

تأثیر غلظت پساب کارخانه تولید خمیرمایه و دفعات آبیاری بر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد گندم در منطقه قراملک تبریز

سهیلا عبدلی^۱، جلیل شفق کلوانق^{۲*}، سعید زهتاب سلماسی^۳، شاهین اوستان^۴،
نسرین هاشمی عمیدی^۵، بهنام قلیزاده^۶

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲ و ۳- استادیار و استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۵- فارغ‌التحصیل کارشناسی زراعت و اصلاح نباتات، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۶- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه shafagh.jalil@gmail.com

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر پساب شرکت ایران‌مایه بر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد گندم پژوهشی در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول: دفعات آبیاری با پساب در سه سطح شامل $I_1 =$ یکبار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده، $I_2 =$ دوبار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده و $I_3 =$ آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده در کل دوره رشد و فاکتور دوم غلظت‌های مختلف پساب در شش سطح شامل $P_0 =$ آب شاهد، $P_{15} =$ ۱۵ درصد پساب + ۸۵ درصد آب آبیاری، $P_{30} =$ ۳۰ درصد پساب + ۷۰ درصد آب آبیاری، $P_{45} =$ ۴۵ درصد پساب + ۵۵ درصد آب آبیاری، $P_{60} =$ ۶۰ درصد پساب + ۴۰ درصد آب آبیاری و $P_{100} =$ پساب خالص، بود. نتایج نشان داد که آبیاری با پساب در کل دوره رشد (سه‌بار) در مقایسه با یکبار آبیاری و دوبار آبیاری با پساب به ترتیب باعث افزایش ۲۸ و ۱۴/۶ درصدی در عملکرد بیولوژیکی گردید. با عنایت به نتایج داده‌های مزرعه‌ای این پژوهش، استفاده از پساب کارخانه ایران‌مایه (تولید کننده خمیرمایه) در یکبار، دوبار و سه‌بار آبیاری با نسبت‌های تعیین شده پساب، اغلب اثر افزایشی روی برخی صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله و نهایتاً عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی داشت. با این حال به نظر می‌رسد برای موارد بیشتر از سه‌بار آبیاری و نیز اثرات آن روی خصوصیات خاک در دراز مدت نمی‌توان اظهارنظری قطعی نمود و به مطالعات بیشتری نیاز است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، پساب، صفات مورفولوژیکی، عملکرد، گندم

Influence of the Irrigation Times and Wastewater Concentration of Leaven Production Plant on Some Morphological Characteristics and Yield of Wheat in Qaramalek Region of Tabriz

Sohila Abdoli¹, Jalil Shafagh-Kolvanagh^{2*}, Saied Zehtab Salmasi³, Shahin Oustan⁴, Nasrin Hashemi-Amidi⁵, Behnam Gholizadeh⁶

Received: October 1, 2014 Accepted: February 10, 2016

1-MSc Student of Agronomy and Plant Breeding, Dept. of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

2,3-Assist. Prof. and Prof., Dept. of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

4-Assoc. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

5-Former Undergraduate Students of Agronomy and Plant Breeding, Dept. of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

6-MSc. Student of Agronomy, Dept. of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding author: E-mail: shafagh.jalil@gmail.com

Abstract

In order to assess the effects of wastewater of Iran Mayeh company on some morphological characteristics and yield of wheat, a factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) was conducted in three replications during 2012-13. The first factor comprised of irrigation times in 3 levels (I_1 = once irrigation with concentrations of wastewater, I_2 = twice irrigation with given concentrations of wastewater, I_3 = irrigation in whole of plant growth period with given concentrations of wastewater) and the second factor comprised of wastewater concentration in 6 levels included P_0 = irrigation with well water (control), P_{15} =15% wastewaters +85% well water, P_{30} = 30% wastewaters +70% well water, P_{45} = 45% wastewaters +55% well water, P_{60} = 60% wastewaters +40% well water, P_{100} = 100% wastewater. The results showed that the irrigation in whole of plant growth period (three times) with given concentrations of wastewater compared to once and twice irrigation with wastewater increased biological yield by 28% and 14.6%, respectively. Therefore, based on the results of farm data, using wastewater of leaven plant (Iran Mayeh Co.) for once, twice and three times irrigation with given concentrations often had an additive effect on some morphological characters include plants height, peduncle length, ear length, and finally biological yield. However, it seems that further studies will be necessary for more than 3 times irrigation and its effects on soil properties.

Keywords: Irrigation, Morphological Characteristics, Wastewater, Wheat, Yield

مقدمه

استفاده از کلیه منابع متعارف و غیرمتعارف آب حتی منابع آب با کیفیت پایین، ضروری است.

پساب‌های تولید شده از خصوصیات کیفی متفاوتی در مقایسه با منابع طبیعی آب برخوردار می‌باشند، از این رو کاربرد این گونه منابع در کشاورزی بایستی براساس برنامه‌ریزی‌های دقیق، اعمال روش‌های مدیریتی و نظارتی مناسب انجام پذیرد. یکی از ابزارهای مهم در تدوین برنامه‌های جامع کاربرد پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب در کشاورزی، ارزیابی پتانسیل تأمین آب و پیش‌بینی اثرات زیست‌محیطی آن بخصوص از نظر تأثیرگذاری بر خصوصیات خاک و سلامت جامعه است (قاسمی و همکاران ۱۳۹۰).

تولید بیشتر فرآورده‌های کشاورزی و صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی از دلایل اصلی استفاده از پساب می‌باشد (اسدی و فیلی‌تبار ۱۳۷۸). گلچین و همکاران (۲۰۱۳) در گزارشی اظهار داشتند که کاربرد پساب کارخانه ایران‌مایه در غلظت‌های بالاتر از ۴۵ درصد پساب، عملکرد بیولوژیکی یونجه را کاهش داد، ولی در غلظت‌های پایین‌تر از ۴۵ درصد به دلیل اثر مثبت عناصری مانند منیزیم، آهن، فسفر و پتاسیم، فتوسنتز گیاه و در نتیجه عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت. در این آزمایش گلدان‌های زیر کشت یونجه با توجه به نقشه آزمایش ۲۰ بار آبیاری گردیدند.

ترکیب انواع فاضلاب بسته به فصل، مقدار بارندگی، فرهنگ مصرف، سطح صنعت و مواردی از این قبیل تغییر می‌کند، ولی همواره مقادیر نسبتاً زیادی از عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و کم‌مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) در آن وجود دارد (کلباسی و گندمکار ۱۳۷۶). چانگ و همکاران (۱۹۸۳) استفاده از فاضلاب را به‌عنوان یک ماده مناسب اصلاح‌کننده خاک معرفی می‌کنند. نتایج مطالعه چندین ساله آنان نشان داد که به‌کارگیری فاضلاب به تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک و در نتیجه افزایش ظرفیت نگهداری

غلات از مهم‌ترین گیاهان زراعی و تأمین‌کننده ۷۰ درصد غذای مردم جهان می‌باشند. گندم و برنج تقریباً ۶۰ درصد انرژی مورد نیاز بشر را تأمین می‌کنند و به‌طور کلی غلات تأمین‌کننده بیش از سه‌چهارم انرژی و یک‌دوم پروتئین مورد نیاز بشر است (امام ۱۳۸۶). از طرف دیگر، از لحاظ کارایی استفاده از آب نیز گندم یکی از پربازده‌ترین گیاهان زراعی سه‌کربنی می‌باشد (ریچاردز ۱۹۹۲ و اسمیت و همکاران ۱۹۹۹).

فاضلاب منبع بسیار با ارزشی است و مصرف مجدد آن نه تنها می‌تواند از آلودگی‌های محیط بکاهد، بلکه به عنوان منبع جدید آب، می‌تواند قسمتی از نیازهای آبی انسان را برطرف نماید (حسینیان ۱۳۸۱). استفاده از فاضلاب برای آبیاری در بسیاری از کشورها بخصوص در نواحی گرم و خشک متداول است. در قرن نوزدهم طرح استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در مقیاس وسیع در بسیاری از کشورهای درحال توسعه و پیشرفته اجرا و سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب شهری در اروپا و آمریکا و برخی شهرهای ایران برای آبیاری معمول شد (مصطفی‌زاده‌فرد و همکاران ۱۳۸۴). در خاورمیانه که اکثر کشورهای آن در ناحیه‌ای نیمه‌خشک قرار داشته و از دیرباز با کم‌آبی مواجه بوده‌اند، استفاده مجدد از فاضلاب در بخش کشاورزی هرروز اهمیت بیشتری می‌یابد. در ایران نیز از زمان‌های قدیم استفاده از فاضلاب جهت حاصلخیز نمودن باغ‌ها و مزارع رواج داشته است (حسینیان ۱۳۸۱). در حال حاضر نیز در شهرهایی مانند تهران، تبریز، اصفهان و شیراز از فاضلاب‌های خانگی که به صورت سطحی از مناطق مسکونی دفع می‌گردند، برای تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شود (حسن‌اقلی و همکاران ۱۳۸۱). در ایران با توجه به مصرف زیاد آب در بخش کشاورزی و کمبود آب، برنامه‌ریزی برای

در منطقه قراملک تبریز، با توجه به کاربرد وسیع دانه و علوفه گندم به صورت کاه و کلش، سبوس و کاه و کلش گندم به صورت مخلوط با سایر علوفه‌ها از جمله یونجه به‌طور فراگیر در اغلب نقاط کشور و در راستای استفاده بهینه از منابع آبی، کاهش اثرات نامطلوب آب-های غیرمتعارف و افزایش پایداری منابع آب کشور بود.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر پساب کارخانه ایران-مایه بر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد گندم، پژوهشی در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. فاکتور اول، دفعات آبیاری با پساب در سه سطح شامل یکبار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده (I₁)، دوبار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده (I₂) و آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده در کل دوره رشد (I₃) و فاکتور دوم، غلظت‌های مختلف پساب در شش سطح شامل: آب شاهد (P₀)، ۱۵ درصد پساب +۸۵ درصد آب آبیاری (P₁₅)، ۳۰ درصد پساب +۷۰ درصد آب آبیاری (P₃₀)، ۴۵ درصد پساب +۵۵ درصد آب آبیاری (P₄₅)، ۶۰ درصد پساب +۴۰ درصد آب آبیاری (P₆₀) و پساب خالص (P₁₀₀) بود.

عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک‌زنی و کرت‌بندی در اوایل فصل پاییز انجام گرفت. کرت‌های موردنظر در این آزمایش به‌منظور افزایش ضریب دقت آزمایش جهت اعمال تیمارهای آبیاری ۱ × ۱/۵ متر در ۵ ردیف کاشت با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بوته روی ردیف تقریباً یک سانتی‌متر و تراکم نهایی ۵۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شدند. با توجه به نتایج آزمایش خاکشناسی و وجود مواد غذایی در حد متعارف و جهت جلوگیری از هر گونه تداخل عناصر غذایی موجود در پساب با کودهای شیمیایی و یا آلی، هیچ نوع کود شیمیایی یا آلی استفاده نشده است (زهتاب

آب منجر می‌شود، درحالی‌که چگالی ظاهری خاک کاهش می‌یابد.

هر چند کاربرد پساب تا حدودی می‌تواند در رفع نیاز آبی مؤثر باشد، ولی مصرف طولانی‌مدت آن به-عنوان یک منبع غنی از عناصر غذایی ممکن است باعث مسمومیت در خاک زراعی گردد. جذب فلزات سنگین از خاک‌های آلوده توسط گیاه و ورود آن‌ها به زنجیره-غذایی، مسمومیت غذایی را در پی خواهد داشت (حسن و میشرا ۱۹۹۴). به گزارش فیضی (۱۳۸۰)، در مزارع گندم، یونجه، ذرت و خیار، تجمع فلزات روی، منگنز، مس و آهن در خاک بیشتر شده و در اندام هوایی گندم نیز غلظت روی و منگنز افزایش یافت. در گیاه گندم تجمع روی و مس در دانه بیشتر از اندام هوایی بوده درحالی‌که تجمع آهن در اندام هوایی آن بیشتر از دانه گزارش شده است (رحمانی ۱۳۸۷). صابر (۱۹۸۶) با آزمایش خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب شهر قاهره به این نتیجه رسید که در یک دوره ۶۰ ساله هر یک از فلزات سنگین می‌تواند به اندازه چشمگیری در خاک انباشته شود. مهم‌ترین و رایج‌ترین مشکل استفاده از پساب، شور شدن خاک است. شور شدن سبب تخریب خلل و فرج و کانال‌های مسئول عبور آب و هوا در خاک شده و بدین ترتیب رواناب و به تبع آن فرسایش خاک افزایش می‌یابد (سازمان بهداشت جهانی ۲۰۰۶).

باتوجه به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران، در راستای اجرای تدابیری در جهت توسعه و بهره برداری از منابع آبی جدید بخصوص در بخش کشاورزی، استفاده از پساب می‌تواند به‌عنوان منبعی از آب مورد توجه قرار گیرد تا ضمن جبران بخشی از کمبود آب کشاورزی، از اثرات سوء تخلیه بی‌رویه پساب‌ها و خسارات وارده آن به منابع کشاورزی و محیط زیست نیز جلوگیری شود (عرفانی آگاه ۱۳۷۸). هدف از اجرای این پژوهش، مطالعه اثر دفعات آبیاری و غلظت پساب کارخانه تولید کننده خمیرمایه بر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد گندم

در یک مترمربع از هر کرت برداشت شد و پس از توزین، عملکرد دانه و بیولوژیکی ثبت گردید. تجزیه پساب در آزمایشگاه شیمی خاک گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. جدول تجزیه ترکیبات موجود در پساب (جدول ۱) نشان داد که با افزایش غلظت پساب میزان عناصر غذایی از جمله پتاسیم، فسفر، آهن، مس، روی و منگنز افزایش یافت. لازم به توضیح است که میزان عناصر Fe, Zn, Mn, Cu, Cl موجود در آب آبیاری مورد استفاده در این طرح، کمتر از میزان حد مجاز گزارش شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست (شاعری و رحمتی ۱۳۹۱) می‌باشد. میزان EC در غلظت‌های ۶۰ و ۱۰۰ درصد پساب افزایش بیشتری یافت و در نتیجه شوری در سطوح ۶۰ و ۱۰۰ پساب بیشتر شد. به طوری که غلظت سدیم و کلرید که از تأثیرگذارترین عناصر در شوری محسوب می‌شوند، در سطوح پساب ۶۰ و ۱۰۰ درصد افزایش یافت (جدول ۱). برای تجزیه‌های آماری و مقایسه میانگین داده‌ها به روش چند دامنه‌ای دانکن، از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده شد. رسم شکل‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

سلماسی و همکاران (۱۳۹۳). در این پژوهش از رقم پاییزه الوند (*Triticum aestivum* L. var. alvand) که یکی از ارقام سازگار گندم در منطقه آذربایجان می‌باشد، استفاده گردید. کاشت بذور در اواخر مهر ماه به صورت دستی در عمق ۳-۵ سانتی‌متری انجام و اولین آبیاری بر اساس نقشه طرح، در اواسط آبان ماه اعمال گردید و در مجموع تا زمان برداشت ۳ نوبت آبیاری انجام شد. آب آبیاری معمولی و پساب کارخانه ایران-مایه با نسبت‌های مشخصی جهت تهیه نسبت‌های مختلف در مخازنی مخلوط شدند. به‌هنگام آبیاری برای جلوگیری از شسته‌شدن خاک، صفحه‌ای پلاستیکی در داخل کرت روی بستر خاک قرار داده شد. همچنین اوایل خرداد ماه جهت محافظت سنبله‌ها از خسارت پرندگان، از توری پلاستیکی روشن با قابلیت عبور نور و هوا، قبل از شیری شدن دانه‌ها تا مرحله برداشت استفاده گردید. در مرحله رسیدگی گندم از هر کرت ده بوته کامل نمونه‌برداری گردید و صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، قطر ساقه، تعداد گره در ساقه و بیوماس بوته در آزمایشگاه کشاورزی اکولوژیکی گروه اکوفیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تعیین گردید. در مرحله رسیدگی کامل، بوته‌های موجود

جدول ۱- میزان عناصر موجود در آب آبیاری و نسبت‌های مختلف پساب کارخانه ایران‌مایه

پساب (%)	EC (dS/m)	pH	Na (meq/L)	Ca (meq/L)	K (meq/L)	Cl (meq/L)	Mg (meq/L)	P (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	Cu (mg/L)
P ₀	۰/۶۳	۸/۶۵	۲/۵۴	۰/۰۹۸	۰/۱۴۶	۱/۷۵	۰/۰۸۴	۰/۰۰	۰/۳۷۵	۰/۴۸۵	۰/۱۴۶	۰/۱۳۲
P _{۱۵}	۱/۶۰	۷/۶۲	۸/۰۱	۱/۳۳	۳/۰۲	۲/۲۵	۰/۳۰۷	۸/۴۶	۰/۷۰۶	۰/۵۰۹	۰/۱۵۸	۰/۱۸۵
P _{۳۰}	۲/۷۶	۸/۱۴	۱۲/۵۹	۲/۴۴	۶/۹۰	۴/۲۵	۰/۵۴۹	۲۰/۵	۱/۰۴۳	۰/۵۵۱	۰/۱۴۸	۰/۱۶۸
P _{۴۵}	۳/۹۸	۸/۲۲	۱۶/۷۵	۳/۴۱	۹/۶۱	۷/۵	۰/۷۷۲	۳۶/۹	۱/۶۶۹	۰/۵۹۵	۰/۱۲۱	۰/۱۴۶
P _{۶۰}	۵/۱۵	۸/۴۹	۲۳/۴۲	۴/۶۵	۱۳/۳۳	۸/۲۵	۰/۹۸۲	۵۴/۹	۲/۲۴۸	۰/۶۵۱	۰/۱۰۷	۰/۱۳۸
P _{۱۰۰}	۷/۹۴	۶/۲۶	۳۳/۸۸	۵/۵۳	۲۱/۳۰	۱۲/۵	۱/۰۶۳	۱۴۴	۲/۵۷۸	۰/۷۰۰	۰/۰۹۷	۰/۱۱۳

P₀: آب شاهد، P_{۱۵}: ۱۵ درصد پساب + ۸۵ درصد آب آبیاری، P_{۳۰}: ۳۰ درصد پساب + ۷۰ درصد آب آبیاری، P_{۴۵}: ۴۵ درصد پساب + ۵۵ درصد آب آبیاری، P_{۶۰}: ۶۰ درصد پساب + ۴۰ درصد آب آبیاری و P_{۱۰۰}: پساب خالص.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) ارتفاع بوته گندم به طور معنی داری تحت تأثیر دفعات آبیاری و اثر متقابل دفعات آبیاری در غلظت‌های مختلف پساب قرار گرفت. در حالی که اثر اصلی غلظت‌های مختلف پساب بر این صفت معنی دار نبود. با افزایش دفعات آبیاری با پساب در اغلب ترکیبات تیماری ارتفاع گیاه افزایش یافت. بیشترین و کمترین ارتفاع گندم به ترتیب به آبیاری گیاهان با پساب ۱۵ درصد در کل دوره رشد (۷۹/۵ سانتی‌متر) و یکبار آبیاری با پساب ۱۵ درصد و بقیه آبیاری‌ها با آب چاه (۵۵/۴ سانتی‌متر) مربوط بود که در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۲۸/۲ افزایش و ۱۰/۷ درصد کاهش نشان دادند. در آبیاری گیاهان با غلظت‌های بیشتر از ۱۵ درصد پساب در کل دوره رشد، کاهش ارتفاع بوته مشاهده شد (شکل ۱). این امر می‌تواند به دلیل افزایش تدریجی شوری خاک مزرعه در اثر غلظت بالای پساب و تأثیر منفی آن بر رشد باشد. علیزاده و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که آبیاری با فاضلاب باعث افزایش معنی دار طول گیاه می‌گردد. گلچین و همکاران (۲۰۱۳) نیز در بررسی تأثیر پساب کارخانه ایران‌مایه

بر گیاه یونجه، گزارش نمودند که بیشترین ارتفاع بوته یونجه در یکبار و دوبار آبیاری با پساب ۴۵ درصد در مقایسه با شاهد (آب آبیاری) بدست آمد، اما در آبیاری با پساب ۶۰ و ۱۰۰ درصد در کل دوره رشد، ارتفاع بوته یونجه به طور معنی داری کاهش یافت.

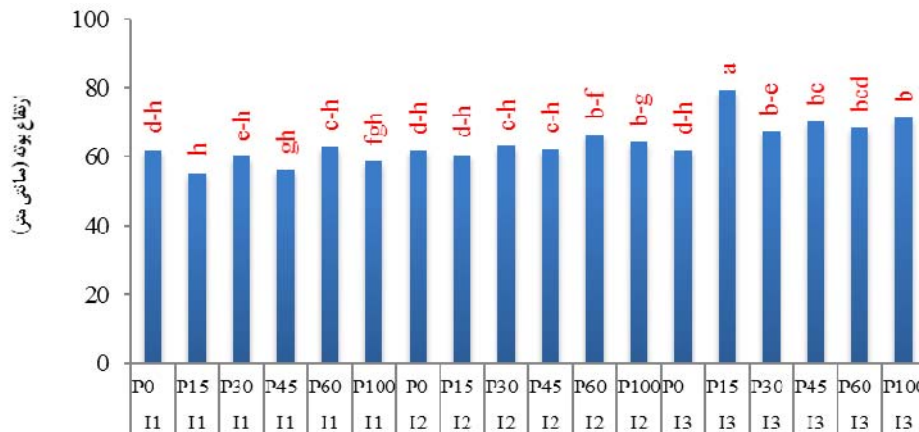
طول پدانکل

اثر تکرار، دفعات آبیاری و هم چنین اثر متقابل دفعات آبیاری با پساب در غلظت‌های مختلف در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد، ولی اثر غلظت‌های پساب مورد استفاده بر طول پدانکل غیر معنی دار به دست آمد (جدول ۲). آبیاری با پساب در کل دوره آزمایش به افزایش ۴۰/۷ درصدی طول پدانکل نسبت به شاهد منجر شد. در حالی که یکبار آبیاری با پساب با غلظت ۴۵ درصد طول پدانکل را در مقایسه با شاهد ۱۶/۷ درصد کاهش داد که این اختلاف از نظر آماری معنی دار نبود (شکل ۲). اگرچه طول پدانکل در گیاهان آبیاری شده با غلظت‌های بالای ۳۰ درصد پساب در کل دوره رشد کاهش یافت ولی این کاهش از لحاظ آماری معنی دار نبود. شریف و همکاران (۱۹۸۶) بیان کردند که فاضلاب سبب افزایش رشد ساقه و بیوماس گیاه نسبت به شاهد می‌شود.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر دفعات آبیاری با غلظت‌های مختلف پساب روی ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، قطر ساقه، تعداد گره، عملکرد دانه و بیولوژیک گندم

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول پدانکل	طول سنبله	قطر ساقه	تعداد گره	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۱۲/۰۹**	۲۹/۷۵**	۱/۲۶**	۰/۱۵*	۰/۰۸ ^{NS}	۱۱۴۴۵۴/۳*
دفعات آبیاری با پساب (I)	۲	۵۲۳/۳۶**	۴۹/۸۱**	۰/۶۱*	۰/۱۰ ^{NS}	۰/۰۹ ^{NS}	۵۹۸۳۶۵/۳**
غلظت پساب (P)	۵	۲۰/۲۵ ^{NS}	۶/۵۹ ^{NS}	۱/۳۳**	۰/۱۱ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۱۷۹۷۵/۳ ^{NS}
I×P	۱۰	۵۹/۷۲**	۱۳/۹۲**	۰/۳۸*	۰/۰۴ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۴۵۳۹۶/۶ ^{NS}
خطا	۳۴	۱۸/۰۹	۳/۷۹	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۴	۲۷۳۷۱/۴
CV(درصد)		۶/۶۳	۱۰/۳۶	۵/۶۲	۸/۶۵	۴/۰۷	۱۴/۵۹

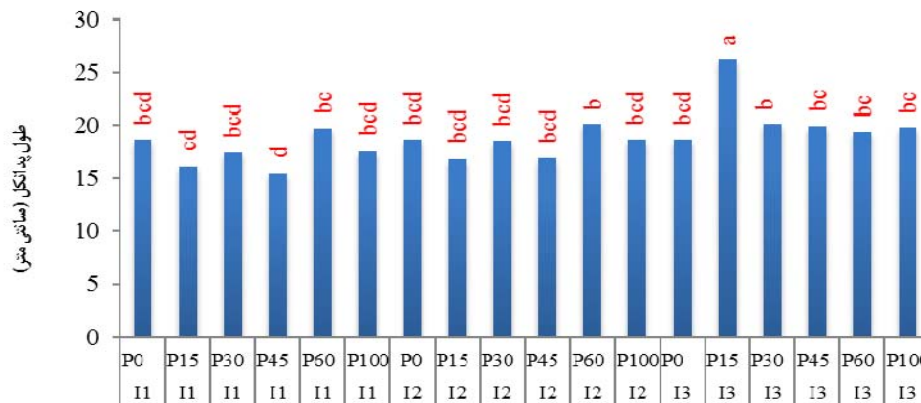
^{NS}، *، ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.



دفعات آبیاری با پساب در غلظت های مختلف

شکل ۱- ارتفاع بوته گندم در ترکیب تیماری دفعات آبیاری و پساب در غلظت های مختلف

I1= یکبار آبیاری با پساب با نسبت های تعیین شده، I2= دوبار آبیاری با پساب با نسبت های تعیین شده و I3= آبیاری با پساب با نسبت های تعیین شده در کل دوره رشد. P0= آب شاهد، P15= ۱۵ درصد پساب + ۸۵ درصد آب آبیاری، P30= ۳۰ درصد پساب + ۷۰ درصد آب آبیاری، P45= ۴۵ درصد پساب + ۵۵ درصد آب آبیاری، P60= ۶۰ درصد پساب + ۴۰ درصد آب آبیاری و P100= پساب خالص. حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است.



دفعات آبیاری با پساب در غلظت های مختلف

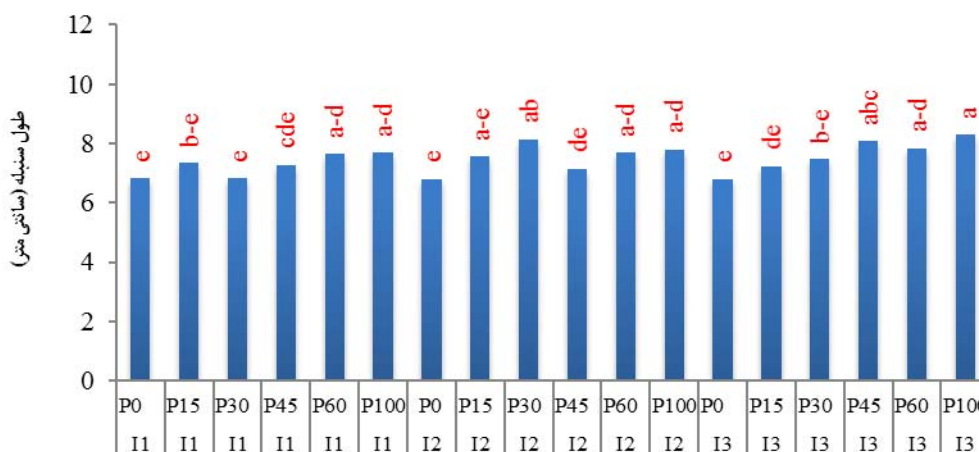
شکل ۲- طول پدانکل گندم در ترکیب تیماری دفعات آبیاری و پساب در غلظت های مختلف

I1= یکبار آبیاری با پساب با نسبت های تعیین شده، I2= دوبار آبیاری با پساب با نسبت های تعیین شده و I3= آبیاری با پساب با نسبت های تعیین شده در کل دوره رشد. P0= آب شاهد، P15= ۱۵ درصد پساب + ۸۵ درصد آب آبیاری، P30= ۳۰ درصد پساب + ۷۰ درصد آب آبیاری، P45= ۴۵ درصد پساب + ۵۵ درصد آب آبیاری، P60= ۶۰ درصد پساب + ۴۰ درصد آب آبیاری و P100= پساب خالص. حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است.

طول سنبله

با استناد به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر تکرار، دفعات آبیاری با پساب، غلظت‌های مختلف پساب و هم چنین اثر متقابل دفعات آبیاری با غلظت‌های مختلف پساب بر طول سنبله معنی‌دار گردید. آبیاری با پساب خالص در کل دوره رشد (تیمار I3P100) گیاهانی با بیشترین طول سنبله (۸/۳ سانتی‌متر) تولید کرد که اختلاف معنی‌داری با شاهد (۶/۸ سانتی‌متر) داشت. کمترین طول سنبله نیز به تیمار I1P30 مربوط بود که

با شاهد در یک گروه آماری قرار داشت. در تیمار مربوط به یکبار آبیاری با پساب به جز در تیمارهای I1P60 و I1P100، اختلاف معنی‌داری در طول سنبله مشاهده نگردید. همچنین افزایش پساب در هر سه سطح آبیاری به افزایش طول سنبله منجر شد (شکل ۳). واثقی و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب به خاک باعث افزایش رشد گیاه ذرت گردید.



دفعات آبیاری با پساب در غلظت‌های مختلف

شکل ۳- طول سنبله گندم در ترکیب تیماری دفعات آبیاری با پساب در غلظت‌های مختلف

I1= یکبار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده، I2= دوبرار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده و I3= آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده در کل دوره رشد. P0= آب شاهد، P15= ۱۵ درصد پساب + ۸۵ درصد آب آبیاری، P30= ۳۰ درصد پساب + ۷۰ درصد آب آبیاری، P45= ۴۵ درصد پساب + ۵۵ درصد آب آبیاری، P60= ۶۰ درصد پساب + ۴۰ درصد آب آبیاری و P100= پساب خالص. حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

قطر ساقه و تعداد گره در ساقه

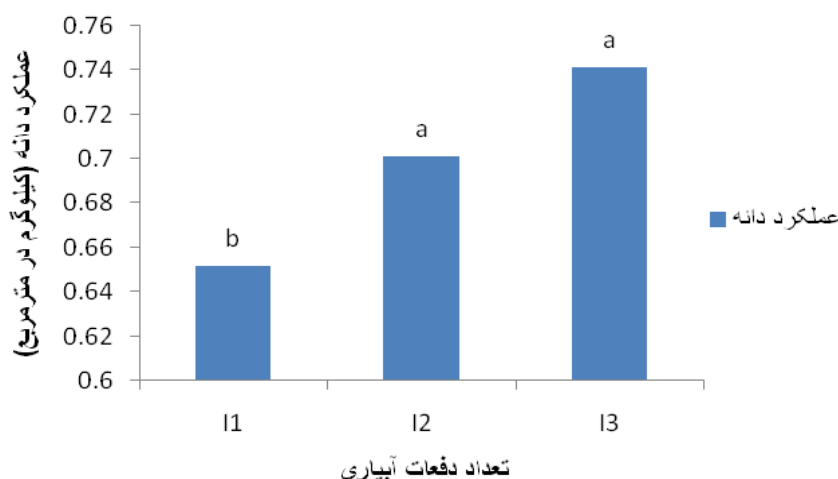
براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر تکرار روی قطر ساقه معنی‌دار بود درحالی‌که اثر سایر منابع بر این صفت غیرمعنی‌دار به دست آمد. تعداد گره در ساقه گندم هم تحت تأثیر هیچ یک از منابع مورد بررسی قرار نگرفت. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که آبیاری با هر غلظتی از پساب در کل دوره رشد گندم در شرایط این آزمایش تأثیر منفی بر قطر ساقه و تعداد گره در ساقه نداشت. استفاده از پساب نسبت به شاهد

(عدم استفاده) اثر معنی‌داری بر تعداد گره نمی‌گذارد ولی از آنجایی‌که در سایر صفات مورد مطالعه در غلظت‌هایی خاص تأثیری مثبت داشت، پس استفاده اصولی از آن مفید تلقی می‌شود. رضوانی‌مقدم و نجم-آبادی (۱۳۸۸) گزارش کردند که نسبت‌های مختلف آب چاه و فاضلاب تأثیر معنی‌داری در افزایش قطر ساقه گیاهان علوفه‌ای مورد آزمایش نشان داده است.

عملکرد دانه

اثر تعداد دفعات آبیاری با پساب بر عملکرد دانه گندم معنی دار گردید درحالی که اثر غلظت‌های مختلف پساب و اثر متقابل دفعات آبیاری با غلظت‌های مختلف پساب بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). متناسب با افزایش تعداد دفعات آبیاری با پساب بر عملکرد دانه گندم به طور معنی‌داری افزوده شد به طوری که آبیاری با پساب در کل دوره رشد نسبت به یکبار آبیاری با پساب عملکرد دانه بیشتری تولید کرد (شکل ۴). شفق کلوانق و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی اثر پساب کارخانه تولید خمیر مایه روی عملکرد و اجزای

عملکرد گیاه گندم با نسبت های پساب مشابه تحقیق حاضر، اظهار داشتند که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار شاهد (آب آبیاری) و بیشترین تعداد گلچه بارور در هر سنبله در تیمار پساب خالص مشاهده شد. بیشترین تعداد پنجه بارور و عملکرد دانه از تیمار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده در کل دوره رشد بدست آمد. آبیاری با پساب در کل دوره رشد (سه‌بار) در مقایسه با یکبار آبیاری و دوبار آبیاری با پساب به ترتیب باعث افزایش ۶/۱۳ و ۷/۵ درصدی در عملکرد دانه گردید.



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه گندم در تعداد دفعات آبیاری و پساب با غلظت‌های مختلف

I1= یکبار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده، I2= دوبار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده و I3= آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده در کل دوره رشد. حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

عملکرد بیولوژیک

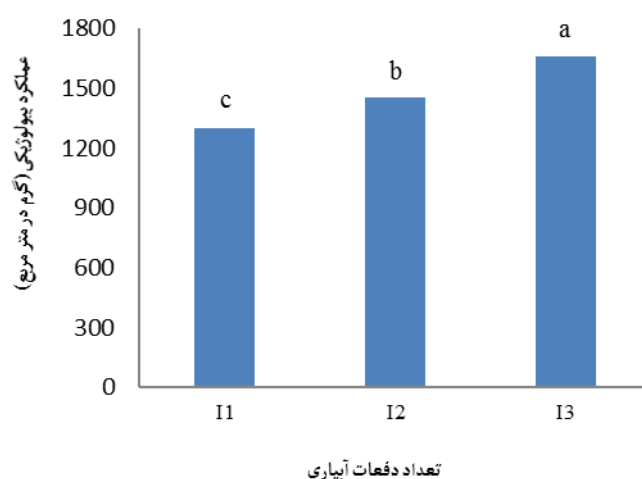
دفعات آبیاری با پساب اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیکی گندم داشت، اما اثر غلظت‌های مختلف پساب و همچنین اثر متقابل دفعات آبیاری × غلظت‌های مختلف پساب بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). گندم در تیمار آبیاری با پساب در کل دوره رشد (I3)، با تولید

۱۶۶۱ گرم در متر مربع بیشترین و در یکبار آبیاری با پساب (I1) با تولید ۱۲۹۸ گرم در متر مربع کمترین عملکرد بیولوژیکی را به خود اختصاص داد. همچنین در دوبار آبیاری با پساب (I2)، ۱۴۵۰ گرم در متر مربع عملکرد بیولوژیکی تولید شد (شکل ۵). متناسب با افزایش دفعات آبیاری با پساب بر عملکرد بیولوژیکی

نشان داد که استفاده از فاضلاب تصفیه شده خانگی تأثیر سوئی در رابطه با جذب فلزات سنگین در چغندر قند و چغندر علوفه‌ای نداشته است. خاک تیمار شده با فاضلاب شهری نسبت به خاک تیمار شده با آب چاه از نظر pH، EC، کربن آلی و عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر به‌طور معنی‌داری از سطح بالاتری برخوردار بود. همچنین بررسی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی نمونه‌های آب (فاضلاب شهری و آب چاه) نیز نشان داد که فاضلاب شهری از نظر pH، EC و عناصر پرمصرف NPK به‌طور معنی‌داری از مقادیر بالاتری نسبت به آب چاه برخوردار بود (صالحی و همکاران ۱۳۸۷). خاصی و کوچکزاده (۱۳۸۷) گزارش دادند عملکرد گیاه پنبه در تیمار ۱۰۰ درصد فاضلاب تصفیه شده نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد آب) به میزان ۱۱۰ درصد افزایش یافت. وزن اندام هوایی، اندام زیرزمینی، کل ماده تر و خشک گیاه کاهو نیز در تیمار آبیاری با فاضلاب تصفیه شده افزایش معنی‌داری داشته است (عرفانی و همکاران ۱۳۸۱).

گندم به‌طور قابل توجهی افزوده شد. آبیاری در کل دوره با پساب نسبت به یکبار آبیاری با پساب در حدود ۲۸ درصد عملکرد بیولوژیکی گندم را بهبود بخشید (شکل ۵). غلظت‌های مختلف پساب تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیکی گندم نداشت و این موضوع نشان می‌دهد که در شرایط این آزمایش، در آبیاری با هر غلظتی از پساب می‌توان به عملکرد بیولوژیکی بیشتر و یا حداقل در حد آبیاری با آب خالص در گندم دست یافت.

گلچین و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که در غلظت‌های پایین‌تر از ۴۵ درصد پساب عملکرد بیولوژیکی یونجه افزایش یافت و کمترین مقدار آن در تیمار I3P100 مشاهده گردید. در آزمایشی سه ساله استفاده از لجن فاضلاب شهری عملکرد دانه را تحت تنش خشکی افزایش داد، ولی در رژیم مرطوب به کاهش عملکرد منجر گردید. در سال دوم آزمایش، بیشترین عملکرد تحت رژیم مرطوب با مصرف ۲۰ تن در هکتار لجن حاصل شد و در سال سوم عملکرد با افزایش میزان مصرف لجن افزایش یافت (المصطفی و همکاران ۱۹۹۵). تحقیقات دانش و همکاران (۱۳۷۰)



شکل ۵- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک گندم در تعداد دفعات آبیاری و پساب با غلظت‌های مختلف

I1 یکبار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده، I2=دو بار آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده و I3=آبیاری با پساب با نسبت‌های تعیین شده در کل دوره رشد. حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

نتیجه گیری کلی

آبیاری با نسبت‌های تعیین شده پساب در این بررسی، اغلب اثر افزایشی بر ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله و به‌ویژه عملکرد بیولوژیکی داشت. با این حال به نظر می‌رسد برای موارد بیشتر از سه‌بار آبیاری و نیز اثرات آن بر ویژگی‌های خاک در دراز مدت نمی‌توان اظهارنظری قطعی نمود و به مطالعات بیشتری نیاز است.

بر اساس نتایج حاصل از این بررسی، اثر دفعات آبیاری بر ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی و اثر غلظت‌های مختلف پساب بر طول سنبله معنی‌دار گردید. همچنین اثر متقابل دفعات آبیاری با پساب در غلظت‌های تعیین شده بر صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل و طول سنبله معنی‌دار بود. درحالی‌که اثر هیچ‌یک از تیمارها روی صفات قطر ساقه و تعداد گره در ساقه معنی‌دار نگردید. همچنین آبیاری با پساب در کل دوره رشد در مقایسه با یکبار آبیاری و دوبار آبیاری با پساب به افزایش عملکرد بیولوژیکی منجر شد. با توجه به نتایج داده‌های مزرعه‌ای این پژوهش، استفاده از پساب کارخانه ایران-مایه (تولید کننده خمیرمایه) در یکبار، دوبار و سه‌بار

سپاسگزاری

از شرکت ایران‌مایه استان آذربایجان شرقی به‌خاطر تأمین هزینه‌های مالی این پژوهش سپاسگزاری می‌گردد و از دانشگاه تبریز به‌خاطر بسترسازی و مساعدت‌های لازم در جهت اجرای این طرح پژوهشی قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

- اسدی م و فیلی تبار ح، ۱۳۷۸. بررسی شدت آلودگی در خاک‌ها به عناصر سنگین و تعیین مقدار آن‌ها در گیاهان آبیاری شده با فاضلاب. وزارت کشاورزی، موسسه خاک و آب، ۶۲: ۵
- امام ی، ۱۳۸۶. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز.
- حسن‌اقلی ع، لیاقت ع، میراب‌زاده م، وثوقی م و فرداد ح، ۱۳۸۱. بررسی اثرات آبیاری با فاضلاب‌های خانگی بر انتقال مواد به عمق خاک و کیفیت زه‌آب‌های خروجی از لایسیمتر. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۳-۴ دی ماه، تهران، ۳۳۴-۳۱۷.
- حسینیان م، ۱۳۸۱. مصارف مجدد فاضلاب‌های تصفیه‌شده. انتشارات علوم روز.
- خاصی م و کوچک‌زاده م، ۱۳۷۸. تأثیر فاضلاب تصفیه‌شده بر گیاه پنبه. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، تبریز، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
- دانش ش، حق‌نیاغ و علیزاده ا، ۱۳۷۰. اثر فاضلاب‌های تصفیه‌شده خانگی بر عملکرد و کیفیت محصول چغندررند و چغندر علوفه‌ای. گزارش نهایی معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۸.
- رحمانی ح، ۱۳۸۷. بررسی غلظت عناصر سنگین مس، منگنز، روی و آهن در گیاه گندم تحت آبیاری پساب صنعتی. سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدیدشونده در کشاورزی، ۲۶-۲۴ اردیبهشت ماه، خوراسگان، دانشگاه آزاد واحد خوراسگان.
- رضوانی مقدم پ و نجم‌آبادی م، ۱۳۸۸. تأثیر نسبت‌های مختلف آب چاه و فاضلاب تصفیه‌شده بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عمکرد ذرت، سورگوم و ارزن علوفه‌ای. پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۱): ۷۵-۶۳.

- زهتاب سلماسی س، شفق کلوانق ج و اوستان ش، ۱۳۹۳. مدیریت و کاربرد پساب شرکت ایران مایه در کشاورزی، گزارش نهایی طرح پژوهشی.
- شاعری عم و رحمتی ع، ۱۳۹۱. مقررات، قوانین، ضوابط و استانداردهای محیط زیست انسانی (فصل چهارم). سازمان حفاظت محیط زیست: ۲۷۹-۲۸۱.
- شفق کلوانق ج، زهتاب سلماسی س، اعلی میلانی م، اوستان ش و عبدلی س، ۱۳۹۴. اثر استفاده از پساب کارخانه تولید خمیرمایه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در منطقه قرامک تبریز. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۵(۲): ۷۷-۶۵.
- صالحی آ، طبری م، علی عرب ع و شهسواری پور ن، ۱۳۸۷. تأثیر طولانی مدت آبیاری با پساب فاضلاب شهری تهران بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک تحت جنگلداری (کاج تهران). سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدیدشونده در کشاورزی، ۲۶-۲۴ اردیبهشت ماه، خوراسگان، دانشگاه آزاد واحد خوراسگان.
- عرفانی آگاه ع، ۱۳۷۸. بررسی کارایی فاضلاب‌های تصفیه شده خانگی. مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست‌محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۸: ۸۰-۶۱.
- عرفانی ع، حق‌نیا غ و علیزاده ا، ۱۳۸۱. تأثیر آبیاری با فاضلاب بر عملکرد و کیفیت کاه و برخی ویژگی‌های خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶(۱): ۹۲-۷۱.
- فیضی م، ۱۳۸۰. تأثیر مصرف پساب فاضلاب بر روی خاک و گیاه در منطقه شمال اصفهان. هفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۲۸ بهمن ماه، دانشگاه بوعلی سینا: ۷۷-۶۹.
- قاسمی س، دانش ش و علیزاده ا، ۱۳۹۰. کاربرد منابع آب غیرمتعارف در کشاورزی. پتانسیل کاربرد پساب فاضلاب شهری به-عنوان یک منبع آب آبیاری. دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، ۲۸ اردیبهشت ماه، زنجان، شرکت آب منطقه‌ای زنجان.
- کلباسی م و گندمکار ا، ۱۳۷۶. اثر شیرابه زباله بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت و اثر باقیمانده آن روی بعضی ویژگی‌های خاک. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱: ۵۳-۴۱.
- مصطفی‌زاده فرد ب، میرمحمدی میبدی عم و یاریان کوپایی م، ۱۳۸۴. مقایسه ویژگی‌های آفتابگردان، ذرت و چغندر قند تحت سیستم‌های مختلف آبیاری با پساب. علوم کشاورزی ایران، ۳۶(۵): ۱۲۲۲-۱۲۱۵.
- واثقی س، افیونی م، شریعتمداری ح و مبلی م، ۱۳۸۲. اثر لجن فاضلاب و pH خاک بر قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۷(۳): ۱۰۶-۹۵.
- Alizadeh A, Bazari ME, Velayati S, Hasheminia M and Yaghmaei A, 2001. Irrigation of corn with wastewater. In: Ragab R, Pearce G, Changkim J, Nairizi Sand Hamdy A, (eds.). ICID International Workshop on Wastewater Reuse and Management, Seoul, Korea. P: 147-154.
- AL-Mustafa W, El-shall A, Abdullah A and Modaish A, 1995. Response of wheat to sewage sludge applied under two different moisture regimes. *Experimental Agriculture*, 31: 355-360.
- Chang AC, Page AL and Bingham FT, 1983. Chemical composition of wastewater sludge. *Environmental Quality*, 2: 237-243.
- Golchin L, Zehtab-salmasi S, Shafagh-kolvanagh J, Oustan S, Shokati B, Hashemi-Amidi N and Haghverdi H, 2013. Effects of irrigation times and wastewater concentration of a leaven producing factory (Iran Mayeh) on some morphological characters of alfalfa. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5: 2831-2836.

- Hasan DG and Mishra M, 1994. Influence of Cd on carbon and nitrogen mineralization in sewage sludgeamended soil. *Environmental Pollution*, 84: 285-290.
- Richards RA, 1992. Increasing salinity tolerance of grain crops: is it worthwhile? *Plant and Soil*. 146: 89-98.
- Saber MSM, 1986. Prolonged effect of land disposal of unan waste on soil conditions. *Water Sciences and Technology*, 18: 371-374.
- Sheriff DV, Nambiar EKS and Fife DN, 1986. Retranslocation between nutrient status, carbon assimilation and water use efficiency in *Pinus radiate* needles. *Tree Physiology*, 2: 73-88.
- Smith DL, Dijak M, Bulman P, Ma BL and Hamel C, 1999. Barley: physiology of yield. 1In: Smith DL and Hamel C, (eds.). *Crop Yield, Physiology and Processes*. Springer-Verlag, pp: 67-107.
- WHO, 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. *wastewater use in agriculture*, 2: 222-235.