تأثیر پساب کارخانه قند بردرصد عناصر اندام هوایی، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم

محمودرضا تدین[1*]

(تاریخ دریافت: ۸۶/۷/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۲/۲۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر پساب کارخانه قند بر درصد عناصر اندام هوایی (شاخساره)، عملکرد و اجزای عملکرد و کیفیت دانه دو رقم گندم، پژوهشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در محدوده کارخانه قند اقلید به اجرا در آمد. تیمارها شامل دو رقم گندم الموت و زرین و دو سطح آبیاری با آب چشمه (شاهد) و آبیاری پساب کارخانه قند بود. پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که آبیاری با پساب کارخانه قند منجر به افزایش درصد نیتروژن، فسفر و کلسیم اندام هوایی و کاهش غلظت عناصر آهن، منگنز، روی، مس و بور شد ولی تأثیر معنی‌داری بر درصد عناصر پتاسیم، منیزیم و گوگرد نداشت. نتایج نشان داد که درصد نیتروژن در تیمار شاهد در هر دو رقم الموت و زرین به ترتیب ۲/۴۱ و ۲/۵۴ درصد و در تیمار پساب ۳/۲۸ و ۳/۴۱ درصد، درصد فسفر در تیمار شاهد ۴۲/ و ۴۷/ درصد و در تیمار پساب ۴۶/ و ۵۱/ درصد و کلسیم در تیمار شاهد ۲۹/ و ۳۲/ درصد و در تیمار پساب به ۴۷/ و ۴۸/ درصد افزایش یافت. در هر دو سال آزمایش و در هر دو رقم گندم کمترین تعداد پنجه، تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت از تیمار آبیاری با پساب به‌دست آمد هر چند که این میزان کاهش در رقم الموت بیشتر از رقم زرین بود. در هر دو رقم الموت و زرین کمترین تعداد پنجه به ترتیب با ۲/۳۳ و ۲/۵۶ ، تعداد سنبله با ۱/۸۳ و ۱/۹۲، تعداد دانه در سنبله با ۳۱/۶۷ و ۳۲/۵۱ عدد ، عملکرد دانه با ۵۲۳۳ و ۵۵۳۲ کیلوگرم در هکتار، شاخص برداشت با ۳۲/۰۳ و ۳۳/۵۳ درصد و بهره وری آب با ۷۲/ و ۷۵/ کیلوگرم بر متر مربع از تیمار پساب در مقایسه با شاهد به دست آمد. نتایج نشان داد که استفاده از پساب کارخانه می‌تواند منجر به کاهش درصد عناصر غذایی موجود در دانه و عملکرد دانه گندم شود.

واژه‌های کلیدی: گندم، پساب کارخانه قند، عملکرد دانه، عناصر غذایی

مقدمه

سالانه در کشور، سطحی حدود ۱۷۰۰۰۰ هکتار به کشت چغندر قند اختصاص می‌یابد که محصول تولیدی معادل ۴۶۴۹۰۱۷ تن می‌باشد. کارخانجات قند در کشور بیشتر در زمین‌های حاصلخیز و در مناطق شهری واقع شده، پساب آنها زمین‌های مجاور را در سطح نسبتا وسیعی آبیاری می‌کنند با این حال تاکنون اثرهای پساب کارخانه‌ها بر ویژگی‌های خاک زمین‌های کشاورزی زیر دست و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد محصولات زراعی مانند گندم که مستقیم یا غیر مستقیم در زنجیره غذایی انسان و دام وارد می‌شوند، کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۱).

گسترش هر چند پراکنده صنایع، در داخل و نزدیکی محدوده‌های شهری، که خود مصرف کننده مهم آب می‌باشند، آلاینده مهمی هستند که می‌توانند اثرات گوناگونی بر محیط زیست و از جمله تأثیر مستقیمی بر چرخه آب داشته باشند. مصرف

۱. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]

آب در کشاورزی، به عنوان مهم ترین مصرف کننده، هر چند ممکن است در داخل شهرها کمتر صورت گیرد ، ولی در پیرامون شهرها به صورت بیشتر استفاده می‌شوند (۱۰). غلظت فلزات سنگین مانند Pb, Ni, Cd, Cu, Zn در خاک‌های جهان رو به افزایش است (۱۶). از جمله عوامل اصلی این افزایش مصرف مواد حاصل‌خیز کننده، اصلاح کننده، آفت کش‌ها و فاضلاب‌ها در زمین‌های کشاورزی می‌باشد که در میان آنها لجن، کمپوست و فاضلاب سهم به سزایی داشته و سرب، روی و کادمیوم به عنوان عناصر مهم در این رابطه مطرح شده‌اند (۲۴).

کاربرد فاضلاب‌های پالایش شده در آبیاری کشت زارها، بسته به ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن می‌تواند برخی از ویژگی‌های خاک و گیاهان زراعی را دگرگون سازد (۱۷). فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی و غیره از مهم‌ترین منابع آلوده کننده آب‌ها به شمار می‌آیند که این منابع آلوده کننده، دربرگیرنده ترکیب‌های آلی و معدنی است (۱۵). پژوهش‌های زیادی در زمینه بررسی آلودگی رسوبات رودخانه‌ها و نقش رسوبات در آلوده کردن آب رودخانه‌ها در نقاط گوناگون دنیا انجام شده است (۱۸ و ۲۵). بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که فرایندهای بیوژئوشیمیایی، باعث تغییر در غلظت مواد مغذی قابل حل، مواد آلی و فلزهای سنگین می‌شود (۲۰). بنابراین، عناصر شیمیایی محلول در آب، از خود واکنش نشان داده و از فاز محلول خارج می‌شوند و بر اثر پدیده جذب سطحی با رسوبات مدفون می‌شوند. به بیان دیگر عناصر سمی جذب شده، در رسوبات، که به صورت غیر فعال هستند می‌توانند بر اثر تغییر شرایط فعال شده و اثرهای آلودگی شدیدی را ایجاد کند (۲۶).

نتیجه پژوهش انجام شده بر رودخانه کارون در کشور نشان‌دهنده افزایش روزافزون انواع آلاینده‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی آب رودخانه کارون بر اثر تخلیه مستقیم و بدون پالایش انواع زه‌آب‌های کشاورزی، پساب و فاضلاب‌های صنعتی و شهری و خانگی می‌باشد (۸). بر پایه مطالعات انجام شده روی فاضلاب کارخانه قند یاسوج، درخلال یک دوره تولید شکر، به ازای هر ۱۰۰۰ تن مواد اولیه مصرفی در روز، نزدیک به ۷۰۰۰ متر مکعب فاضلاب تولید شد که به ازای هر تن مواد اولیه مصرفی، ۳۴ کیلوگرم اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه بیولوژیک و ۴۶ کیلوگرم اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه شیمیایی در روز نیاز بود (۱۲).

در پژوهش علیزاده (۱۱) در مشهد روی گیاهان کاهو و هویج مصرف آنها به علت آبیاری با فاضلاب، به دلیل مسائل بهداشتی توصیه نشد. این در حالی است که استفاده از فاضلاب برای آبیاری گیاهان صنعتی (پنبه و گیاهان روغنی) و درختان جنگلی در کمربند سبز پیرامون شهرها توصیه شده است. مونت و سوزا (۲۱) با کشت ۳ گیاه، ذرت از غلات، سورگم از گیاهان علوفه‌ای و آفتابگردان از گیاهان روغنی، در خاک‌های شنی کشور پرتغال و آبیاری با فاضلاب و آب شیرین به همراه کود شیمیایی نشان داده‌اند که عملکرد گیاهانی که با فاضلاب آبیاری شده بودند بیشتر بوده است.

آلودگی شیمیایی آب‌ها بسیار جدی است و بر خلاف آلودگی میکروبی ممکن است اثرهای آن سال‌های مدیدی، پس از آلودگی مشاهده شود. امروزه مقادیر زیادی از مواد زائد صنعتی و کشاورزی وارد آب‌ها می‌شوند. بسیاری از این مواد شیمیایی، می‌تواند از راه بیولوژیکی در برخی از جانداران و زنجیره غذایی آنها انباشته شوند (۴).

جعفر زاده حقیقی (۷) در پژوهشی پیرامون تأثیر استفاده از فاضلاب شیراز، در آبیاری محصولات کشاورزی، براین باور است که تخلیه فاضلاب‌ها به رودخانه شیراز، باعث شده تا غلظت فلزات سنگین از حدود مجاز، برای استفاده از آبیاری گیاهان زراعی بیشتر باشد و میانگین سرب، آهن، کادمیوم و مس موجود، در گیاهان مورد بررسی، از مقادیر توصیه شده بیشتر باشد. او معتقد است کاربرد مستقیم فاضلاب‌های تخلیه شده، به رودخانه فصلی شیراز، به دلیل وجود عناصر گوناگون فلزی در آنها، در دراز مدت می‌تواند منجر به افزایش آلودگی خاک‌های مجاور رودخانه و انتقال برخی از عناصر آلاینده به فرآورده‌های کشاورزی شود.

فلزات سنگین در خاک‌ها به شکل‌های گوناگونی بوده و هر یک دارای شکل‌های متحرک جذب‌پذیر متفاوتی هستند

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و آب مزرعه مورد آزمایش قبل و بعد از آبیاری با پساب

تیمار	رس٪	سیلت ٪	شن ٪	آهک ٪	EC dS/m	pH	کربن آلی %	K gkg^{-1}	P gkg^{-1}	N%
شاهد	۳۱/۱۷^{a}*	۳۵/۶۶^{a}	۳۳/۱۷^{a}	۳۲/۳۳^{b}	/۵۲۶^{b}	۷/۹۴^{b}	/۸۵۶^{a}	۴۱۳^{a}	۱۱/۳^{b}	/۸۴۰^{b}
پساب	۳۳/۰۱^{a}	۳۵/۸۲^{a}	۳۳/۱۷^{a}	۳۵/۳۳^{a}	/۷۶۱^{a}	۸/۳۶^{a}	/۷۵۰^{b}	۳۹۸^{a}	۱۶^{a}	۱/۰۳۳^{a}
					ویژگی‌های آب شاهد و پساب					
	EC dS/m	pH	SAR	CO_2 meq l^{-1}	HCO_3 meq l^{-1}	Cl meq l^{-1}	Na meq l^{-1}	SO_4 meq l^{-1}		
شاهد	/۳۵^{b}	۷/۰۳^{b}	۰/۵۲^{b}	۰/۳^{a}	۳/۲^{b}	۲/۴^{b}	/۷۷^{b}	۰/۲^{a}		
پساب	۱/۴^{a}	۸/۹^{a}	۰/۶۵^{a}	۰/۴^{a}	۱۰/۸^{a}	۳/۲^{a}	۱/۳۴^{a}	۰/۴^{a}		

*: حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

(۱۳). مقادیر اضافی فلزات در خاک می‌تواند منجر به جذب بیشتر توسط گیاهان شود. جذب فلزات سنگین توسط گیاهان، نه تنها متأثر از غلظت آنها در خاک، شکل‌های آنها و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک است، بلکه به تغذیه گیاه، مرحله رشد و عوامل بی شمار دیگر نیز بستگی دارد (۶).

ترابیان و مهجوری (۶) بیان می‌دارند که مقادیر کل فلزات سنگین در خاک، به منظور پیش بینی وضعیت جذب آنها در گیاه کافی نیست و در بررسی آلودگی سیستم پیچیده خاک – گیاه باید حتما به فاکتورهای گوناگونی از جمله نوع خاک، نوع فلزات، نوع پوشش گیاهی و نوع استفاده از زمین هم زمان توجه داشت. هم‌چنین با بررسی میزان و شدت جذب فلزات سنگین، توسط هر گیاه و تعیین فلزات آلاینده در هر منطقه می‌توان از گیاهانی که پتانسیل انباشتگی کمتری، نسبت به آن فلز دارند در هر منطقه استفاده کرد و آنها را تحت کشت قرار داد. مقدار ضریب انتقال در گیاهان گوناگون، نیز نشان دهنده فعال‌تر بودن برخی گونه‌های گیاهی درانباشته کردن فلزات سنگین است (۲۲).

شریعت و همکاران (۲۳) نشان دادند که بیشینه غلظت فلزات سنگین، در گیاهان تحت آبیاری با فاضلاب در جنوب شهر تهران، به ترتیب در اجزای برگ، غده، ریشه، ساقه، میوه و دانه است و بیشینه جذب به ترتیب در گیاهان شلغم، کاهو، تربچه (برگ)، چغندر قند (برگ)، اسفناج و کمینه جذب در دانه‌های برنج و گندم بود. ترابیان و بغوری (۵) نتیجه گرفتند که مقادیر کل و جذب‌پذیر فلزات سنگین کادمیوم، روی، مس، سرب، کرم و نیکل در خاک‌های جنوب تهران و مقدار جذب شده آنها در گیاهان منطقه در سال‌های تحقیق (۱۳۷۲–۱۳۷۰) رو به افزایش بوده است (۵).

بنابراین، به دلیل این‌که در مناطق معتدل کشور قسمتی از دوره رشد گندم، مصادف با استفاده از پساب کارخانجات قند بوده و کشاورزان از پساب به صورت گسترده استفاده می‌نمایند، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر پساب کارخانه قند اقلید بر کمّیت و کیفیت ارقام گندم تولیدی بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر پساب کارخانه قند بر عملکرد و اجزای عملکرد و کیفیت دانه دو رقم گندم الموت و زرین، پژوهشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در محدوده کارخانه قند اقلید در استان فارس به اجرا در آمد. تیمارها شامل دو رقم گندم الموت و زرین و دو سطح آبیاری با آب چشمه (شاهد) و آبیاری پساب کارخانه قند بود. پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی که در ۳ تکرار انجام شد. مزرعه بر اساس تیمارهای آزمایش کرت‌بندی شد و ابعاد هر کرت ۱۰×۱۰ متر تعیین شد. در دو مقطع زمانی از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه برداری شده و جهت آزمایش‌های فیزیکو شیمیایی به آزمایشگاه فرستاده شد (جدول۱). مزرعه در سال قبل از اجرای آزمایش به صورت

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]

آیش بود. در کرت‌های آزمایشی، عملیات تهیه زمین دربرگیرنده دوبار عملیات شخم، دیسک و لولر بود. پس از آن در کرت‌های آزمایشی، اقدام به کاشت گندم ارقام الموت و زرین شد. کاشت توسط بذرکار و به صورت خطی با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع انجام گرفت. تاریخ کاشت در هر دو سال آزمایش اول آبان ماه بود. در اوایل فروردین و در مرحله پنجه زنی گیاه، توسط سم توفوردی، با علف‌های هرز پهن برگ مزرعه مبارزه شد. به منظور اجتناب از اثرات احتمالی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی بر نتایج آزمایش، از هیچ نوع کود شیمیایی در کلیه مراحل رشد گیاه و در هیچ تیماری استفاده نگردید.

نمونه‌گیری اول، در اول مهرماه هر سال پیش از آبیاری با پساب کارخانه قند انجام گرفت و محل‌های نمونه‌برداری شده با نشانه و اتیکت‌گذاری مشخص شدند. ارقام گندم در کرت‌های آزمایشی، همانند روش معمول کشاورزان، بر اساس دور آبیاری منطقه، با پساب خروجی کارخانه قند آبیاری شدند. تیمار شاهد نیز با آب چشمه و همانند تیمار پساب بر اساس دور معمول منطقه آبیاری شد. آبیاری کرت‌های آزمایش توسط سیفون و به صورت نشتی انجام گرفت. برای به‌دست آوردن آب مورد نیاز در هر تیمار از روش اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک استفاده شد و میزان آب مصرفی در تیمار شاهد و پساب یکسان بود.

نمونه‌گیری‌های دوم در اواسط فروردین پس از قطع آبیاری با پساب و رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه صورت گرفت که از همان نقاط تعیین شده که در مرحله اول با اتیکت در هر کرت مشخص شده بود، نمونه‌گیری انجام گرفت.

درصد سبز شدن گیاهچه‌ها توسط کوادرات‌هایی به ابعاد یک متر مربع که در سه نقطه در هر پلات به طور تصادفی قرار می‌گرفت تعیین و میانگین گیری شد. با قراردادن تصادفی کوادرات در سه نقطه هر کرت در مرحله پنجه زنی، تعداد پنجه‌ها در هر بوته شمارش و برچسب‌گذاری می‌شد. ارتفاع بوته‌های گندم در زمان رسیدن با استفاده از خط کش از محل طوقه گیاه تا نوک سنبلک انتهایی اندازه‌گیری شد. تعداد سنبله در هر بوته از بوته‌هایی که در مرحله شمارش پنجه برچسب‌گذاری شده بودند شمارش و یادداشت‌برداری گردید. در زمان برداشت، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در هر کرت به ابعاد یک متر از هر طرف کرت، بوته‌ها با دست و داس بریده شده به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس طول سنبله و تعداد دانه در سنبله‌ها شمارش گردید. پس از آن کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند. پس از خشک شدن بوته‌ها، جداسازی دانه از کاه با دست انجام و کل وزن شاخساره، وزن دانه و کاه با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. سپس، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۲ درصد محاسبه و شاخص برداشت تعیین گردید. راندمان آبیاری از طریق میزان عملکرد به دست آمده به آب مصرفی در طی دوره رشد گیاه برحسب کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شد.

هم‌چنین برای بررسی مقادیر عناصر غذایی B, Cu, Zn, Mn, Fe, S, Mg, Cu, K, P, N در اندام‌های گیاهی، تعداد ۵ بوته از هر کرت آزمایش پس از رسیدن بوته‌های گندم، جدا و جهت تعیین غلظت عناصر به آزمایشگاه ارسال گردید. نیتروژن توسط روش کلدال، فسفر توسط روش اولسن و سایر عناصر توسط دستگاه شعله‌سنجی و دستگاه جذب اتمی تعیین گردیدند. داده‌های به دست آمده از آزمایش به وسیله برنامه نرم‌افزاری آماری Mstatc مورد تجزیه قرار گرفته، تجزیه مرکب دو ساله داده‌ها انجام شد و میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن باهم مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج پژوهش نشان داد که درصد نیتروژن اندام هوایی گندم در تیمار شاهد در ارقام الموت و زرین به ترتیب ۲/۴۱ و ۲/۵۴ درصد بود در حالی که درصد نیتروژن اندام هوایی گندم در تیمار آبیاری با پساب در ارقام الموت و زرین به ترتیب ۳/۲۸ و ۳/۴۱ درصد بوده است که بین دو تیمار تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول۲). درصد فسفر در اندام هوایی دو رقم

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]

جدول ۲. تأثیر پساب کارخانه قند اقلید بر درصد و غلظت عناصر غذایی ماکرو و میکرو در دو رقم گندم (میانگین دو سال آزمایش)

صفات / ارقام	تیمار شاهد		تیمار آبیاری با پساب		حد معیار
	الموت	زرین	الموت	زرین	
N%	۲/۴۱^{b}*	۲/۵۴^{B}	۳/۲۸^{a}	۳/۴۱^{A}	۴
P%	۰/۴۲^{b}	/۴۷^{B}	۰/۴۶^{a}	۰/۵۱^{A}	/۸
K%	۲/۱۰^{a}	۲/۲۱^{A}	۲/۱۳^{a}	۲/۲۴^{A}	۲/۵۰
Ca%	۰/۲۹^{b}	/۳۲^{B}	۰/۴۷^{a}	۰/۴۸^{A}	۰/۴۰
Mg%	۰/۲۲^{a}	/۲۴^{A}	۰/۲۳^{a}	۰/۲۵^{A}	۰/۴۰
S%	۰/۲۶^{a}	/۲۵^{A}	۰/۲۴^{a}	۰/۲۶^{B}	۰/۴۰
Fe (mg/kg)	۴۷^{a}	۴۶^{A}	۳۰^{b}	۳۲^{B}	۶۰
Mn (mg/kg)	۲۳^{a}	۲۴^{A}	۱۶^{b}	۱۵^{B}	۲۵۰
Zn (mg/kg)	۳۰^{a}	۳۲^{A}	۲۰^{b}	۲۳^{B}	۴۰
Cu (mg/kg)	۱۰^{a}	۱۱^{A}	۶^{b}	۸^{B}	۱۵
B (mg/kg)	۶^{a}	۶^{A}	۴^{b}	۵^{B}	۱۲

* : حروف مشابه کوچک (برای الموت) و بزرگ (برای زرین) در هر ردیف برپایه آزمون دانکن نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

گندم بین دو تیمار شاهد و آبیاری با پساب کارخانه، اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲) به نحوی که آبیاری با پساب منجر به افزایش فسفر در اندام هوایی ارقام گندم در تیمار آبیاری با پساب در مقایسه با تیمار شاهد شد که نشان دهنده تأثیر مثبت پساب بر مقدار فسفر در اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد. فلورز و همکاران (۱۴) گزارش کرده‌اند که آبیاری با فاضلاب، به روش لوله‌های تراوای زیر زمینی باعث آلودگی خاک و گیاه شده و نیتروژن و فسفر نیز با راندمان بیشتری جذب ریشه گیاه شده است. شریعتی و همکاران (۲۳) نیز نتایج مشابهی را از تأثیر افزایش درصد عناصر ناشی از آبیاری با پساب بر گیاهان زراعی در منطقه تهران گزارش کرده‌اند.

درصد پتاسیم در اندام هوایی دو رقم گندم در تیمار شاهد و آبیاری با پساب اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). هر چند که نتیجه‌های به‌دست آمده از تجزیه خاک نشان داد که درصد پتاسیم خاک، در تیمار آبیاری با پساب در مقایسه با شاهد به میزان خیلی کم افزایش داشته، اگر چه این افزایش معنی‌دار نبوده است (جدول۱).

نتایج به‌دست آمده از تجزیه عناصر، در قسمت هوایی گیاه نشان داد که درصد عنصر کلسیم در دو رقم گندم، بین دو تیمار شاهد و آبیاری با پساب، اختلاف معنی‌داری داشته است (جدول ۲). بر اساس نتایج ناشی از جدول، درصد کلسیم اندام هوایی گندم در تیمار آبیاری با پساب در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافته است که ناشی از تأثیر مستقیم پساب کارخانه قند بر درصد کلسیم اندام هوایی دو رقم گندم بوده است. همان طوری که درجدول ۱ مشاهده می‌شود درصد آهک خاک نیز در تیمار آبیاری با پساب به طور معنی‌داری افزایش داشته است. درصد منیزیم و گوگرد اندام هوایی دو رقم گندم در بین دو تیمار شاهد و آبیاری با پساب کارخانه تفاوت معنی‌داری نشان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]

ندادند (جدول ۲). مقدار آهن در اندام هوایی گندم در تیمار شاهد در مقایسه با تیمار آبیاری با پساب کارخانه قند اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲) به نحوی که بیشترین مقدار آهن در ارقام الموت و زرین به ترتیب با ۴۷ و ۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار مربوط به تیمار آبیاری با پساب با ۳۰ و ۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده مشخص شد که غلظت منگنز، روی، مس و بور اندام هوایی ارقام گندم بین تیمار شاهد و آبیاری با پساب اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). بیشترین مقدار عناصر فوق در اندام هوایی، مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار مربوط به تیمار آبیاری با پساب کارخانه قند بودند. این موضوع می‌تواند به علت کمی مقادیر این عناصر در پساب بوده باشد و از طرفی به علت افزایش هدایت الکتریکی و پ‌هاش بالای ایجاد شده توسط پساب، فراهمی عناصر در خاک و میزان جذب این عناصر در گیاه با مشکل مواجه شده است. مهیدا (۱۹) بیان می‌کند که فاضلاب‌های شهری، سبب بهبود وضعیت فیزیکی خاک و از جمله نفوذپذیری، تخلخل و ساختمان خاک شده است. ولی شوری،pH خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، مواد آلی، نیتروژن کل، فسفر محلول و پتاسیم کل خاک را بیشتر افزایش داده است.

پژوهش‌های متعددی، روی آلودگی خاک‌ها و گیاهان به فلزات سنگین، به‌ویژه از راه آبیاری با فاضلاب شهری و صنعتی و یا لجن فاضلاب‌ها صورت گرفته است (۱۴). شهابی فر (۹) بیان می‌کند که در زمین‌های کشاورزی که خاک آنها با استفاده از فاضلاب شهر صنعتی قزوین آبیاری شدند، میزان عناصر سنگین به ویژه کادمیوم، روی، مس، نیکل و فسفر نسبت به زمین‌های شاهد، افزایش داشت. نتیجه‌های به‌دست آمده از گیاهان مورد مطالعه (گندم، جو و ذرت) نشان داد که میزان عناصر سنگین در آنها ناچیز است که این مسأله ناشی از حرکت کند این عناصر، از ریشه به اندام هوایی و بذر است. با توجه به داده‌های جدول ۲ مشاهده می‌شود که در تیمار آبیاری با پساب، درصد عناصر N, P, K, Ca در اندام هوایی هر دو رقم گندم در مقایسه با شاهد افزایش داشت، هرچند مقادیر موجود برای هر عنصر، کمتر از حد معیار تعیین شده بود. در مورد عناصر منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی، مس و بور اگر چه در تیمار آبیاری با شاهد مقادیر این عناصر بیشتر از تیمار پساب بود اما مقادیر این عناصر در اندام هوایی کمتر از حد معیار تعیین شده بود.

در آزمایش ترابیان و مهجوری (۶) بیشترین غلظت روی در گیاه ریحان و کمترین آن در یونجه دیده شد. لازم به بیان است که میزان روی، در گیاهان آلوده ۴۰۰-۱۰۰میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در آن آزمایش ریحان دارای بیشترین غلظت مس و یونجه، کمترین مقدار را داشت. درصد سبز شدن نهال بذرهای ارقام گندم در تیمارهای شاهد و آبیاری با پساب کارخانه قند در مزرعه آزمایشی دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که درصد سبز شدن نهال بذرهای گندم در تیمار شاهد به دلیل عدم دریافت پساب کارخانه بیشتر از تیمار آبیاری با پساب بوده است. این مهم می‌تواند ناشی از افزایش پ‌هاش و هدایت الکتریکی خاک بوده باشد که تأثیر منفی بر این صفات داشته است.

تعداد پنجه که یکی از عوامل تعیین کننده عملکرد نهایی غلات و به ویژه گندم می‌باشد (۲) تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت، به نحوی که بین تیمار شاهد و آبیاری با پساب کارخانه قند اختلاف معنی‌دار دیده شد (جدول ۳). تعداد پنجه تولیدی در تیمار آبیاری با پساب کارخانه، در مقایسه با شاهد کمتر بود. کاهش تعداد پنجه در هر بوته می‌تواند ناشی از تأثیر منفی پساب بر بنیه نهال بذرها باشد.

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌های سطح برگ هر بوته نشان داد که سطح برگ هر بوته در هر دو رقم گندم در بین تیمارهای شاهد و آبیاری با پساب کارخانه قند اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که سطح برگ هر بوته تحت تأثیر تیمار آبیاری با پساب قرار گرفته به نحوی که سطح برگ بوته در تیمار آبیاری با پساب در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داشته است. بر اساس اظهارات شیلا و راس (۲۴) افزایش بی‌کربنات و پ‌هاش در خاک، موجب کاهش ۴۰ تا

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]

جدول ۳. تأثیر پساب کارخانه قند اقلید بر ویژگی‌های فنولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دورقم گندم(میانگین دو سال آزمایش)

صفات	تیمار شاهد		تیمار آبیاری با پساب کارخانه	
	الموت	زرین	الموت	زرین
درصد سبز شدن	۹۱ a*	۹۵A	۸۶ b	۸۸B
تعداد پنجه در هر گیاه	۳/۶۶ a	۳/۷۴A	۲/۳۳ b	۲/۵۶B
سطح برگ هر بوته (سانتی متر مربع)	۱۸۵a	۱۹۴A	۱۲۰b	۱۳۵/۳۵B
ارتفاع بوته (سانتی متر)	۱۱۱ a	۱۱۴A	۹۶ b	۹۸/۵B
طول سنبله (میلی متر)	۱۰۲/۷ a	۱۰۸/۲۵A	۹۲ b	۹۶/۶B
تعداد سنبله در هر بوته	۱/۹۱ a	۲/۰۴A	۱/۸۳ b	۱/۹۲B
تعداد دانه در هر سنبله	۳۳/۳۳ a	۳۶/۷۴A	۳۱/۶۷ b	۳۲/۵۱B
وزن هزار دانه (گرم)	۳۷/۶۷ a	۳۸/۱۶A	۳۵ b	۳۶/۱۲B
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۶۴۷۴ a	۶۷۹۴A	۵۲۳۳ b	۵۵۳۲B
راندمان آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب)	۰/۷۸a	۰/۸۱A	۰/۷۲b	۰/۷۵B

* : حروف مشابه کوچک (برای الموت) و بزرگ (برای زرین) در هر ردیف برپایه آزمون دانکن نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

۶۰ درصدی وزن اندام هوایی و صفر تا ۲۵ درصدی وزن ریشه گیاهان می‌شود. در آزمایش شهابی فر (۹) مشخص گردید که فاضلاب شهر صنعتی قزوین منجر به کاهش رشد در گیاهان گندم، جو و ذرت به دلیل کاهش انتقال عناصر به اندام‌های هوایی و بذر شده است.

ارتفاع بوته‌های دو رقم گندم بین دو تیمار شاهد و آبیاری با پساب، اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). بر اساس جدول ۳ بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار آبیاری با پساب کارخانه قند بوده است. نتایج پژوهش نشان داد که تعداد سنبله در هر بوته، بین دو تیمار شاهد و آبیاری با پساب کارخانه قند اختلاف معنی‌دار داشت (جدول۳). بیشترین تعداد سنبله در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار آبیاری با پساب بوده است. واکنش تعداد سنبله در هر بوته با تعداد پنجه در هر بوته به پساب، مشابه بوده به نحوی که این مقادیر در حجم یکسان آب مصرفی در تیمار پساب نسبت به تیمار شاهد کمتر بوده است.

تعداد دانه در هر سنبله که از اجزای مهم عملکرد دانه در غلات است، در بین ارقام گندم و بین دو تیمار شاهد و آبیاری با پساب دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۳). تعداد دانه در هر سنبله در تیمار آبیاری با پساب در مقایسه با شاهد کمتر بود. وزن هزار دانه دو رقم گندم الموت و زرین بین دو تیمار شاهد و آبیاری با پساب دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۳). به نحوی که آبیاری با پساب در مزرعه گندم ، وزن هزار دانه گندم را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد. شیلا و راس (۲۴) بیان می‌دارند که افزایش غلظت آهک و پ‌هاش ناشی از پساب بر سه گیاه زراعی ذرت، سورگم و جو موجب کاهش وزن خشک ساقه و ریشه گردید. هم‌چنین به دلیل وجود بی کربنات، انتقال شیره خام در آوند چوبی کاهش و پ‌هاش آن افزایش یافت که این موضوع، منجر به سنتز کمتر پروتئین و سیتوکنین شده و کاهش رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد را به دنبال داشته است.

عملکرد دانه ارقام گندم که به عنوان نتیجه نهایی محصول تولیدی می‌باشد، بین دو تیمار شاهد و آبیاری با پساب، اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه در تیمار آبیاری با پساب در مقایسه با تیمار شاهد نشان دهنده تأثیر منفی پساب

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]

کارخانه بر عملکرد گندم بوده است. عملکرد دانه گندم در تیمار آبیاری با پساب در رقم الموت ۲۰ درصد و در رقم زرین حدود ۱۸ درصد کاهش نشان داد. کاهش عملکرد در تیمار پساب می‌تواند ناشی از آثار افزایش آهک و به تبع آن افزایش هدایت الکتریکی و پ‌هاش خاک بوده باشد (جدول۱) که منجر به کاهش فراهمی عناصر به ویژه منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس در خاک شده و به دلیل اثرات آنتاگونیستی موجب اختلال در جذب این عناصر شده است. کمبود این عناصر در پساب کارخانه و کاهش فراهمی و جذب آن توسط گیاه، در طی مراحل رشد بر تعداد پنجه، سطح برگ و ارتفاع بوته‌های گندم تأثیر منفی داشته و موجب تولید بوته‌های ضعیف گردیده که منجر به کاهش بنیه گیاه، کاهش اجزای عملکرد و در نهایت کاهش عملکرد شده است.

شاخص برداشت در بین دو تیمار شاهد و آبیاری با پساب کارخانه، اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). شاخص برداشت که تابعی از عملکرد نهایی گیاه زراعی است، در تیمار شاهد در مقایسه با تیمار آبیاری با پساب کارخانه بیشتر بود که نشان دهنده تأثیر منفی پساب کارخانه بر عملکرد و شاخص برداشت بوده است. یکی از دلایل کاهش شاخص برداشت، تأثیر منفی پساب بر مراحل رشد و فرایندهای فیزیولوژیک هر دو رقم تحت تیمار پساب بوده است که در نهایت بر اجزای عملکرد دانه تأثیر منفی گذاشته، موجب کاهش عملکرد دانه شده است. قسمتی از کاهش شاخص برداشت هر دو رقم، در هر دو تیمار شاهد و پساب، احتمالاً می‌تواند ناشی از عدم کاربرد کودهای شیمیایی بوده باشد که به منظور اجتناب از اثرات کودهای شیمیایی بر نتایج پژوهش، از آنها در تیمارها استفاده نگردید.

بر اساس میزان آب داده شده و عملکرد هر دو رقم گندم، میزان راندمان آبیاری در تیمار پساب کمتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳). اگر چه، هر دو تیمار شاهد و پساب میزان آب یکسانی در تمام مراحل رشد دریافت کرده بودند ولی، به دلیل کاهش عملکرد در تیمار پساب، راندمان آبیاری در این تیمار در هر دو رقم الموت و زرین کمتر از تیمار شاهد بوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از پژوهش نشان داد که پساب کارخانه قند به نحو معنی‌دار باعث افزایش درصد عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و کلسیم اندام هوایی گندم شده است که این موضوع با افزایش این مقادیر در پساب کارخانه قند منطبق بود (جدول۱). پساب کارخانه قند بر غلظت عناصر آهن، منگنز، روی، مس و بور دارای تأثیر معنی‌داری بوده به طوری که غلظت این عناصر در اندام هوایی دو رقم گندم در تیمار آبیاری با پساب، کمتر از تیمار شاهد بوده است. این مساله می‌تواند ناشی از ۳ موضوع باشد:

نخست این‌که در خاک مورد آزمایش از ابتدا غلظت این عناصر کم بوده است ضمن آن‌که پساب کارخانه قند نیز فاقد مقدار قابل توجهی از این عناصر بوده است. دوم به دلیل افزایش هدایت الکتریکی و اسیدیته بالای خاک و سوم به دلیل بالا بودن درصد آهک در تیمارهای آبیاری با پساب، مقدار فراهمی این عناصر کاهش یافته است که احتمالاً منجر به کاهش جذب این عناصر توسط گیاه گندم شده و بنابراین غلظت این عناصر در اندام‌های هوایی، در تیمار آبیاری با پساب در مقایسه با شاهد کمتر شده است.

پساب کارخانه به دلیل ایجاد شرایط نامساعد محیطی (افزایش درصد آهک، افزایش هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک و عدم تعادل در فراهمی و جذب عناصر غذایی و کاهش ماده آلی خاک) منجر به محدودیت رشد گندم شده به طوری که سطح برگ هر بوته در تیمار آبیاری با پساب در مقایسه با تیمار شاهد و هم‌چنین ارتفاع بوته کاهش یافته است. این مهم نشان می‌دهد که بوته‌های گندم به دلیل محدودیت‌های رشد نتوانسته‌اند تولید اندام هوایی بهینه و سطح سبز لازم جهت انجام فتوسنتز و تأمین مواد پرورده لازم برای مراحل بعدی رشد و در نهایت عملکرد بهینه داشته باشند. با توجه به این‌که عملکرد نهایی گندم تابع تعداد سنبله بارور در واحد سطح،

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]

تعـداد دانـه در هـر سـنبله و وزن دانـه مـی‌باشـد (امـام و ثقـه الاسلامی،۱۳۸۴) نتایج پژوهش نـشان داد کـه بـه دلیـل کـاهش اجزای عملکرد، عملکرد نهایی دو رقم گندم، در تیمار آبیاری با پساب، در مقایسه با تیمار شاهد کمتر شده است.

سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از طرح ارزیابی پساب کارخانجـات قنـد بر خواص فیزیکو شیمیایی خاک و عملکرد گیاهـان زراعـی در استان فارس به شماره ۰-۱۸-PN-EN-۸۲ با حمایـت کـارگروه پژوهش، آمار و فناوری اطلاعات استان فارس انجام شده اسـت که تشکر و قدردانی ابراز می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. آمارنامه کشاورزی. ۱۳۸۴. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات. وزارت جهاد کشاورزی، تهران.
۲. امام، ی. ۱۳۸۶. *زراعت غلات*. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شیراز.
۳. امام، ی. و م. ج. ثقه الاسلامی. ۱۳۸۴. *عملکرد گیاهان زراعی، فیزیولوژی و فرایندها*. انتشارات دانشگاه شیراز.
۴. امتیازی، گ. ۱۳۷۹. *میکروبیولوژی و کنترل آلودگی آب، هوا و پساب*. انتشارات مانی، تهران.
۵. ترابیان، ع. و ا. بغوری. ۱۳۷۳. بررسی آلودگی‌های ناشی از کاربرد پساب‌های شهری و صنعتی در اراضی کشاورزی جنوب تهـران. علوم خاک و آب ۶: ۲۱۸-۲۵۵.
۶. ترابیان، ع. و م. مهجوری. ۱۳۸۱. بررسی اثر آبیاری با فاضلاب روی جذب فلزات سنگین به وسیله سبزی‌های برگی جنوب تهران. علوم خاک و آب ۶: ۱۸۹-۱۹۶.
۷. جعفرزاده حقیقی، ن. ۱۳۷۵. بررسی تأثیر استفاده از فاضلاب پس از آبیاری محصولات کشاورزی بر افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک و برخی محصولات. مجموعه مقالات دومین کنگره مسائل آب و خاک کشور، تهران.
۸. چرم، م. ۱۳۸۰. عناصر آلاینده در رسوبات رودخانه کارون. هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهرکرد.
۹. شهابی فر، ج. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر فاضلاب‌های صنعتی بر زمین‌های زیر کشت. مجله برزگر ۹۱۷: ۶۴.
۱۰. صفوی، ح. ۱۳۷۷. مدیریت یکپارچه آب در محیط‌های شهری. مجله آب و فاضلاب ۲۸: ۲۴۴.
۱۱. علیزاده، ا. ۱۳۷۵. استفاده از پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب در آبیاری محصولات کشاورزی. هفته نامه شهراب، انتشارات شرکت مهندسی آب و فاضلاب ۴: ۴۳۲.
۱۲. نصری، ز. ۱۳۸۰. بررسی وضعیت پساب در صنایع مختلف ایران. مجله آب و فاضلاب ۱۳۵: ۴۰-۴۲.
13. Arnfalk, P., S.A. Wasay and S. Tokunga. 1996. A Comparative study of Cd, Cr(III), Cr (VI), Hg and Pb uptake by minerals and soil materials. J. Water, Air and Soil Pollut. 87:131-148.
14. Flores, L., G. Blas, G. Hernandez and R. Alcala. 1997. Distribution and sequential extraction of some heavy metals from soil irrigated with wastewater from Mexico City. J. Water, Air and Soil Pollution. 98:105-117.
15. Fukue, M., Y. Kato, T. Nakamura and S. Yamasaki. 1995. Heavy metal concentration in bay sediments of Japan. In: Kenneth, R. (Ed.)Dredging,R emediation, and Containment of Contaminated Sediments, Demars STP.
16. Gaui, F., N .T. Basta and W. R. Ram. 1997. Wheat grain cadmium as affected by long term fertilization and soil acidity. J. Environ. Qual. 26: 265-271.
17. Hayes, A. R., C. F. Mancino and I. L. Pepper. 1990a. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: I. Soil and Leachate water quality. Agron. J. 82:939-943.
18. Jain, C. K. and D. Ram. 1996. Adsorption of lead and zinc on bed sediments of the river Kali. Wat. Res. 31(1): 154-162.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]

19. Mahida, U. N. 1981. Water Pollution and Disposal of Waste Water on Land. Tata McGrow-Hill Pub Co. Itd. New Delhi .
20. Merrington, G. and B. J. Alloway.1997. Determination of the residual metal binding characteristics of soil polluted by Cd and Pb. J. Water, Air and Soil Pollut. 100:49-62.
21. Monte, H. M. and M. S. Esoesa. 1992. Effects on crops of irrigation with facultative pond effluent. Wat. Sci. Technol. 26:1603-1613.
22. Pushpavalli, R., P. Kotteeswaran, M. Krishnamurthi and P. Parameswaran. 2002. Effect of treated distillery effluent application on soil and yield of sugarcane at Nellikuppam in Tamil Nadu, India. 17th WCSS, 14-21 August, Thailand.
23. Shariat, M., R. Arshi and A. Garakhaninejad. 1989. The heavy metal content of crops in south of Tehran. J. Soil and Water Manag. 25: 260-287.
24. Sheila. M., S.M. Ross. 1996. Toxic Metals in Soil : Plant System. John Wily & Sons Inc., New York.
25. Srivastava, A. 1998. Pollution of Ganga and Yamuna rivers at Allahabad, India. International Symposium on Environmental Management, Australia. 276 P.
26. Yong, R. N. 1995. The fate of toxic pollutants in contaminated sediments. *In:* Kenneth R. (Ed.), Dredging, Remediation, and Containment of Contaminated Sediments, Demars STP.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1387.12.45.40.7]