اثر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری بر عملکرد و جذب فلزات سنگین در سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.)

عباس جلالی[۱]، محمد گلوی[۱*]، احمد قنبری[۱]، محمود رمرودی[۱] و مصطفی یوسف الهی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۱/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱۲)

چکیده

یکی از مزایای استفاده از پساب تصفیه شده شهری در کشاورزی افزایش عملکرد و از موانع آن، تجمع عناصر سنگین در گیاه است. این پژوهش به منظور بررسی میزان عملکرد و اجزای عملکرد علوفه و نیز تجمع عناصر سنگین در برگ و ساقه سورگوم تحت تأثیر شیوه‌های مختلف آبیاری با پساب تصفیه شده انجام شد. آزمایش در سال زراعی۸۷-۱۳۸۶ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل اجرا گردید. تیمارها شامل: ۱- آبیاری با آب معمولی (شاهد)، ۲- آبیاری با آب معمولی و کاربرد کودهای NPK، ۳- آبیاری با پساب در نیمه اول دوره رشد، ۴- آبیاری با پساب در نیمه دوم دوره رشد، ۵- آبیاری با پساب و آب معمولی به صورت یک در میان در طول دوره رشد و ۶- آبیاری با پساب در کل دوره رشد بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد علوفه از تیمار آبیاری با پساب و آب معمولی به صورت یک در میان و آبیاری با پساب در کل دوره رشد به دست آمد، آبیاری با پساب در کل دوره رشد و پس از آن در تیمار یک در میان باعث تجمع بیشترین میزان عناصر سنگین در اندام‌های گیاه گردید. میزان تجمع عناصر مس، سرب و آهن در برگ بیش از ساقه و تجمع روی و نیکل در ساقه بیش از برگ بود. تفاوت میزان تجمع مولیبدن و کروم در این اندام‌ها معنی‌دار نبود. عملکرد علوفه تحت تأثیر آبیاری با پساب در کل دوره رشد و آبیاری با آب معمولی به صورت یک در میان در مقایسه با آبیاری با آب معمولی و کاربرد کودهای NPK به ترتیب ۳۸/۹۶ و ۵۱/۹۵ درصد افزایش یافت. در تمام شیوه‌های آبیاری با پساب، غلظت عناصر سنگین در برگ و ساقه پایین‌تر از حد آستانه سمیت بود. براساس نتایج حاصل، به منظور استفاده از پساب تولیدی در زراعت سورگوم، شیوه آبیاری با پساب به صورت یک در میان با آب معمولی قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سورگوم، فاضلاب تصفیه شده، عناصر سنگین، عملکرد

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۲. استادیار علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی:mgalavi@yahoo.com

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]

مقدمه

بحران کمبود آب یکی از چالش‌هایی است که امروزه جهان با آن مواجه است. محدودیت منابع آب توجه محققین را به استفاده اصولی از آب‌های غیرمتعارف مانند آب‌های شور، پسآب‌های شهری و صنعتی به خود معطوف نموده است. به دلیل توسعه شهرها و افزایش مصرف آب، روزانه حجم زیادی فاضلاب خام و پساب حاصل از تصفیه فاضلاب تولید می‌شود. استفاده صحیح از پساب‌های شهری در بخش کشاورزی، علاوه بر گسترش سطح زیر کشت و افزایش تولید محصولات زراعی، از آلودگی محیط زیست نیز جلوگیری می کند. به عنوان مثال تجمع و عدم استفاده از آب‌های زاید، سبب زه‌دار شدن محل و یا رهایی آنها در منابع آب جاری مشکلات بهداشتی و زیستی را در پی خواهد داشت. به رغم جنبه‌های مفید کاربرد پساب شهری در کشاورزی به عنوان منبع غنی از عناصر غذایی، در نتیجه وجود مقادیری از فلزات سنگین و عناصر کمیاب در آن، کاربرد دراز مدت پساب در خاک‌های زراعی مشکل ساز خواهد بود و باعث انباشتگی بیش از حد این عناصر مانند سرب، کادمیوم، مس، روی و غیره در خاک می‌گردد. آلودگی خاک به عناصر سنگین موجبات ورود آنها به زنجیره غذایی از طریق جذب به وسیله گیاه و ایجاد سمیت را فراهم می آورد (۱۵). اگر چه برخی از این عناصر در مقادیری ناچیز برای رشد گیاه لازم‌اند، ولی غلظت آنها کمی بیش از حد آستانه می‌تواند برای حیات گیاهی و جانوری خطرساز باشد. بنابراین یکی از مسایل عمده‌ای که در هنگام استفاده از پساب شهری در اراضی کشاورزی باید مورد توجه قرار گیرد، احتمال تجمع عناصر سنگین در خاک است (۶). هم‌چنین در گیاهان، چگونگی توزیع و محل انباشتگی این عناصر در بین اندام های گیاهی حائز اهمیت می‌باشد، زیرا توزیع آنها در اندام‌های مختلف یک‌نواخت نیست. معمولاً تجمع این عناصر در دانه و میوه کمتر از برگ و ریشه گیاه است (۱۰). توانمندی جابه‌جایی عناصر سنگین در گیاه بستگی به نوع عنصر، اندام گیاهی و سن آن دارد (۱۴). چانی (۱۶) گزارش کرد که سرب و جیوه کمترین توان را برای رسیدن به اندام هوایی در سبزیجات و یونجه دارا می‌باشند. کاباتا- پندیاس و پندیا (۲۰) گزارش کردند کادمیوم بیشترین و سرب کمترین توان جابه‌جایی را پس از جذب در کاهو دارند. میزان تجمع سرب در اندام‌های گیاهی متفاوت است و غالباً غلظت آن در برگ بیش از سایر قسمت‌های گیاه است (۱۲). فیضی (۱۸) طی ۸ سال بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب بر تجمع عناصر سنگین در خاک و گیاه گزارش کرد که مقدار آهن و منیزیم در گیاه ذرت، میزان منگنز و روی در کاه و دانه گندم، غلظت منگنز، روی و مس در برگ و ساقه گوجه فرنگی و غلظت آهن، روی و مس در میوه گوجه فرنگی به طور معنی‌داری افزایش یافتند. در همین حال، آبیاری با پساب سبب افزایش غلظت هیچ کدام از عناصر مزبور در شاخ و برگ یونجه نشد. به طور کلی در تحقیق مزبور افزایش غلظت برخی عناصر سنگین در خاک و گیاه کمتر از حد بحرانی بود و از لحاظ بهداشتی خطری نداشت.

در صورت کاربرد لجن فاضلاب، میزان انباشتگی عناصر در گیاه به نوع اقلیم، خاک، گونه گیاهی و مدیریت کشاورزی وابسته است (۲، ۱۴ و ۱۶). شبانیان و همکاران در بررسی تأثیر آبیاری با پساب کارخانه پلی اکریل بر روی گیاهان گندم، چمن، گل میمون و قرنفل گزارش کرد که غلظت عناصر سنگین در اندام‌های هوایی کافی و زیر حد سمیت بودند ولی در ریشه این گیاهان، نمونه‌هایی دیده شد که غلظت عناصر ریزمغذی و فلزات سنگین بالاتر از حد سمیت بودند. به طور کلی غلظت عناصر ریزمغذی و فلزات سنگین در ریشه گیاهان مزبور در اثر استفاده از پساب و لجن فاضلاب بیش از شاهد بود که این امر را می‌توان به غلظت بالاتر نیترات، سولفات و کلر در خاک نسبت داد که باعث کاهش اسیدیته خاک و ایجاد ترکیبات محلول سولفات و نیترات شده و جذب عناصر ریزمغذی و فلزات سنگین را افزایش می‌دهد. غلظت بالای سدیم در پساب‌ها می‌تواند یک رقیب جدی برای خنثی کردن بارهای منفی خاک در مقابل عناصر کم مصرف باشد که در نتیجه آن، غلظت عناصر کم مصرف در محلول خاک افزایش یافته و

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]

جذب آن به وسیله گیاه افزایش می‌یابد (۹).

نتایج برخی تحقیقات حاکی از افزایش تجمع آهن، مس و روی در ریشه در مقایسه با اندام هوایی گیاهان تحت تأثیر آبیاری با پساب می‌باشد (۳ و۱۸). قابلیت ذخیره سرب در برگ گیاهان متفاوت است به طوری که کلم، کرفس و چمن علفی نسبت به ذرت و گوجه فرنگی از قابلیت تجمع بالاتری برخوردارند (۱۱، ۱۴ و ۱۵). بهره‌مند و همکاران (۲) نیز با افزودن ۳۳/۵ و ۴۵ تن لجن فاضلاب در هکتار به خاک، افزایش غیر معنی‌دار غلظت کل مس و سرب در سورگوم را گزارش کردند.

منطقه سیستان فاقد منابع آب جاری داخلی و زیر زمینی است. به دلیل کمبود آب در منطقه و نظر به تولید حجم زیاد فاضلاب شهری و هم‌چنین لزوم مصرف پساب در کشاورزی و از طرفی، بروز مسائل زیست محیطی به دلیل ویژگی‌های ترکیبات موجود در پساب و از جمله عناصر سنگین، پژوهش حاضر به منظور بررسی آثار روش‌های مختلف آبیاری با پساب تصفیه شده شهر زابل بر میزان تجمع عناصر سنگین در برگ، ساقه، کل بوته و عملکرد سورگوم انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به منظور بررسی تأثیر آبیاری با پساب تصفیه شده شهر زابل بر جذب عناصر سنگین توسط گیاه سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید در سال زراعی۸۷-۱۳۸۶، در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در خاکی با بافت شنی لومی، نیتروژن ۰/۰۴۶ درصد، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۲/۸ و ۱۸۰ پی پی ام (ppm) اجرا شد. اقلیم محل آزمایش گرم و خشک، pH خاک برابر با ۸/۳، ارتفاع از سطح دریا ۴۸۳ متر، طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی، میانگین دمای سالیانه ۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی سالیانه ۵۵ و میزان تبخیر سالیانه ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌متر است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. تیمارهای تحقیق شامل: ۱- آبیاری با آب معمولی (شاهد)، ۲- آبیاری با آب معمولی و کاربرد کودهای NPK (N: ۱۰۰، P: ۱۲۰، K: ۹۰ کیلوگرم در هکتار)، ۳- آبیاری با پساب در نیمه اول دوره رشد (مرحله رشد رویشی یعنی تا قبل از ظهور برگ پرچم)، ۴- آبیاری با پساب در نیمه دوم دوره رشد (مرحله رشد زایشی یعنی از ظهور برگ پرچم تا مرحله شیری شدن دانه)، ۵- آبیاری با پساب و آب معمولی به صورت یک در میان در طول دوره رشد و ۶- آبیاری با پساب در کل دوره رشد بودند. زمین محل طرح در سال قبل آیش بود. هر کرت ۳ متر طول و ۲/۵ متر عرض داشت. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک ها دو متر بود. بذر سورگوم در ردیف‌هایی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در عمق ۵-۳ سانتی‌متر در پانزدهم فروردین سال ۱۳۸۶ کشت شدند. پساب تصفیه شده توسط تانکر از تصفیه خانه فاضلاب شهر زابل به محل آزمایش منتقل و توسط پمپ آب به طور مساوی بین کرت‌های مد نظر توزیع می‌شد. دور آبیاری با توجه به نیاز گیاه و قبل از ایجاد تنش اعمال شد(۱۰). کیفیت پساب و آب معمولی (آب ذخیره شده در مخازن چاه نیمه که در جوار مزرعه واقع می باشد) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

برداشت محصول در مرحله شیری شدن دانه صورت گرفت. برای اندازه‌گیری عملکرد کل از وسط هر کرت یک متر مربع انتخاب و نمونه‌ها برداشت شد. برخی از ویژگی‌های گیاهی با برداشت پنج بوته تصادفی از هر تیمار اندازه‌گیری و تعیین شدند. تعداد برگ در هر بوته شمارش و میانگین آن تعیین شد. قطر ساقه در میان گره اول هر بوته به وسیله کولیس اندازه‌گیری شد. برگ و ساقه هر بوته در پاکت‌های مجزا در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس توزین شد. برای اندازه گیری عناصر ریزمغذی و عناصر سنگین روی، آهن، مس، سرب، کروم، نیکل و مولیبدن از روش هضم سوزاندن خشک(Dry Ashing) و ترکیب با اسید فلوئوریدریک استفاده شد. عصاره‌ای که به این روش تهیه می‌شود برای اندازه‌گیری عناصر غذایی مختلف به جز نیتروژن، بر و سیلیس

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]

جدول ۱. کیفیت شیمیایی آب معمولی و پساب تصفیه شده شهر زابل در سال۱۳۸۶ (میلی گرم در لیتر)

معیار اندازه‌گیری	آب معمولی	مرز استاندارد[۱۰]	پساب مورد آزمایش	مرز استاندارد[۱۰]	مرز استاندارد[۶] آلوده کننده‌ها در پساب برای:	
					مصارف کشاورزی سطحی	تخلیه در آبها
pH	۷/۸	۷/۶	۸/۲	۷/۶	۶-۸/۵	۶-۸/۵
هدایت الکتریکی (ds/m)	۲/۰۴	۲/۶۱	۴/۵-۵/۵	۲/۹۷	۰-	-
کلسیم	۱۴۰	۲۰۰	۹۰	-	-	۷۵
منیزیم	۱۰۰	۲۹/۵	۸۵/۲	-	۱۰۰	۱۰۰
سولفات	۳۷۴/۴	۵۰۱/۱	۷۳۹/۲	-	۵۰۰	۴۰۰
نیترات	-	-	۱۳/۲	-	-	۵۰
فسفات	-	-	۱۳/۵	۴/۱	-	۶
بر	-	-	۳/۳	-	-	۲
سدیم	۲۵۳	۸۹۹/۳۰	۹۱۵/۴	-	-	-
پتاسیم	-	-	۲۲/۶۲	-	-	-
مس	-	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۲	۰/۲	۱
منگنز	-	-	۰/۰۳۹	-	۱	۱
روی	-	-	۰/۰۱۷	-	۲	۲
آهن	-	۰/۱۱	۰/۲	۰/۳۳	۳	۳
کروم	۰/۰۱	-	۰/۰۱	۰/۰۲	-	-
سرب	۰/۰۲	۰/۱۶	/۰۱	۰/۱۹	۱	۱
نیکل	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۶	۲	۲
مولیبدن	۰/۰۶۴	-	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۱

به دلیل ناچیز بودن عناصر قابل اندازه‌گیری نبود.

قابل استفاده است (۵ و ۱۴). غلظت عناصر سنگین در ساقه و برگ گیاه به طور جداگانه اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه خشک

بیشترین عملکرد علوفه در تیمارهای آبیاری با پساب به صورت یک در میان و پساب در کل دوره رشد مشاهده شد. این دو تیمار با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، در حالی‌که اختلاف آنها با سایر تیمارها معنی‌دار ($P<0/05$) بود (جدول۲) علیزاده و همکاران (۱۵) نیز افزایش عملکرد سورگوم در تیمار آبیاری با پساب در تمام مراحل رشد در مقایسه با آبیاری با آب معمولی در تمام مراحل رشد را گزارش کرده‌اند. احتمالاً مقادیر بالای نیتروژن نیتراتی موجود در پساب تصفیه شده خانگی باعث افزایش عملکرد گیاه شده است.

کمترین عملکرد از تیمار شاهد و بعد از آن از تیمار آبیاری با آب معمولی و مصرف کود شیمیاییNPK مشاهده شد. مصرف کودهای شیمیایی NPK در این آزمایش در مقایسه با شاهد باعث افزایش عملکرد شد (جدول ۳)، اما افزایش عملکرد تحت تأثیر کاربرد پساب تصفیه شده به مقادیر و در مراحل مختلف، به طور بسیار معنی داری بیشتر از تیمار مصرف کود بود (جدول ۳) که نشان می دهد مصرف کودهای شیمیاییNPK به تنهایی برای حصول حداکثر عملکرد کافی نیستند و احتمالاً سایر عناصر مغذی ماکرو و میکرو (جدول ۱) موجود در پساب سبب افزایش عملکرد در تیمارهای پساب گردیده است. محققین دیگری نیز با استفاده از انواع کودهای

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]

جدول۲. تجزیه واریانس مربوط به تیمارهای آبیاری با پساب بر میانگین عملکرد علوفه خشک و برخی از ویژگی‌های تک بوته سورگوم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن تر برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	قطر ساقه	تعداد برگ	عملکرد علوفه خشک
تکرار	۳	۶٫۳۰	۱۱٫۴	۶٫۶	۶٫۶	۰/۰۰۲	۲٫۹۴	۱٫۱
تیمار	۵	۱۳۴٫۲**	۷۵۲٫۷**	۱۴٫۹۶**	۵۲٫۱۵**	۰/۰۹۲**	۳۴٫۹**	۱۶٫۴**
خطای آزمایش	۱۵	۸۶٫۲۲	۴۷۴٫۷	۱۱٫۸	۳۵٫۰	۰/۰۶	۲۲٫۹	۱۰٫۷
ضریب تغییرات (درصد)	–	۸٫۴	۱۰٫۴	۱۰٫۷	۱۲٫۵	۵٫۴	۶٫۸	۵٫۷

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول۳. تأثیر تیمارهای آبیاری با پساب بر میانگین عملکرد علوفه خشک و برخی از ویژگی‌های تک بوته سورگوم

تیمار	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	وزن تر برگ (بوته/گرم)	وزن تر ساقه (بوته/گرم)	وزن خشک برگ (بوته/گرم)	وزن خشک ساقه (بوته/گرم)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	تعداد برگ
شاهد	۷٫۷d	۱۸٫۹c	۳۷٫۰c	۸٫۹c	۱۴٫۳b	۱٫۱۰d	۱۵٫۹d
آبیاری با آب معمولی همراه با NPK	۹٫۳c	۲۳٫۱b	۴۷٫۹b	۱۱٫۳b	۱۵٫۹b	۱٫۲۱c	۱۷٫۳c
آبیاری یا پساب در نیمه اول رشد	۱۱٫۵b	۳۱٫۵a	۶۵٫۱a	۱۳٫۳ab	۲۱٫۰a	۱٫۳b	۱۹٫۷b
آبیاری یا پساب در نیمه دوم رشد	۱۱٫۰b	۳۱٫۴a	۵۰٫۹b	۱۲٫۷ab	۲۰٫۲a	۱٫۴ab	۱۸٫۴bc
آبیاری یا پساب و آب معمولی به صورت یک درمیان	۱۲٫۹a	۳۲٫۵a	۶۸٫۶a	۱۳٫۵a	۲۲٫۶a	۱٫۴a	۲۳٫۵a
آبیاری یا پساب در کل دوره رشد	۱۲٫۷a	۳۲٫۱a	۷۱٫۹a	۱۴٫۳a	۲۳٫۱a	۱٫۵a	۲۲٫۶a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

شیمیایی ماکرو و میکرو و هم‌چنین محلول‌پاشی با عناصر ریز مغذی، افزایش عملکرد ذرت و سورگوم را گزارش داده‌اند (۱، ۹ و ۱۰).

وزن تر و خشک برگ

مقایسه میانگین وزن تر برگ نشان داد که بین آبیاری با پساب در کل دوره رشد، پساب به صورت یک در میان، پساب در نیمه اول رشد و نیمه دوم رشد اختلاف معنی‌داری نبود، ولی اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین وزن تر این تیمارها نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۲ و ۳). کمترین وزن تر برگ در تیمار شاهد (۱۸/۸۵گرم) و بعد از آن با اختلاف معنی‌دار در آبیاری با آب معمولی همراه با مصرف NPK (۲۳/۱۲ گرم) مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) داشت (جدول ۳). بیشترین وزن خشک برگ در تیمارهای

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]

پساب در کل دوره رشد و پساب به صورت یک در میان به دست آمد ولی تفاوت بین تیمارهای آبیاری با پساب در نیمه اول و نیمه دوم از لحاظ آماری معنی‌داری نبود (جدول ۳). کمترین وزن خشک برگ در شاهد (۸/۹۴ گرم) و بعد از آن در آبیاری با آب معمولی همراه با مصرف NPK (۱۱/۳۱ گرم) به دست آمد که تفاوت آن با سایر تیمارها معنی‌داری ($P<0/05$) بود (جداول ۲ و ۳). آبیاری با پساب به دلیل وجود عناصر غذایی همراه، سبب افزایش حجم و آماس بیشتر سلول‌ها و در نتیجه منجر به افزایش وزن تر و وزن خشک برگ در مقایسه با شاهد گردید که با نتایج سایر محققین تطابق دارد (۱۰، ۱۱ و ۱۵).

وزن تر و خشک ساقه- بیشترین وزن تر ساقه در تیمارهای آبیاری با پساب به دست آمد و به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود (جداول ۲ و ۳). کمترین وزن تر ساقه در تیمار شاهد و پس از آن با اختلاف معنی‌داری ($P<0/01$) در آبیاری با آب معمولی همراه با مصرف NPK مشاهده شد (جدول ۳). اختلاف بین تیمار مصرف کود شیمیایی NPK و آبیاری با پساب در مرحله دوم رشد از نظر آماری معنی‌دار نبود. این مطلب نشان می‌دهد که آبیاری با پساب در مراحل آخر رشد نتوانسته است کمبود رشد گیاه و کاهش وزن تر ساقه را جبران نماید و مبین تأثیر بیشتر تأمین عناصر غذایی در مراحل اولیه رشد سورگوم در مقایسه با مراحل بعدی (مرحله دوم) رشد می‌باشد. در حالی که آبیاری کامل یا آبیاری در مراحل اول رشد و هم‌چنین آبیاری یک در میان با پساب، به طور معنی‌داری وزن تر ساقه را افزایش داد. گرچه مصرف NPK همراه آبیاری باعث افزایش وزن تر ساقه گردید ولی این افزایش کمتر از افزایش وزن تر ناشی از آبیاری با پساب بود. روند تغییرات وزن خشک ساقه مشابه تغییرات وزن تر آن بود (جدول ۳) و با نتایج تحقیقات دای و تکر (۱۷) مبنی بر افزایش وزن خشک ساقه سورگوم تحت تأثیر آبیاری با فاضلاب تطابق دارد.

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اختلاف بین تیمارهای آبیاری از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری‌که بیشترین قطر ساقه در تیمار آبیاری با پساب در کل دوره رشد و کاربرد پساب به صورت یک در میان (به ترتیب ۱/۴۷ و ۱/۴۲ سانتی‌متر) بود. کمترین قطر ساقه متعلق به شاهد بود و بعد از آن تیمار مصرف کودهای شیمیایی همراه آبیاری قرار داشت. اگرچه اختلاف بین قطر ساقه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری با پساب در نیمه اول و نیمه دوم رشد از نظر آماری معنی‌دار نبود اما افزایش قطر ساقه در تیمار پساب در نیمه دوم رشد نشان‌دهنده فراهمی مواد غذایی در این تیمار و در این مرحله از رشد برای گیاه می‌باشد (جدول ۳). با توجه به نتایج می‌توان دریافت که قطر ساقه در طی مراحل نموی گیاه تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و تامین عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و پتاسیم توسط پساب باعث رشد بهتر گیاه و افزایش مقاومت گیاهی می‌گردد و قطر ساقه نیز افزایش می‌یابد. دای و توکر نتایج مشابهی در سورگوم گزارش کردند (۱۷).

تعداد برگ در گیاه- بیشترین تعداد برگ در تیمارهای مصرف پساب به صورت یک در میان و آبیاری کامل با پساب دیده شد. اختلاف بین تیمارهای آبیاری پساب در نیمه اول رشد و نیمه دوم رشد از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. هم‌چنین تفاوت بین آبیاری با پساب در نیمه دوم رشد و آبیاری با آب معمولی همراه مصرف NPK معنی‌دار نبود (جدول ۲). کمترین تعداد برگ در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۳). احتمالاً کمبود عناصر غذایی ماکرو و میکرو در تیمار شاهد باعث کاهش تعداد برگ و ارتفاع گیاه شده است. تعداد برگ یا شاخص پر برگی یکی از موارد مهم در گیاهان علوفه‌ای است که خوش‌خوراکی و قابلیت هضم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش تعداد برگ سورگوم بر اثر مصرف کودهای آلی و شیمیایی گزارش شده است (۱).

غلظت عناصر سنگین در ساقه

میزان تجمع برخی عناصر سنگین در ساقه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ۴).

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]

جدول ۴. تجزیه واریانس آثار تیمارهای مختلف آبیاری با پساب بر غلظت عناصر سنگین در ساقه و برگ سورگوم علوفه‌ای

عناصر/ منابع تغییر	بلوک	تیمار	خطا	ضریب تغییرات(درصد)
ساقه				
Zn	۱۲/۸	۳۷۳/۲**	۵/۱۲	۳/۲
Cu	۰/۸۱	۱۲/۲**	۰/۳۰۵	۳/۷
Fe	۳۱/۵	۲۲۴/۷**	۲۲/۴۷	۳/۷
Cr	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۴ns	۰/۰۰۰۰۴	۲/۵
Pb	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۲ns	۰/۰۰۳	۵/۴
Ni	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۲ns	۰/۰۰۰۲	۲/۴
Mo	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲۴ns	۰/۰۰۰۱	۴/۲
برگ				
Zn	۴/۴۲	۴۴/۸**	۲/۰۵	۲/۴
Cu	۳/۰۵	۱۰/۱۷**	۲۰/۳	۷/۳
Fe	۲۰۲/۲	۷۴۶۰/۷**	۱۷۹/۷	۴/۳
Cr	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۱ *	۰/۰۰۰۰۱۵	۱/۷
Pb	۰/۰۱۳	۰/۰۱۸ns	۰/۰۹	۴/۴
Ni	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴۲**	۰/۰۰۰۴۳	۴/۱
Mo	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲ *	۰/۰۰۰۰۴۴	۲/۷

* و ** : به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns : عدم معنی‌داری

اختلاف میزان تجمع عناصر نیکل، کروم، سرب، مولیبدن بین تیمارهای آبیاری با پساب، معنی‌دار نبود (جداول ۴ و۵). حداکثر غلظت روی در آبیاری با پساب به صورت یک در میان مشاهده شد و تفاوت میانگین آن با سایر روش‌های آبیاری معنی‌دار بود. افزایش جذب روی در این تیمار نسبت به آبیاری کامل با پساب، احتمالاً به دلیل فراهمی شرایط بهینه جذب مثل اسیدیته مناسب، شستشوی کربنات و غیره در اثر اعمال آبیاری با آب معمولی به صورت یک در میان در طی دوره رشد بوده است. هم‌چنین مصرف پساب سبب افزایش غلظت نیترات، سولفات و کلر در خاک می گردد که با کاهش اسیدیته و ایجاد ترکیبات محلول سولفات و نیترات، جذب عناصر کم مصرف از جمله روی را افزایش می‌دهد (۲، ۹ و ۱۸). غلظت آهن و مس نیز شدیداً تحت تأثیر تیمارهای آبیاری تفاوت نشان داد (جدول ۴). به طوری که غلظت این عناصر در کلیه تیمارهای آبیاری با فاضلاب در مقایسه با شاهد بیشتر بودند (جدول ۵). بالا بودن غلظت این عناصر در پساب می‌تواند دلیل این امر باشد.

غلظت عناصرسنگین در برگ- نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۴) که غلظت تمام عناصر مورد بررسی، غیر از سرب در برگ به طور معنی‌داری ($P<0/05$) تحت تأثیر آبیاری قرار گرفتند. حداکثر میزان روی در تیمار یک در میان و پس از آن در تیمار آبیاری با پساب در کل دوره رشد مشاهده شد. میانگین غلظت روی در کلیه تیمارهای استفاده از پساب بیشتر از غلظت آن در تیمار شاهد بود (جدول ۵). البته غلظت روی در گیاه پایین‌تر از آستانه سمیت آن یعنی ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک بود (۶). در این آزمایش غلظت روی در برگ نسبت به ساقه کمتر بود (جدول ۵) که احتمالاً چنین نتیجه‌ای به دلیل تحرک کم روی در گیاه می‌باشد و همین عامل مانع انتقال آن به اندام هوایی می‌گردد (۱۹).

غلظت مس در برگ نیز تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت (جدول ۴) به طوری که تفاوت غلظت آن بین تیمارهای آبیاری با پساب معنی‌دار نبود، ولی کلیه تیمارها با شاهد تفاوت معنی‌دار پساب ($P<0/05$) نشان دادند (جدول ۵). غلظت مس

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]

جدول۵. مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر سنگین در ساقه و برگ سورگوم (mg/kg) تحت تأثیر روش‌های مختلف آبیاری با پساب

عناصر	شاهد	نیمه دوم پساب	نیمه اول پساب	یک در میان پساب	کل دوره پساب
ساقه					
Zn	۶۹/۹^{b}	۷۲/۳^{b}	۷۴/۰^{b}	۸۱/۹^{a}	۷۴/۳^{b}
Cu	۱۳/۳^{b}	۱۷/۴^{a}	۱۷/۷^{a}	۱۷/۴^{a}	۱۷/۷^{a}
Fe	۱۲۸^{a}	۱۴۲/۷^{a}	۱۴۳/۵^{a}	۱۴۳/۹^{a}	۱۴۴/۴^{a}
Cr	۰/۲^{a}	۰/۲^{a}	۰/۲^{a}	۰/۲^{a}	۰/۲^{a}
Pb	۵/۴^{a}	۷/۷^{a}	۷/۸^{a}	۷/۷^{a}	۷/۸^{a}
Ni	۰/۵^{a}	۰/۵^{a}	۰/۵^{a}	۰/۵^{A}	۰/۵^{a}
Mo	۰/۲^{a}	۰/۲^{a}	۰/۲^{a}	۰/۲^{a}	۰/۲^{a}
برگ					
Zn	۵۶/۸^{d}	۶۳/۲^{c}	۶۳/۲^{c}	۶۷/۱^{a}	۶۴/۵^{b}
Cu	۱۷/۱^{b}	۲۰/۹^{a}	۲۱/۳^{a}	۲۰/۳^{a}	۱۹/۹^{a}
Fe	۲۱۴/۹^{b}	۳۳۲/۲^{a}	۳۳۰/ ۷^{a}	۳۵۱/۵^{a}	۳۳۸/۵^{a}
Cr	۰/۲۳^{c}	۰/۲۳^{bc}	۰/۲۴^{ab}	۰/۲۴^{a}	۰/۲۴^{ab}
Pb	۷/۷^{a}	۷/۸^{a}	۷/۹^{a}	۷/۸^{a}	۷/۹^{a}
Ni	۰/۴۷^{c}	۰/۵^{ab}	۰/۵^{ab}	۰/۵^{a}	۰/۵^{a}
Mo	۰/۲^{b}	۰/۲^{b}	۰/۲^{b}	۰/۳^{a}	۰/۳^{a}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

در برگ پایین‌تر از آستانه سمیت یعنی ۱۰ میلی‌گرم برکیلوگرم ماده خشک بود (۶).

غلظت مس در برگ نسبت به ساقه بیشتر بود که به دلیل نقش مس در سیستم‌های آنزیمی اکسیداز کاتالاز و واکنش‌های انتقال الکترون است و مبین تحرک مس در گیاه و انتقال آن به اندام هوایی می‌باشد (۱۸). روند واکنش آهن به تیمارهای آزمایش مشابه مس بود. مهم‌ترین کاربرد آهن در گیاهان نقش کلیدی آن در ملکول کلروفیل است. این عنصر هم‌چنین، فعالیت آنزیم‌های مسئول چرخه انتقال انرژی، تنفس و تثبیت نیتروژن را تنظیم می‌کند (۳). حد مناسب میزان این عنصر در برگ ذرت ۳۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۶).

حداکثر میزان کروم در تیمار آبیاری یک در میان با پساب مشاهده شد. افزایش غلظت کروم در این تیمار نسبت به سایر تیمارها به تفاوت در شیوه آبیاری مربوط می‌شود. آبشویی بعضی از عناصر مثل نیترات و نمک‌های قلیایی از خاک در نتیجه اعمال آبیاری به صورت یک در میان موجب ایجاد pH مناسب و در نتیجه شرایط بهینه جذب برای این فلز و دیگر عناصر می‌شود (۱۸).

گرچه تفاوت غلظت سرب برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایش معنی‌دار نبود (جدول ۴) ولی میزان افزایش آن در برگ نسبت به ساقه بیشتر بود (جدول ۵) که با یافته‌های شبانیان بروجنی تطابق دارد (۷). تجمع سرب و نیکل در برگ روندی مشابه مس داشتند. سرب پس از جذب در کاهو توان جابه‌جایی کمی در گیاه دارد (۱۱). زادهوش (۵) در بررسی تجمع سرب در اندام‌های گندم، غلظت این عنصر را در کاه و دانه گندم کمتر از حد استاندارد (که خطری برای مصرف کنندگان ندارد) گزارش کرده است. غالباً غلظت سرب در برگ بیش از سایر قسمت‌های گیاه است. افزایش مقدار سرب در گیاه می‌تواند جلوی رشد ریشه و جذب مواد غذایی توسط گیاه را بگیرد (۱۲).

تجمع نیکل و مولیبدن تحت تأثیر تیمارهای آبیاری با پساب

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]

قرار گرفت (آستانه سمیت آنها ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک است). تفاوت معنی‌داری در غلظت کروم و مولیبدن بین ساقه و برگ مشاهده نشد (جدول ۵)، که این امر نشان دهنده توزیع یکسان این دو عنصر بین قسمت‌های مختلف گیاه می‌باشد (۱۵). در این تحقیق غلظت عناصر مذکور در گیاه کمتر از آستانه سمیت بود که احتمالاً شرایط اقلیمی گرم و خشک منطقه، خصوصیات خاک (بویژه پ.هاش بالا) و تأثیر این عوامل بر جذب عناصر ریز مغذی و فلزات سنگین توسط گیاه(۴ و۱۳) و از طرفی نبود کارخانجات و فاضلاب صنعتی در شهرستان زابل، می‌تواند دلایل این امر باشد. اما قابل ذکر است که در نهایت این عناصر به چرخه غذایی وارد می‌شوند و تجمع زیستی آنها در سطوح غذایی در دراز مدت می‌تواند در انسان و دام ایجاد سمیت کند (۸ و ۱۸).

نتیجه‌گیری

هر چند پساب حاصل از تصفیه فاضلاب به عنوان یکی از منابع غیر متعارف آب مورد توجه می‌باشد اما برخی نگرانی‌های زیست محیطی از جمله تجمع فلزات سنگین در خاک و اندام‌های گیاهی وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد که با اعمال مدیریت صحیح آبیاری می‌توان علاوه بر استفاده بهینه از این منبع، از آلودگی خاک به فلزات سنگین و انتقال آن به زنجیره‌های غذایی ممانعت کرد. بنابراین، برای کاهش خطر احتمالی تجمع عناصر در گیاه و انتقال آن به دام و انسان و هم‌چنین، کاهش شور و سدیمی شدن خاک، تجمع نیترات و آلودگی‌های میکروبی در خاک و گیاه، روشی را جهت استفاده پایدار از این منبع اتخاذ کرد و از عواقب زیست محیطی آن کاست.

بر طبق نتایج، حداکثر عملکرد علوفه و حداکثر غلظت فلزات سنگین در اندام‌های گیاه سورگوم مربوط به تیمار آبیاری با پساب در کل دوره رشد و پس از آن آبیاری با پساب به صورت یک در میان بود و هم‌چنین غلظت فلزات سنگین در برگ که منبع فعال گیاه محسوب می‌گردد، بیش از ساقه بود. هر چند میزان عناصر کمتر از آستانه سمیت بود و خطراتی برای دام در کوتاه مدت نخواهد داشت، توصیه می‌شود به منظور استفاده حداکثر از پساب و تا حدودی کاهش خطرات ناشی از آن، آبیاری سورگوم با پساب به صورت یک در میان با آب معمولی انجام پذیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق با همکاری پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل انجام گردید.

منابع مورد استفاده

۱. اسماعیل‌زاده مقدم، م. و ح. اکبری مقدم. ۱۳۸۲. معرفی رقم سورگوم اسپیدفید. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت ترویج و نظام بهره‌برداری.

۲. بهره‌مند، م. ر.، م. افیونی، م. ع. حاج عباسی و ی. رضایی نژاد. ۱۳۸۱. اثر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶ (۴): ۱-۱۰.

۳. ذوالفقاران، ا.۱۳۸۰. تأثیر پسآب‌های تصفیه شده خانگی بر رشد و ترکیبات شیمیایی کلزا و ویژگی‌های خاک. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، تهران.

۴. رفیعی، م.، ح. نادیان، ق. نورمحمدی و م. کریمیان. ۱۳۸۳. اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر غلظت و کل جذب عناصر در ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۵(۱): ۲۳۵-۲۴۳.

۵. زادهوش، ع. و ح. فرداد.۱۳۸۱. بررسی آبیاری با پساب فاضلاب بر عملکرد کمی و کیفی گندم. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۲ (۳): ۳۴-۴۲.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]

۶. سازمان حفاظت محیط زیست ایران. ۱۳۷۸. ضوابط و استانداردهای زیست محیطی. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست ایران.
۷. شبانیان بروجنی، ح. ا. ۱۳۸۴. اثر پساب فاضلاب کارخانه پلی اکریل ایران بر جذب عناصر و رشد و نمو گیاهان چمن، میمون و قرنفل. مجله علوم وفنون باغبانی ایران۶(۳): ۲۲-۳۱.
۸. شبانیان بروجنی، ح. ا. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر پساب و لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل بر رشد و غلظت عناصر سنگین در چند نمونه از گیاهان فضای سبز و گندم. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی‌اصفهان .
۹. صفری سنجانی، ع. ۱۳۷۴. پیامد آبیاری با پساب بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک ناحیه برخوار اصفهان و انباشتگی برخی عناصر در گیاه یونجه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۱۰. طایی سمیرمی، ج. ۱۳۸۴. بررسی اثر پساب تصفیه شده زابل بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و خصوصیات خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.
۱۱. عرفانی، ع.، غ. حق‌نیا و ا. علیزاده. ۱۳۸۱. تأثیر آبیاری با فاضلاب بر عملکرد و کیفیت کاهو و برخی ویژگی‌های خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶(۱):۷۱-۹۰.
۱۲. فرزانگان، ز. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر کشت کلزا و سورگوم در کاهش آلودگی کادمیوم و سرب خاک. دهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه تهران، کرج.
۱۳. نوابی، ف. و م. ملکوتی. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر تغذیه متعادل عناصر غذایی بر کمیت و کیفیت ذرت دانه‌ای در داراب. مجله علوم آب و خاک ۱۶(۲):۱۶۰-۱۶۹.
۱۴. واثقی، س.، ح. شریعتمداری، م. افیونی و م. مبلی. ۱۳۸۰. اثر لجن فاضلاب بر غلظت فلزات سنگین در گیاهان کاهو و اسفناج در خاک‌های با اسیدیته متفاوت. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۲(۳ و ۴): ۱۲۵-۱۴۲.
15. Alizadeh, A., M. E. Bazari, S. Velayati, M. Hasheminia and M. Yaghmaie. 2001. Irrigation of cron with wastewater. PP. 137-146, *In*: R. Ragab, G. Pearce, J. Changkim, S. Nairizi and A. Hamdy. (Eds.), 52nd ICID International Workshop on Wastewater Reuse and Management. Seoul, Korea.
16. Chaney, R. L. 1982. Fate of toxic substances in sludge applied to cropland. Acta Agrophysica 10(1): 89-102.
17. Day, A. D. and T. C. Tucker. 1997. Effects of treated wastewater on growth, fiber, protein and amino acid content of sorghum grain. J. Environ. Qual. 6(3):325-327.
18. Feizi, M. 2001. Effect of treated wastewater on accumulation of heavy metals in plant and soil. PP. 142-151, *In*: R. Ragab, G. Pearce, J. Changkim, S. Nairizi and A. Hamdy (Eds.), 52nd ICID, International Workshop on Wastewater Reuse and Management. Seoul, Korea.
19. Jamali, M. K., T. G. Kazi and M. B. Arain. 2007. Heavy metals from soil and domestic sewage sludge and their transfer to sorghum plants. Environ. Chem. Lett. 5:209-218.
20. Kabata-Pendias, A. and H. Pendia. 1992. Trace Element in Soils and Plants. CRC Press., Boca Raton Ann. Arbor. London.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-11-22]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.52.2.7]