان عناصر خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

Cr (mg/k g)	Na (meq/l)	Mg (meq/l)	Ca (meq/l)	Cl (meq/l)	Ni (mg/k g)	As (mg/k g)	K (mg/kg)	P (mg/k g)	N (%)	OC (%)	PH	EC (ds/c m)	نیمار
۷۷/۱۵ ^a	۵۷۹۰۲ ^a	۳۰۰۰ ^a	۶۶۷۱ ^a	۱۲۴/۹۵ ^a	۹۷۲۰ ^a	۰/۰۱۳ ^a	۴۱۴۹/۰۰ ^a	۱۱۷/۹۳ ^a	۰/۱۳ ^a	۱/۳ ^a	۷۸۱ ^c	۱۴/۵۴ ^a	پساب ۱۰۰٪ خالص
۵۱/۵۸ ^b	۱۱۰۰ ^b	۳۰۰ ^b	۸۰۰ ^b	۷/۱۴ ^b	۹۳۳۰ ^b	۰/۰۰۵ ^b	۱۷۳۸۰۰ ^b	۳۱/۳۵ ^b	۰/۰۹۰ ^b	۰/۸۴ ^b	۷۰۰ ^b	۱/۹۷ ^b	پساب رقیق شده با ۵۰٪ آب
۰/۰۰۰ ^c	۹/۴۰ ^c	۳۰۰ ^b	۸۰۰ ^b	۵/۳۰۰ ^c	۰/۰۰۰ ^c	۰/۰۰۰ ^c	۱۵/۳۷ ^c	۱۹/۳۵ ^c	۰/۰۰ ^c	۰/۸۳ ^b	۷۷۰ ^a	۰/۹۶ ^c	شاهد (آب خالص)

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر آبیاری با پساب بر خصوصیات و میزان عناصر خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر

Cr (mg/k g)	Na (meq /l)	Mg (meq /l)	Ca (meq /l)	Cl (meq /l)	Ni (mg/k g)	As (mg/k g)	K (mg/k g)	P (mg/k g)	N (%)	OC (%)	PH	EC (ds/c m)	نیمار
۷۷/۱۵ ^a	۷۷۴ ^a	۵ ^a	۵ ^a	۱۲۴/۹۵ ^a	۱۱۷۰۰ ^a	۰/۰۱۳ ^a	۱۹۷۵ ^a	۳۳/۹۳ ^a	۰/۰۹ ^a	۰/۸۹ ^a	۷/۹ ^a	۱/۷۶ ^a	پساب ۱۰۰٪ خالص
۵۱/۵۸ ^b	۳/۴۷ ^b	۳ ^b	۳ ^b	۲/۳۸ ^b	۱۰۰/۰۰ ^b	۰/۰۰۸ ^b	۱۸۱۷ ^b	۱۷/۰۸ ^b	۰/۰۶۶ ^b	۰/۸۷ ^b	۷۸۰۳۳ ^b	۰/۹۰۴ ^b	پساب رقیق شده با ۵۰٪ آب
۰/۰۰۰ ^c	۱/۵۵ ^c	۳ ^b	۳ ^b	۳/۰۳ ^c	۰/۰۰۰ ^c	۰/۰۰۰ ^c	۱۲۲۴ ^c	۱۰/۰۳ ^c	۰/۰۱۳ ^c	۰/۸۳ ^c	۷۸۰۰۰ ^b	۰/۶۴ ^c	شاهد (آب خالص)

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات زراعی و اجزای عملکرد ذرت در شرایط آبیاری با تیمارهای پساب

عملکرد	عملکرد	وزن پالان بدون پوستال (g)	وزن پالان با پوستال (g)	طول پالان (cm)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در پالان	وزن خشک صد دانه پالان (g)	شاخص سطح برگ (LAI)	ارتفاع گیاه (cm)	نیمار
عملکرد علوفه (وزن خشک) در متر مربع (g)	عملکرد پالان (وزن خشک) در متر مربع (g)	۱۳۵/۴۲ ^b	۱۸۶/۵۰ ^b	۱۶/۵۰ ^b	۱۵/۵۸ ^b	۱۳/۳۳ ^c	۱/۶۰ ^c	۴/۴۰ ^b	۱۸۴ ^b	پساب ۱۰۰٪ خالص
۸۵/۱۳ ^c	۳۸۲ ^c	۲۶۷/۳۳ ^a	۳۲۹/۳۳ ^a	۲۲/۴۱ ^a	۲۹/۵۰ ^a	۱۴/۸۳ ^a	۲۰ ^a	۵/۶۷ ^a	۲۲۴/۲۵ ^a	پساب رقیق شده با ۵۰٪ آب
۸۴۶/۷۸ ^a	۵۳۸ ^a	۲۴۶/۵۰ ^a	۳۰۳/۰۰ ^a	۲۱/۰۸ ^a	۳۱/۳۳ ^a	۱۵/۳۳ ^a	۱/۶۷ ^b	۵/۸ ^a	۳۳۳/۵ ^a	شاهد (آب خالص)
۵۷۳/۳۴ ^b	۵۰۵ ^b									

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین میزان نیترات برگ و میزان نیترات و آرسنیک دانه ذرت در شرایط آبیاری با تیمارهای پساب

تیمار	نیترات قابل جذب در برگ (mg/kg)	نیترات قابل جذب در دانه دانه (mg/kg)	آرسنیک در دانه (mg/kg)
پساب ۱۰۰٪ خالص	۲۰۴۴/۰۷۱ ^a	۹۸/۹۳۱ ^a	۰/۰۰۵ ^a
پساب رقیق شده با ۵۰٪ آب	۳۵۰/۹۷۴ ^b	۴۰/۳۴۷ ^b	۰/۰۰۰ ^b
شاهد (آب خالص)	۱۳۶/۶۳۵ ^c	۱۹/۳۹۵ ^c	۰/۰۰۰ ^b

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشند

برخی از اجزای عملکرد در ذرت با تیمار آبیاری با پساب ۱۰۰ درصد خالص و ۵۰ درصد پساب نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است که این کاهش به دلیل وجود اثرات سمی ناشی از وجود عناصر سنگین موجود در پساب می‌باشد. البته بایستی در نظر داشت که کاهش ارتفاع بوته می‌تواند به دلیل افزایش شوری سطح خاک نیز باشد. همچنین در پژوهشی دیگر عنوان شده است که آبیاری گندم با آب فاضلاب باعث افزایش تعداد پنجه‌های بارور و تعداد سنبله در واحد سطح شده است ولی ارتفاع بوته کاهش یافت آن‌ها نیز دلیل این امر را وجود برخی عناصر سنگین در پساب دانستند که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت. ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد بوته در متر مربع، عملکرد وزن بلال، عملکرد علوفه، وزن هزار دانه، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، طول بلال، وزن بلال با پوشال و بدون پوشال بیش‌ترین تاثیر را از تیمار پساب ۵۰ درصد دریافت نموده‌اند. به عنوان مثال برخی از مهم‌ترین خصوصیات گیاه ذرت از جمله عملکرد علوفه خشک پساب ۵۰ درصد با میانگین ۸۴۶/۷۸ گرم در متر مربع نسبت به تیمار شاهد (آب چاه) و پساب خالص برتر می‌باشد که نشان دهنده تاثیر مثبت پساب ۵۰٪ افزایش عملکرد علوفه خشک ذرت می‌باشد. همچنین عملکرد وزن خشک بلال در تیمار پساب ۵۰٪ با میانگین ۵۰۵ گرم در متر مربع نسبت به تیمار شاهد با میانگین ۵۳۸ گرم دارای اختلافی ناچیز می‌باشد. لازم به ذکر است وزن هزار دانه در تیمار پساب ۵۰٪ با میانگین ۲۰۰ گرم نسبت به سایر تیمارها برتر می‌باشد. لازم به ذکر است که خصوصیات مورد بررسی از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد بوته، طول بلال، وزن بلال با پوشال و بدون پوشال و بدون پوشال به ترتیب در تیمار پساب ۵۰٪ با مقادیر میانگین ۲۲۴/۲۵ سانتی‌متر، ۲/۳۲ بوته در متر مربع، ۱۰ بوته، ۲۲/۴۱ سانتی‌متر، ۳۲۹/۳۳ گرم، ۲۶۸/۲۲ گرم در مقایسه با سایر تیمارها برتر می‌باشند. در این مطالعه تعداد دانه در بلال نیز در تیمار آبیاری با پساب ۱۰۰ درصد خالص نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری داشت.

افزایش میزان عملکرد بلال و عملکرد علوفه در تیمار آبیاری با پساب ۵۰ درصد به دلیل وجود مواد مغذی در این تیمار بوده که با رقیق‌سازی به حد تعادل رسیده است. در حالی‌که در تیمار آبیاری با آب خالص به دلیل کمبود عناصر ریز مغذی و در تیمار آبیاری با پساب خالص به دلیل بیش از حد بودن عناصر سنگین و اثرات سمیت بیش از حد سبب کاهش میزان عملکرد بلال و عملکرد علوفه شد. به هر حال بالاتر بودن عناصر غذایی مهم همچون نیتروژن در تیمار پساب ۵۰ درصد در این پژوهش باعث تغذیه مناسب گیاه در مراحل مختلف رشد و افزایش طول دوره رشد رویشی شده و در نهایت، افزایش سطح فعال فتوسنتزی

در مرحله پر شدن دانه و به تبع آن، افزایش طول سنبله را به همراه داشته است. بایستی در نظر داشت که افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه، وجود عناصر غذایی کافی در مرحله رشد زایشی گیاه نقش مثبتی در پر کردن دانه‌های گیاه ذرت داشته و با آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در طی دوره رشد باعث افزایش تعداد و وزن دانه‌ها می‌شود زیرا کاهش سطح برگ از یک سو با کاهش میزان فتوسنتز و از سوی دیگر با کاهش میزان جذب آب و عناصر غذایی زمینه کاهش معنی‌دار میزان محصول را فراهم می‌آورد. شاخص سطح برگ متأثر از میزان جذب عناصر غذایی مهم به ویژه نیتروژن می‌باشد. وجود نیتروژن کافی در خاک می‌تواند زمینه جذب کارآتر به وسیله گیاه را فراهم آورده و منتج به افزایش شاخص سطح برگ شود. آبیاری با پساب ۵۰ درصد رقیق شده اثر مثبت بر افزایش عملکرد بلال و عملکرد غلوفه ذرت داشته در حالی که در آبیاری با پساب ۱۰۰ خالص میزان عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت که نشانه اثر منفی افزایش فلزات سنگین به دلیل سمیت آن‌ها است. افزایش عناصر موجود در برگ و دانه گیاه ذرت در تیمار کاربرد پساب به دلیل وجود مقادیر بالای این عناصر در پساب و جذب آن‌ها توسط گیاه می‌باشد.

توصیه ترویجی

بنابر تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از این پژوهش و با توجه به معطل خشکسالی و کمبود منابع آب جهت توسعه فعالیت‌های کشاورزی و منابع طبیعی هم‌چنین مدیریت منابع آب و نقش کاربرد پساب‌ها در کاهش این بحران‌ها پیشنهاد می‌شود که :

- ۱- پساب ۵۰٪ با توجه به افزایش عملکرد علوفه، ارتفاع بوته، تعداد بوته در واحد سطح، وزن بلال، شاخص سطح برگ، طول بلال و هم‌چنین داشتن اثرات مفید در افزایش حاصلخیزی خاک نظیر افزایش N.P.K و مواد آلی خاک و متعادل ساختن pH خاک و محسوس نبودن آلودگی‌های زیست محیطی با این تیمار در زراعت آبی منطقه در محصولات زراعی مورد استفاده قرار گیرد. در نهایت هدایت پساب کارخانه الکل‌سازی به زمین‌های زراعی منجر به تجمع فلزات سنگین در خاک شده و اثر منفی بر گیاهان زراعی دارند ولی با رقیق‌سازی این پساب و استفاده از آن در آبیاری گیاه ذرت شاهد افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در مقایسه با گیاه شاهد و استفاده بهینه از این پساب خواهیم بود. در اینجا بایستی به این نکته توجه نمود که قبل از اینکه اقدام به آبیاری با پساب شود ابتدا پساب را از نظر وجود و میزان عناصر سنگین مورد آزمایش قرار داد و در صورت وجود مقادیر بیشتر از استاندارد از این عناصر ابتدا آب پساب را تصفیه نمود و سپس اقدام به آبیاری نماییم در غیر این صورت خطر تجمع عناصر سنگین و آلودگی خاک به عناصر سنگین وجود خواهد داشت.

1. Nasser S. Methods, hygienic criteria and management of wastewater reuse plans. Scientific, technical, social and cultural journal of water and environment, special issue of wastewater reuse 1999;34(1):13-22. (In Pearsian).
2. Lazarova V, Levine, B., Sack, J., Cirelli ,P., Jeffrey, H., Muntau, M., Salgot, M., and Brissaud, F. Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries. Water Science and Technology 2001;43: 9-25. (In Pearsian).
3. Madejon P, Maranon, T., and Murillo, J. M. . Biomonitoring of trace elements in the leaves and fruits of wild olive and holm oak trees. . Science and Total Environment 2006;335:17-29.
4. Esmailian Y, Heidari, M., and Ghanbari, A. . Effect of municipal wastewater with manure and chemical fertilizer on grain yield and yield components in corn (KoSc704). . Journal of Agronomy. 2008;7(13): 13-19. (In Pearsian).
5. Hamilton AJ, Boland, D., Stevens, J., Kelly, J., Radcliffe, A., Ziehl, P.J., Dillon, P., and Paulin, R. Position of the Australian horticultural industry with respect to the use of reclaimed water. Agricultural Water Management 2007;71:29-41.
6. Bahmanyar MA, Shahabi, M., and Bahr al-Ulumi, M. J, editor The effect of irrigation with urban and industrial effluents of Mazandaran province on the accumulation of some heavy elements in rice and spinach plants. Iranian Soil Science Congress 2005; Iran. (In Pearsian).
7. Erfani A, and Haq Nia, A. . The effect of irrigation with domestic wastewater on the yield and quality of tomatoes. Journal of Agricultural Sciences and Industries ,Ferdowsi University of Mashhad 2001;1(4):13-23.
8. Mihaylova V, Lyubomirova, V., and Djingova, R. Optimization of sample preparation and ICP-MS analysis for determination of 60 elements for characterization of the plant ionome. International Journal of Environmental and Analytical Chemistry. 2013;93:13-19.