اثر فاضلاب تصفیه شده شهری همراه با محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی بر رشد و جذب عناصر غذایی در منطقه زابل

محمدرضا اصغری‌پور*، احمد قنبری بنجار، حمید عزیزمقدم، علیرضا سیروس‌مهر و مصطفی حیدری[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۲)

چکیده

در این مطالعه اثر آبیاری با فاضلاب شهری به شکل رقیق نشده و یا رقیق شده همراه با محلول‌پاشی عناصر منگنز و روی بر رشد، عملکرد و غلظت عناصر در اندام‌های هوایی گیاه ارزن دم‌روباهی بررسی شد. طرح آزمایش پلات‌های خرد شده با سه منبع آب (فاضلاب رقیق نشده، فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده و آب رودخانه) به عنوان پلات اصلی و چهار ترکیب محلول پاشی منگنز و روی به عنوان پلات فرعی بود، که با چهار تکرار اجرا شد. این آزمایش در مزرعه دانشگاه زابل در سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. فاضلاب شهری در مقایسه با آب رودخانه حاوی سطوح بالاتری از عناصر پر مصرف و کم‌مصرف بود. نتایج آزمایش نشان داد که آبیاری گیاهان با فاضلاب رقیق نشده و رقیق شده پارامترهای رشدی و عملکرد ارزن دم‌روباهی را افزایش داد. افزون بر آن مقدار عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در اندام‌های هوایی نیز در اثر آبیاری با فاضلاب افزایش یافت. این افزایش‌ها به به وجود سطوح بالایی از مواد غذایی ضروری مانند نیتروژن، فسفر و مواد آلی موجود در فاضلاب نسبت داده شد. فراهمی منگنز و روی از طریق آب فاضلاب به تنهایی قادر نبود رشد وعملکرد ارزن را به سطوحی که به دنبال کاربرد کودهای تکمیلی حاصل می‌شود افزایش دهد، بنابراین محلول‌پاشی کودهای منگنز و روی در اراضی آبیاری شده با فاضلاب برای حصول عملکردهای بالاتر ارزن ضروری است. محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در گیاه ارزن تأثیری نداشت. به‌طورکلی، نتایج نشان می‌دهد که فاضلاب شهری می‌تواند به شکل کارآمدی به عنوان منبع مهمی از آب و مواد غذایی برای تولید ارزن دم‌روباه مورد استفاده قرار گیرد، و آبیاری با فاضلاب هیچ اثر مضر قابل توجهی بر محصول ارزن ندارد.

واژه‌های کلیدی: فاضلاب شهری، محلول‌پاشی عناصر غذایی کم‌مصرف، ارزن دم‌روباهی، غلظت عناصر غذایی، زابل

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: moas@uoz.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

مقدمه

عمده قسمت‌های ایران با کمبود آب مواجهند و کمبود آب شیرین عامل محدودکننده اصلی برای به‌دست آوردن عملکردهای بالاتر به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکز، جنوب و جنوب شرقی ایران است (۱). محل اجرای این پژوهش، زابل منطقه‌ای است که به‌خصوص در ماه‌های تابستان به‌دلیل افزایش فعالیت‌های کشاورزی و بالا رفتن درجه حرارت محیط از کمبود آب رنج می‌برد. اراضی زیر کشت در منطقه سیستان ایران حدود ۲۶،۰۰۰ هکتار است (وزارت کشاورزی، شهرستان زابل، ارتباطات شخصی). آب رودخانه مشترک هیرمند بین ایران و افغانستان تنها منبع تأمین‌کننده آب برای بخش‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی در این منطقه می‌باشد. تحت شرایط کمبود فزاینده آب شیرین در منطقه زابل، استفاده مجدد از پساب فاضلاب در بخش کشاورزی به عنوان منبع بالقوه برای آب مورد توجه قرار گرفته است. فاضلاب‌های شهری معمولاً حاوی سطوح بالایی از مواد مغذی گیاهی، به‌ویژه نیتروژن و فسفر است که برای رشد محصولات کشاورزی ضروری می‌باشد (۱۰)، بنابراین مصرف فاضلاب می‌تواند تا حد قابل ملاحظه‌ای اتکا به کودهای شیمیایی برای تولید محصول را کاهش دهد (۳۰). اما با توجه به منشأ، فاضلاب ممکن است حاوی مقداری از مواد بالقوه مضر مانند فلزات سنگین و پاتوژن‌ها باشد، که در خاک و سیستم‌های بیولوژیکی تجمع یافته و ایجاد سمیت می‌کند (۱۶). از این‌رو، اگر فاضلاب برای آبیاری اراضی کشاورزی استفاده شود، مشکلات ناشی از مصرف آن باید به‌طور کامل مورد بررسی قرار بگیرد (۱۵).

گروهی از محققین (۱، ۲، ۳، ۶، ۱۹ و ۲۲) گزارش کرده‌اند که می‌توان از فاضلاب برای آبیاری اراضی کشاورزی استفاده کرد. با این حال، مدیریت مناسب در استفاده از چنین آب‌هایی و انتخاب محصولاتی که بتواند اثرات زیانبار استفاده از فاضلاب را بر خصوصیات خاک و عملکرد محصول به حداقل برساند اهمیت بالایی دارد (۳، ۱۵، ۱۶، ۲۴). ارزن دم‌روباهی، یکی از محصولاتی است که به‌طور گسترده در نواحی خشک ایران کشت می‌شود. این گیاه به علت دارا بودن خصوصیات ویژه‌ای نظیر مقاومت به دامنه گسترده‌ای از انواع خاک همین‌طور رشد سریع و تولید بیوماس زیاد (۲۹) برای این مطالعه انتخاب شد. در مطالعات مقادیر مختلف پساب فاضلاب شهری، کشاورزی و صنعتی به همراه انواع مختلفی از کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی به‌کار رفته و تأثیرات هم مثبت و هم منفی در خصوص ترکیب کودهای شیمیایی با فاضلاب گزارش شده است. به عنوان مثال جوشی و همکاران (۱۸) چهار مرتبه آبیاری با فاضلاب خانگی رقیق شده در ترکیب با تیمار ۵۰٪ NPK را برای بهترین نتیجه توصیه کردند. با این حال، اغلب این مطالعات روی استفاده از کودهای پرمصرف متمرکز شده‌اند و مطالعات اندکی در خصوص تأثیر فاضلاب بر پاسخ گیاه به کاربرد کودهای کم مصرف در دسترس است. مطالعات (۱، ۲، ۱۶ و ۲۳) نشان داده‌اند که تأثیر فاضلاب می‌تواند از گیاهی به گیاه دیگر و از یک ناحیه به ناحیه دیگر به علت تفاوت‌ها در خصوصیات اقلیمی، پوشش‌های گیاهی، خصوصیات اجتماعی و فرهنگی و هم‌چنین اختلافات در کیفیت خاک و فاضلاب در نواحی مختلف و حتی در در دوره‌های زمانی مختلف در یک ناحیه متفاوت باشد. بنابراین بررسی و مطالعه اثرات فاضلاب بر روی محصولات کشاورزی پیش از کاربرد آن در اراضی کشاورزی ضروری است. با توجه به موارد ذکر شده هدف این مطالعه ارزیابی اثرات پتانسیل آبیاری با استفاده از فاضلاب شهری رقیق نشده و ۵۰٪ رقیق شده به همراه کودهای کم مصرف (روی و منگنز) بر رشد و عملکرد، هم‌چنین جذب عناصر غذایی توسط گیاه ارزن دم‌روباهی در منطقه گرم و خشک زابل بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

مطالعات مزرعه‌ای در سال ۱۳۸۸ و در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (عرض جغرافیایی ۶۱ درجه

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۵۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. آزمایش در یک خاک لوم شنی [۱۹٪ رس (<۲μm)، ۲۱٪ سیلت (۲ تا ۲۰μm)، ۴۱٪ شن ریز (۲۰ تا ۲۰۰ μm) و ۱۹٪ شن درشت (۲۰۰ تا ۲۰۰۰ μm)] با pH معادل ۷/۸، ۰/۱۱٪ مواد آلی، ۲/۹ ppm نیتروژن-نیتراتی ($N\text{-}NO_3$)، ۲/۲ ppm فسفر، ۱۵۶ ppm پتاسیم اجرا شد. اقلیم محل اجرای آزمایش گرم و خشک بود و متوسط بارندگی و درجه حرارت متوسط سالیانه آن ۶۳ میلی‌متر و ۲۳ °C گزارش شده است. در سال اجرای آزمایش (سال ۱۳۸۸) بارندگی سالیانه ۵۸ میلی‌متر و درجه حرارت متوسط سالیانه ۲۰ °C بود. محصول پیشین در زمین محل اجرای آزمایش سورگم علوفه‌ای بود.

مشخصات کرت‌ها و طرح آزمایشی مورد استفاده

ارزن دم‌روباهی (*Setaria italic* L.) استفاده شده در این آزمایش رقم KMF9 (رقم اصلاح شده مؤسسه اصلاح بذر و نهال کرج) بود. طرح مورد استفاده کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. پلات اصلی آبیاری با سه منبع آب (آب رودخانه، فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده و فاضلاب رقیق نشده) و پلات فرعی چهار ترکیب محلول‌پاشی با عناصر منگنز و روی [شاهد (کود داده نشده؛ محلول‌پاشی شده با آب)؛ پلات‌هایی محلول‌پاشی شده با $MnSO_4$ (۳۴/۲٪ منگنز) به مقدار ۸۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار $MnSO_4$)؛ پلات‌هایی محلول‌پاشی شده با $ZnSO_4$ (۳۸/۴٪ روی) به مقدار ۸۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار $ZnSO_4$)؛ پلات‌هایی محلول‌پاشی شده با ترکیبی از $MnSO_4$ و $ZnSO_4$ (۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار $ZnSO_4$ و ۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار $MnSO_4$)] بود. پلات‌های آزمایش دارای ابعاد ۵ در ۶ متر بودند و گیاهان در فاصله ۵۰ سانتی‌متری بین ردیف‌ها و ۱۰ سانتی‌متری روی ردیف‌ها کاشته شدند، که تراکم ۲۰۰ هزار بوته در هکتار را نتیجه داد. اولین محلول‌پاشی چهار هفته پس از کاشت گیاهان انجام شد. حدود ۶۰۰ لیتر محلول در هکتار به‌کار رفت. چهار هفته پس از اولین محلول‌پاشی محلول‌پاشی دیگری انجام شد. آبیاری بر مبنای پایش رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه و در زمان تخلیه ۸۵٪ کل آب قابل دسترس خاک(Total Available Soil Water) انجام شد. برای تعیین آب خاک در منطقه توسعه ریشه هر هفته نمونه‌برداری از خاک انجام گرفت و رطوبت خاک با استفاده از روش گراویمتری تعیین شد. بذور با دست و در تاریخ ۱۷ اردیبهشت ۱۳۸۸ کاشته شدند. پلات‌های مجاور با نوارهای ۲ متری از هم جدا گردیدند. تمام پلات‌ها قبل از کاشت ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم دریافت کردند. کود نیتروژن به شکل اوره و به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مقدار مساوی قبل از کاشت و ۴۵ روز پس از کاشت بر روی زمین پاشیده شد. در طول آزمایش کنترل علف‌های هرز مزرعه با دست انجام شد و آفت و بیماری خاصی در مزرعه مشاهده نشد.

نمونه‌برداری از گیاهان و تجزیه شیمیایی نمونه‌های گیاهی و آب

در پایان فصل پنج بوته از هر پلات به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد پانیکول در بوته، تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه و هم‌چنین تعدادی از خصوصیات رشدی گیاهان نظیر ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول پانیکول اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه عملکرد، در پایان فصل از داخل هر کرت یک مربع به ابعاد ۵ مترمربع برداشت شده و در داخل کیسه‌های چتائی در معرض آفتاب گذاشته شد تا رطوبت بوته‌ها کاهش یابد، سپس دانه از کاه و کلش جدا و هر کدام جداگانه توزین گردیدند. برای اندازه‌گیری عناصر غذایی و فلزات سنگین نمونه‌های خشک و آسیاب شده گیاهی با استفاده از روش هضم خشک (۲۲) عصاره‌گیری گردید. غلظت عناصر پرمصرف کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، و کم‌مصرف آهن (Fe)، مس (Cu)، منگنز (Mn) و روی (Zn) و فلزات سنگین کادمیوم (Cd)، نیکل (Ni) و سرب (Pb) در عصاره حاصل با دستگاه جذب اتمی (مدل

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

Shimadzu AA-670) در طیف خاص هر عنصر اندازه‌گیری شد. نیتروژن کل (N) با استفاده از دستگاه کجلدال، فسفر کل (P) گیاه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل WAP)، و سدیم (Na) و پتاسیم (K) با دستگاه فلایم فتومتر (مدل JENWAY-PFP7) اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین خصوصیات شیمیایی آب و فاضلاب، نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در بطری‌های پلاستیکی نگهداری شدند. معیارهای کیفی آب شامل pH و هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity) (EC) به روش USSL (۱۹۹۴) اکسیژن حل شده(Dissolved oxygen) (DO)، نیاز اکسیژن بیولوژیکی(Biological Oxygen Demand) (BOD)، نیاز اکسیژن شیمیایی(Chemical Oxygen Demand) (COD) و کاتیون‌ها (Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+}، K^{+})، آنیون‌ها (CL^{-}، $NO3^{-}$)، نیتروژن- آمونیومی (NH4-N) و فسفر به روش APHA (۱۹۹۲) برآورد گردیدند. برای اندازه‌گیری عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین نمونه‌های آب شامل Fe، Cu، Mn، Zn، Pb، Cd و Ni ابتدا با اسید نیتریک و پرکلریک (۲۲) هضم و سپس عصارهٔ مذکور جهت اندازه‌گیری عناصر مورد نظر طبق روش استاندارد مورد استفاده قرار گرفت. در پایان، تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده با استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری Mstat-C و SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

پساب فاضلاب

خصوصیات کیفیت فاضلاب شهری و آب آبیاری شامل pH، EC، DO، BOD، COD و غلظت عناصر غذایی و فلزات سنگین در جدول ۱ ارائه شده است. واکنش هر دو منبع آب آبیاری قلیایی بود. با این وجود pH فاضلاب شهری (۷/۶) اندکی پایین‌تر از آب رودخانه (۷/۷) بود، درحالی‌که غلظت املاح در فاضلاب (EC: $1/65\ dS\ m^{-1}$) تا حد زیادی بیشتر از آب رودخانه (EC: $0/34\ dS\ m^{-1}$) اندازه گرفته شد. همان‌طورکه انتظار می‌رود، فاضلاب دارای مقدار اکسیژن حل شده پایین‌تری ($3\ mg\ l^{-1}$) نسبت به آب رودخانه ($9\ mg\ l^{-1}$) بود. تأثیر DO بر روی BOD نمونه‌ها بازتاب داشت. به شکلی که مقدار این پارامتر در فاضلاب بسیار بالا ($89\ mg\ l^{-1}$) بود، حال آن‌که BOD در آب رودخانه تنها $2\ mg\ l^{-1}$ ثبت شد. هم‌چنین فاضلاب مقدار COD بسیار بالایی ($191\ mg\ l^{-1}$) دارا بود، درحالی‌که مقدار این پارامتر در آب رودخانه ناچیز ($8\ mg\ l^{-1}$) بود. مقدار BOD و COD فاضلاب برای استفاده در آبیاری اراضی کشاورزی در مقایسه با آستانه مقادیر سمیت ۱۰۰ و $250\ mg\ l^{-1}$ به‌ترتیب برای BOD و COD پایین‌تر بود (ISI, 1987). غلظت تمام عناصر و فلزات سنگین (N، P، K، Ca، Mg، Na، Fe، Cu، Mn، Zn، Cd، Ni و Pb) در فاضلاب نسبت به آب رودخانه بالاتر بود. پسکود (۲۵) مقادیر آستانه فلزات سنگین در آب آبیاری برای ایجاد خسارت به محصول را برای عناصر مختلف روی، مس، آهن، نیکل، سرب و کادمیوم به‌ترتیب ۲۰۰۰، ۵۰۰، ۲۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۰ گزارش کرده است. گرچه مقدار فلزات سنگین فاضلاب بسیار بالاتر از آب رودخانه بود، ولی غلظت آنها جز برای کادمیوم بسیار پایین‌تر از حدود مجاز بود.

رشد و عملکرد گیاه

رشد رویشی

نتایج پارامترهای بررسی شده رشد رویشی گیاه (ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول پانیکول) تحت تأثیر منابع مختلف آب آبیاری و تیمار محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف در جدول ۲ ارائه شده است. ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول پانیکول میان سه منبع مختلف آب آبیاری به‌طور معنی‌دار متفاوت بود، و آبیاری با فاضلاب رقیق نشده بزرگ‌ترین بوته‌ها (ارتفاع بوته ۳/۰۶ ± ۸۸/۳۳ سانتی‌متر، قطر ساقه ۰/۱۲ ± ۵/۲۸ میلی‌متر و طول پانیکول ۰/۲۰ ± ۹/۱۰ سانتی‌متر) را تولید کرد. گیاهان آبیاری شده با فاضلاب رقیق نشده دارای ۱۹٪ ارتفاع ساقه بیشتر، ۵٪ قطر ساقه بیشتر و ۲۵٪ طول پانیکول بیشتر در مقایسه با گیاهان آبیاری شده با آب رودخانه بود. در میان تیمارهای محلول‌پاشی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

جدول ۱. مشخصات فاضلاب و آب رودخانه مورد استفاده در این مطالعه

پارامتر	واحدها	پساب فاضلاب	آب رودخانه
pH		۷/۶	۷/۷
EC	($dS\ m^{-1}$)	۱/۶۵	۰/۳۴
DO	($mg\ l^{-1}$)	۳	۹
BOD	($mg\ l^{-1}$)	۸۹	۲
COD	($mg\ l^{-1}$)	۱۹۱	۸
Na	($mg\ l^{-1}$)	۱۲۳	۳۲
K	($mg\ l^{-1}$)	۲۰	۳۱
Ca	($mg\ l^{-1}$)	۲۵۷	۹۵
Mg	($mg\ l^{-1}$)	۱۵۱	۴۲
Cl	($mg\ l^{-1}$)	۱۸۷	۷/۵
PO_4-P	($mg\ l^{-1}$)	۱۸/۷	ND
NH_4-N	($mg\ l^{-1}$)	۶/۵	۱/۲
NO_3-N	($mg\ l^{-1}$)	۱/۵	۰/۰۲
Zn	($mg\ l^{-1}$)	۰/۷۱	۰/۰۳
Fe	($mg\ l^{-1}$)	۱/۰۶	۰/۰۲
Mn	($mg\ l^{-1}$)	۰/۶۱	۰/۱۱
Cu	($mg\ l^{-1}$)	۰/۳۴	۰/۰۳
Cd	($mg\ l^{-1}$)	۴/۲	۰/۰۱
Pb	($mg\ l^{-1}$)	۰/۰۲	ND
Ni	($mg\ l^{-1}$)	۰/۲۴	ND

ND: غیرقابل تشخیص، EC: هدایت الکتریکی، DO: اکسیژن حل شده، BOD: نیاز اکسیژن بیولوژیکی، COD: نیاز اکسیژن شیمیایی

کمترین رشد در گیاهان محلول‌پاشی شده با آب مشاهده شد. محلول‌پاشی با ترکیبی از منگنز و روی در مقایسه با سایر تیمارهای محلول‌پاشی منجر به بیشترین میزان رشد گیاهان شد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار پارامترهای رشدی (ارتفاع بوته ۶/۱۴ ±۸۴/۰۰ سانتی‌متر، قطر ساقه ۰/۳۲ ± ۵/۲۰ میلی‌متر و طول پانیکول ۰/۷۰ ± ۸/۵۳ سانتی‌متر) در تیمار محلول‌پاشی با ترکیبی از منگنز و روی به‌دست آمد و کمترین این پارامترها (ارتفاع بوته ۶/۷۵ ± ۷۸/۰۰ سانتی‌متر، قطر ساقه ۰/۲۹ ± ۴/۹۴ میلی‌متر و طول پانیکول ۰/۸۳ ± ۸/۰۳ سانتی‌متر) در تیمار شاهد مشاهده شد. در این بررسی اثر متقابل معنی‌داری بین منبع آب آبیاری و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر روی پارامترهای رشدی مشاهده شد (جدول ۵)، به‌طوری‌که گیاهان آبیاری شده با فاضلاب رقیق نشده و رقیق شده رشد بیشتری در تیمارهای محلول‌پاشی با روی و منگنز و یا ترکیبی از هر دو در مقایسه با گیاهان آبیاری شده با آب چاه داشتند.

عملکرد و اجزای عملکرد

مقدار عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ارزن دم‌روباهی تحت تأثیر تیمارهای مختلف آب آبیاری و محلول‌پاشی و اثر متقابل آنها در جداول ۲ و ۵ ارائه شده است. اختلاف معنی‌داری میان منابع

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

جدول ۲. اثر منابع مختلف آب آبیاری (آب رودخانه، فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده و فاضلاب رقیق نشده) و محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر پارامترهای رشد رویشی گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ارزن دم روباهی.

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	طول پانیکول (cm)	تعداد پانیکول در بوته	وزن هزار دانه	تعداد دانه در پانیکول	عملکرد بیولوژیکی ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)
منبع آب آبیاری								
آب رودخانه	۷۴/۰۸±۲/۵۷ c	۴/۷۱±۰/۱۵ b	۷/۳۰±۰/۳۰ c	۲/۳۳±۰/۰۹ b	۱/۹۶±۰/۱۱ a	۸۲۴/۰۰±۱۶/۲۳ c	۷۴۴/۳۳±۱۷/۳۸ c	۶۱۳۷/۴۴ ±۱۵۱/۳۰ c
فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده	۸۱/۳۳±۲/۸۱ b	۵/۱۹±۰/۱۴ a	۸/۲۸±۰/۱۹ b	۲/۴۸±۰/۰۸ a	۲/۰۱±۰/۱۲ a	۸۷۸/۱۷±۱۴/۷۰ b	۸۲۷/۳۳±۳۰/۸۳ b	۶۷۶۹/۰۲±۲۶۵/۷۹ b
فاضلاب رقیق نشده	۸۸/۳۳±۳/۰۶ a	۵/۲۸±۰/۱۲ a	۹/۱۰±۰/۲۰ a	۲/۶۲±۰/۱۳ a	۲/۰۳±۰/۱۱ a	۹۳۶/۰۰±۲۳/۲۹ a	۹۱۰/۹۲±۴۲/۵۶ a	۷۵۱۱/۳۳±۳۶۱/۱۳ a
محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف								
شاهد	۷۸/۰۰±۶/۷۵ c	۴/۹۴±۰/۲۹ c	۸/۰۳±۰/۸۳ c	۲/۳۷±۰/۱۹ b	۲/۰۰±۰/۱۰ a	۸۶۱/۶۷±۴۶/۱۴ c	۸۰۵/۰۰±۷۵/۴۰ c	۶۶۰۴/۰۳±۶۱۴/۹۸ c
منگنز	۸۱/۵۶±۶/۴۸ b	۵/۰۴±۰/۲۵ b	۸/۱۹±۰/۸۵ b	۲/۴۴±۰/۱۹ a	۱/۹۸±۰/۱۰ a	۸۸۱/۲۲±۵۰/۶۹ b	۸۲۸/۸۹±۷۵/۱۷ b	۶۸۱۱/۲۲±۶۱۵/۸۵ b
روی	۸۱/۴۴±۶/۲۷ b	۵/۰۴±۰/۲۷ b	۸/۱۶±۰/۷۸ bc	۲/۴۷±۰/۲۱ a	۲/۰۰±۰/۱۷ a	۸۷۵/۲۲± ۴۸/۸۸ b	۸۱۴/۴۴±۶۰/۶۴ bc	۶۷۳۹/۵۱±۵۳۳/۸۵ bc
منگنز + روی	۸۴/۰۰±۶/۱۴ a	۵/۲۰±۰/۳۲ a	۸/۵۳±۰/۷۰ a	۲/۴۹±۰/۱۷ a	۲/۰۱±۰/۰۸ a	۹۰۰/۳۳±۵۴/۵۳ b	۸۶۱/۷۸ ±۸۹/۰۳ a	۷۱۰۵/۸۲±۷۲۸/۳۳ a
دو سویه ANOVA								
F-Value								
آبیاری	۲۷۰/۷۸	۲۶۹/۶۰	۶۳۸/۰۴	۷۷/۲۹	۱/۲۳	۴۶۹/۸۳	۱۵۷/۲۷	۱۳۲/۶۳
محلول‌پاشی	۲۴/۳۴	۲۴/۰۷	۲۷/۰۸	۴/۳۷	۰/۱۵	۲۸/۶۱	۱۰/۵۰	۹/۴۷
P-Value								
آبیاری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۱۶۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
محلول‌پاشی	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۷۸	۰/۹۲۸۶	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۶

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P<0/05$). داده‌ها میانگین ۴ تکرار می‌باشند ± S.D.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

جدول ۳. اثر منابع مختلف آب آبیاری (آب رودخانه، فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده و فاضلاب رقیق نشده) و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر غلظت عناصر پر مصرف گیاه ارزن دم روباهی

تیمار	N	P	K	Ca	Mg	Na
منبع آب آبیاری						
آب رودخانه	۲۴/۹۲±۰/۶۷ c	۲/۱۸±۰/۰۹ c	۹/۱۵±۰/۳۵ c	۱۸/۹۳±۱/۵۰ c	۳/۰۰±۰/۰۷ b	۱/۰۰±۰/۰۷ b
فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده	۲۷/۶۷±۰/۷۸ b	۲/۵۳±۰/۱۱ b	۱۰/۳۵±۰/۴۱ b	۲۲/۴۰±۱/۱۸ b	۳/۲۷±۰/۱۴ ab	۱/۲۰±۰/۰۶ a
فاضلاب رقیق نشده	۳۰/۸۳±۰/۸۳ a	۲/۸۳±۰/۱۷ a	۱۱/۵۰±۰/۳۵ a	۲۶/۶۷±۱/۷۲ a	۳/۴۳±۰/۲۱ a	۱/۳۰±۰/۰۷ a
محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف						
شاهد	۲۷/۶۷±۲/۶۵ a	۲/۵۱±۰/۳۴ a	۱۰/۳۷±۱/۱۸ a	۲۲/۷۶±۳/۸۲ a	۳/۲۶±۰/۲۷ a	۱/۱۹±۰/۱۵ a
منگنز	۲۸/۱۱±۲/۵۷ a	۲/۵۳±۰/۳۱ a	۱۰/۳۷±۱/۱۵ a	۲۳/۱۱±۳/۴۰ a	۳/۲۳±۰/۲۸ a	۱/۱۷±۰/۱۵ a
روی	۲۷/۸۹±۳/۲۲ a	۲/۴۸±۰/۲۶ a	۱۰/۳۷±۰/ ۸۸a	۲۲/۰۴±۳/۵۶ a	۳/۲۲±۰/۲۴ a	۱/۱۷±۰/۱۶ a
منگنز + روی	۲۷/۵۶±۲/۱۳ a	۲/۵۱±۰/۳۲ a	۱۰/۲۳±۱/۱۰ a	۲۲/۷۶±۳/۸۲ a	۳/۲۲±۰/۱۸ a	۱/۱۴±۰/۱۴ a
دو سویه ANOVA						
F-Value						
آبیاری	۱۶۴/۶۵	۷۵/۷۸	۲۴۲/۴۹	۹۳/۷۸	۴۰/۴۷	۶۱/۷۱
محلول‌پاشی	۰/۸۶	۰/۲۸	۰/۵۹	۰/۹۴	۰/۱۶	۰/۶۵
P-Value						
آبیاری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
محلول‌پاشی	۰/۴۸۲۱	۰/۸۳۷۹	۰/۶۳۲۳	۰/۴۴۲۷	۰/۹۲۳۹	۰/۵۹۱۳

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P <۰/۰۵). داده‌ها میانگین ۴ تکرار می‌باشند ± S.D.

مختلف آب آبیاری در خصوص تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول وجود داشت. کاربرد فاضلاب شهری تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش داد. اجزای عملکرد بررسی شده در پلات‌های آبیاری شده با فاضلاب رقیق نشده به‌طور معنی‌داری بالاتر از پلات‌های آبیاری شده با فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده بودند، و پلات‌های آبیاری شده با آب رودخانه کمترین مقدار را داشتند. وزن هزار دانه در گیاهان آبیاری شده با فاضلاب رقیق نشده اندکی بالاتر از وزن هزار دانه در پلات‌های آبیاری شده با فاضلاب رقیق شده و آب رودخانه بود، اما این تفاوت‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

اختلافات معنی‌دار آماری میان تیمارهای مختلف محلول‌پاشی با عناصر کم مصرف بر روی اجزای عملکرد به استثنای وزن هزار دانه مشاهده شد. محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف منگنز و روی تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول گیاه ارزن را به‌ترتیب ۵/۱٪ و ۴/۵٪ نسبت به شاهد (محلول‌پاشی شده با آب) افزایش داد. اندازه دانه‌ها در میان تیمارهای مختلف محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف بسیار شبیه به هم بود. لذا، گیاهان رشد یافته در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در ارتباط با وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری نداشتند. اثر متقابل معنی‌داری بین منابع آب آبیاری و تیمارهای محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر روی تمام اجزای عملکرد بررسی شده به استثنای پارامتر تعداد پانیکول در بوته مشاهده شد. عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گیاهان به‌طور معنی‌داری

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

جدول ۴. اثر منابع مختلف آب آبیاری (آب رودخانه، فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده و فاضلاب رقیق نشده) و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر غلظت عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین گیاه ارزن دم روباهی

تیمار	Fe	Zn	Mn	Cu	Cd	Ni	Pb
منبع آب آبیاری							
آب رودخانه	۱۹۱/۷۵±۵/۴۰ a	۸۶/۷۵±۴۵/۷۲ c	۱۱۷/۶۷±۴۴/۴۰ c	۱۷/۰۸±۱/۳۱ c	۰/۰۰±۰/۰۰ c	ND	ND
فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده	۱۷۶/۹۲±۱۰/۰۰ b	۹۱/۵۰±۴۱/۵۰ b	۱۳۵/۴۲±۴۰/۵۷ b	۲۱/۳۳±۱/۹۲ b	۱/۹۵±۰/۲۲ b	ND	ND
فاضلاب رقیق نشده	۱۷۱/۷۵±۸/۰۱ b	۹۵/۶۷±۳۷/۷۹ a	۱۴۳/۹۲±۳۵/۱۳ a	۲۶/۳۳±۱/۲۳ a	۲/۲۷±۰/۲۴ a	ND	ND
محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف							
شاهد	۱۸۳/۶۷±۱۴/۳۵ a	۵۱/۴۴±۷/۳۵ b	۹۸/۸۹±۱۴/۰۸ c	۲۱/۸۹±۴/۲۳ a	۱/۵۱±۱/۱۴ a	ND	ND
منگنز	۱۷۷/۲۲±۱۳/۴۱ a	۵۱/۶۷±۸/۰۶ b	۱۷۲/۰۰±۸/۶۵ a	۲۱/۶۷±۴/۳۶ a	۱/۳۴±۱/۰۵ ab	ND	ND
روی	۱۷۸/۶۷±۱۰/۴۰ a	۱۳۰/۵۶±۵/۰۳ a	۹۰/۱۱±۱۸/۸۲ d	۲۱/۴۴67 ±۴/۲۸ a	۱/۳۸±۱/۰۷ ab	ND	ND
منگنز + روی	۱۸۱/۰۰ ±۸/۲۵ a	۱۳۱/۵۶±۳/۲۴ a	۱۶۸/۳۳±۹/۵۱ b	۲۱/۳۳67 ±۴/۳۰ a	۱/۳۹±۱/۰۶ b	ND	ND
دو سویه ANOVA							
F-Value							
آبیاری	۲۴۷/۴۱	۱۷/۹۸	۱۶۷/۵۱	۲۲۴/۰۶	۷۶۸/۸۰		
محلول‌پاشی	۱/۳۶	۱۴۲۷/۱۳	۱۳۴۷/۰۵	۰/۴۸	۲/۰۳		
P-Value							
آبیاری	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱		
محلول‌پاشی	۰/۲۸۶۷	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۰۳۰	۰/۱۴۵۵		

در هر ستون, میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P <۰/۰۵). داده‌ها میانگین ۴ تکرار می‌باشند ± S.D.

تحت تأثیر آبیاری با فاضلاب قرار گرفتند. عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه برای گیاهان آبیاری شده با فاضلاب رقیق نشده به‌ترتیب ۹/۲٪ و ۹/۹٪ بیشتر از گیاهان آبیاری شده با فاضلاب رقیق شده و ۱۷/۲٪ و ۱۸/۳٪ بیشتر از گیاهان آبیاری شده با آب رودخانه بود. محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف منگنز و روی عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را به‌ترتیب ۷/۰٪ و ۶/۵٪ در مقایسه با شاهد (محلول‌پاشی با آب) کاهش داد. اثر متقابل معنی‌داری بین منابع مختلف آب آبیاری و محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف روی عملکرد بیولوژیک و دانه مشاهده شد. آبیاری با فاضلاب شهری رقیق نشده به همراه محلول پاشی با منگنز و روی و آبیاری با آب رودخانه به همراه محلول‌پاشی با آب به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را دارا بودند.

غلظت عناصر غذایی در گیاهان

میانگین غلظت عناصر غذایی پرمصرف، کم‌مصرف و فلزات سنگین در اندام‌های هوایی گیاه تحت تأثیر منابع آب آبیاری و تیمارهای مختلف محلول‌پاشی و اثر متقابل آنها در جداول۳، ۴، ۶ و ۷ ارائه شده است. غلظت‌های بالای عناصر غذایی پرمصرف (N، P، K، Ca، Mg و Na) در اندام‌های هوایی گیاه بین تیمارهای آبیاری دارای یک روند کاهشی از فاضلاب رقیق نشده، فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده و آب رودخانه بود. غلظت عناصر غذایی پرمصرف در اثر محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف تغییر معنی‌داری نکرد. هم‌چنین اثر متقابل معنی‌داری بین منبع آب آبیاری و محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف بر غلظت عناصر غذایی پرمصرف در اندام‌های هوایی گیاه دیده نشد. غلظت غذایی کم‌مصرف (Zn، Mn، Fe، Cu) و فلزات سنگین (Cd) در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

جدول ۵. اثر متقابل منابع مختلف آب آبیاری و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر پارامترهای رشد رویشی گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ارزن دم روباهی

منبع آب آبیاری	محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	طول پانیکول (cm)	تعداد پانیکول در بوته	وزن هزار دانه	تعداد دانه در پانیکول	عملکرد بیولوژیکی ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)
آب رودخانه	شاهد	۷۰/۶۷± ۰/۵۸	۴/۶۰± ۰/۲۰	۷/۰۳± ۰/۰۶	۲/۱۷± ۰/۰۶	۲/۰۷± ۰/۰۶	۸۰۴/۶۷ ±۷/۲۳	۷۲۳/۰۰± ۱۰/۱۵	۵۹۵۱/۱۱± ۹۲/۸۶
	منگنز	۷۴/۰۰± ۱/۰۰	۴/۷۳± ۰/۱۲	۷/۱۷± ۰/۱۵	۲/۲۳± ۰/۰۶	۱/۹۷± ۰/۱۲	۸۲۵/۶۷± ۴/۶۲	۷۴۲/۳۳± ۲/۵۲	۶۱۳۱/۸۹± ۸۶/۲۲
	روی	۷۴/۳۳± ۰/۵۸	۴/۷۰± ۰/۱۰	۷/۲۷± ۰/۲۱	۲/۲۳± ۰/۱۲	۱/۸۳± ۰/۰۶	۸۲۰/۰۰ ±۵/۲۹	۷۴۸/۰۰± ۱۳/۱۱	۶۱۶۵/۷۷± ۱۲۲/۱۱
	منگنز + روی	۷۷/۳۳± ۱/۱۵	۴/۸۰± ۰/۱۷	۷/۷۳± ۰/۰۶	۲/۳۰± ۰/۱۰	۱/۹۷± ۰/۰۶	۸۴۵/۶۷± ۷/۳۷	۷۶۴/۰۰± ۹/۵۴	۶۳۰۰/۹۹± ۳۸/۴۴
فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده	شاهد	۷۷/۳۳± ۰/۵۸	۵/۰۷± ۰/۱۲	۸/۱۳± ۰/۰۶	۲/۴۳± ۰/۱۲	۱/۹۳± ۰/۱۵	۸۷۳/۰۰ ±۱۵/۱۰	۷۹۸/۳۳± ۲۱/۷۳	۶۵۲۵/۹۰± ۱۹۹/۷۷
	منگنز	۸۲/۰۰± ۱/۷۳	۵/۱۳± ۰/۰۶	۸/۳۰± ۰/۱۰	۲/۴۷± ۰/۰۶	۲/۰۰± ۰/۱۰	۸۷۷/۳۳± ۱۳/۰۵	۸۳۰/۳۳± ۱۶/۸۰	۶۷۶۶/۶۶± ۲۰۴/۸۱
	روی	۸۱/۶۷± ۰/۵۸	۵/۲۰± ۰/۱۰	۸/۱۷± ۰/۱۵	۲/۵۰± ۰/۱۰	۲/۰۳± ۰/۱۵	۸۷۷/۳۳± ۷/۳۷	۸۱۸/۳۳± ۳۱/۰۹	۶۷۷۷/۳۹± ۲۰۳/۲۲
	منگنز + روی	۸۴/۳۳± ۱/۱۵	۵/۳۷± ۰/۱۲	۸/۵۳± ۰/۱۵	۲/۵۰± ۰/۰۰	۲/۰۷± ۰/۰۶	۸۸۹/۰۰ ±۲۲/۰۰	۸۶۲/۳۳± ۱۶/۵۰	۷۱۰۶/۶۸± ۱۰۰/۴۸
فاضلاب رقیق نشده	شاهد	۸۶/۰۰± ۲/۰۰	۵/۱۷± ۰/۰۶	۸/۹۳± ۰/۱۲	۲/۵۰± ۰/۱۷	۲/۰۰± ۰/۰۰	۹۰۷/۳۳ ±۶/۴۳	۸۹۳/۶۷± ۱۴/۸۴	۷۳۳۵/۰۷± ۱۱۸/۴۵
	منگنز	۸۸/۶۷± ۱/۵۳	۵/۲۷± ۰/۰۶	۹/۱۰± ۰/۲۰	۲/۶۳± ۰/۱۲	۱/۹۷± ۰/۱۲	۹۴۰/۶۷ ±۱۱/۵۵	۹۱۴/۰۰± ۱۴/۴۲	۷۵۲۵/۱۲± ۹۵/۹۴
	روی	۸۸/۳۳± ۳/۰۶	۵/۲۳± ۰/۱۲	۹/۰۳± ۰/۱۵	۲/۶۷± ۰/۱۲	۲/۱۳± ۰/۱۲	۹۳۲/۳۳± ۱/۵۳	۸۷۷/۰۰± ۳۲/۵۱	۷۲۷۵/۳۶± ۳۹۵/۴۶
	منگنز + روی	۹۰/۳۳± ۴/۶۲	۵/۴۳± ۰/۰۶	۹/۳۳± ۰/۱۲	۲/۶۷± ۰/۰۶	۲/۰۰± ۰/۱۰	۹۶۶/۳۳± ۱۲/۰۱	۹۵۹/۰۰± ۵۳/۱۱	۷۹۰۹/۷۸± ۴۱۱/۲۴
دو سویه ANOVA									
F-Value	I × M*	۱۲/۳۹	۱۰/۷۲	۶/۴۸	۰/۰۹۲	۴/۴۰	۵/۹۸	۱۱/۶۱	۱۰/۳۲
P-Value	I × M	۰/۰۳۵۰	۰/۰۴۱۸	۰/۰۴۹۴	۰/۴۲۴۸	۰/۰۴۵۵	۰/۰۱۶۴	۰/۰۳۷۱	۰/۰۴۵۵

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (**P** <۰/۰۵). داده‌ها میانگین ۴ تکرار می‌باشند ± **S.D.**

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

جدول ۶. اثر متقابل منابع مختلف آب آبیاری و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر غلظت عناصر پر مصرف گیاه ارزن دم روباهی

منبع آب آبیاری	محلول پاشی عناصر کم‌مصرف	N	P	K	Ca	Mg	Na
آب رودخانه	شاهد	۲۴/۶۷±۰/۵۸	۲/۱۳±۰/۰۶	۹/۱۰±۰/۱۷	۱۸/۶۷±۰/۹۲	۲/۹۷±۰/۰۶	۱/۰۳±۰/۰۶
	منگنز	۲۵/۳۳±۰/۵۸	۲/۲۰±۰/۰۰	۹/۲۰±۰/۴۶	۱۹/۷۳±۰/۹۲	۲/۹۷±۰/۱۲	۱/۰۰±۱/۱۰
	روی	۲۴/۳۳±۰/۵۸	۲/۲۳±۰/۰۶	۹/۴۰±۰/۴۶	۱۸/۱۳±۰/۹۲	۳/۰۳±۰/۰۶	۱/۰۰±۱/۱۰
	منگنز + روی	۲۵/۳۳±۰/۵۸	۲/۱۷±۰/۱۵	۸/۹۰±۰/۱۷	۱۹/۲۰±۲/۷۷	۳/۰۳±۰/۰۶	۰/۹۷±۰/۰۶
فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده	شاهد	۲۷/۶۷±۰/۵۸	۲/۵۷±۰/۱۲	۱۰/۳۰±۰/۶۲	۲۲/۴۰±۰/۰۰	۳/۳۰±۰/۱۰	۱/۲۰±۰/۰۰
	منگنز	۲۸/۰۰±۱/۰۰	۲/۵۳±۰/۱۵	۱۰/۲۰±۰/۳۰	۲۲/۹۳±۱/۸۵	۲/۲۰±۰/۲۰	۱/۲۰±۰/۱۰
	روی	۲۷/۶۷±۰/۵۸	۲/۵۰±۰/۱۰	۱۰/۴۰±۰/۳۵	۲۱/۸۷±۰/۹۲	۳/۲۰±۰/۱۰	۱/۲۰±۰/۱۰
	منگنز + روی	۲۷/۳۳±۱/۱۵	۲/۵۰±۰/۱۰	۱۰/۵۰±۰/۵۲	۲۲/۴۰±۱/۶۰	۳/۳۷±۰/۱۵	۱/۲۰±۰/۰۰
فاضلاب رقیق نشده	شاهد	۳۰/۶۷±۰/۵۸	۲/۸۷±۰/۱۲	۱۱/۷۰±۰/۳۰	۲۷/۲۰±۱/۶۰	۳/۵۰±۰/۲۶	۱/۳۳±۰/۱۲
	منگنز	۳۱/۰۰±۱/۰۰	۲/۸۷±۰/۱۵	۱۱/۷۰±۰/۵۲	۲۶/۶۷±۲/۴۴	۳/۵۳±۰/۱۲	۱/۳۰±۰/۰۰
	روی	۳۱/۶۷±۰/۵۸	۲/۷۰±۰/۳۰	۱۱/۳۰±۰/۱۷	۲۶/۱۳±۰/۹۲	۳/۴۳±۰/۳۱	۱/۳۰±۰/۱۰
	منگنز + روی	۳۰/۳۳±۰/۵۸	۲/۸۷±۰/۰۶	۱۱/۳۰±۰/۱۷	۲۶/۶۷±۲/۴۴	۳/۲۷±۰/۱۲	۱/۲۷±۰/۰۶
دو سویه ANOVA							
F-Value	I × M*	۱/۴۶	۰/۸۶	۲/۲۰	۰/۲۰	۲/۲۷	۰/۱۶
P-Value	I × M	۰/۲۴۵۹	۰/۵۴۰۸	۰/۰۹۱۷	۰/۹۷۳۳	۰/۰۸۲۵	۰/۹۸۳۴

*: اثر متقابل منبع آب آبیاری و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف. داده‌ها میانگین ۴ تکرار می‌باشند ± S.D.

جدول ۷. اثر متقابل منابع مختلف آب آبیاری و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر غلظت عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین گیاه ارزن دم روباهی

منبع آب آبیاری	محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb
آب رودخانه	شاهد	۱۹۸/۰۰±۱/۰۰	۸۶/۰۰±۱/۰۰	۴۴/۰۰±۲/۰۰	۱۷/۶۷±۲/۰۸	۰۰/۰۰±۰/۰۰	ND	ND
	منگنز	۱۹۳/۰۰±۷/۲۱	۱۶۱/۰۰±۱/۰۰	۴۲/۳۳±۱/۱۵	۱۷/۶۷±۱/۰۰	۰۰/۰۰±۰/۰۰	ND	ND
	روی	۱۸۸/۶۷±۱/۵۳	۶۵/۶۷±۲/۰۸	۱۲۶/۳۳±۵/۵۱	۱۶/۶۷±۱/۵۳	۰۰/۰۰±۰/۰۰	ND	ND
	منگنز + روی	۱۸۷/۳۳±۰/۵۸	۱۵۸/۰۰±۴/۵۸	۱۳۴/۳۳±۴/۰۴	۱۷/۰۰±۱/۰۰	۰۰/۰۰±۰/۰۰	ND	ND
فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده	شاهد	۱۸۰/۳۳±۱۷/۲۱	۹۴/۳۳±۴/۹۳	۵۰/۶۷±۲/۰۸	۲۱/۳۳±۲/۰۸	۲/۱۷±۰/۰۶	ND	ND
	منگنز	۱۷۴/۳۳±۴/۰۴	۱۷۹/۰۰±۱/۷۳	۵۳/۰۰±۳/۴۶	۲۱/۳۳±۱/۵۳	۱/۷۷±۰/۲۵	ND	ND
	روی	۱۷۳/۰۰±۸/۶۶	۹۹/۳۳±۰/۵۸	۱۳۲/۰۰±۱/۷۳	۲۱/۶۷±۲/۰۸	۱/۹۰±۰/۱۷	ND	ND
	منگنز + روی	۱۸۰/۰۰±۹/۸۵	۱۶۹/۰۰±۱/۰۰	۱۳۰/۳۳±۲/۰۸	۲۱/۰۰±۳/۰۰	۱/۹۷±۰/۲۱	ND	ND
فاضلاب رقیق نشده	شاهد	۱۷۲/۶۷±۴/۵۱	۱۱۶/۳۳±۵/۵۱	۵۹/۶۷±۴/۷۳	۲۶/۶۷±۱/۱۵	۲/۳۷±۰/۱۵	ND	ND
	منگنز	۱۶۴/۳۳±۴/۰۴	۱۷۶/۰۰±۴/۰۰	۵۹/۶۷±۴/۱۶	۲۶/۶۷±۱/۵۳	۲/۲۷±۰/۲۹	ND	ND
	روی	۱۷۴/۳۳±۱۱/۳۷	۱۰۵/۳۳±۶/۴۳	۱۳۳/۳۳±۵/۱۳	۲۶/۰۰±۱/۰۰	۲/۲۳±۰/۴۰	ND	ND
	منگنز + روی	۱۷۵/۶۷±۸/۳۹	۱۷۸/۰۰±۶/۲۴	۱۳۰/۰۰±۲/۰۰	۲۶/۰۰±۱/۷۳	۲/۲۰±۰/۱۷	ND	ND
ANOVA دو سویه								
F-Value	I × M*	۱/۰۸	۱۳/۸۹	۵/۸۹	۰/۲۸	۱/۰۹		
P-Value	I × M	۰/۰۷۲۹	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۵	۰/۹۳۷۹	۰/۴۰۷۱		

*: اثر متقابل منبع آب آبیاری و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف. داده‌ها میانگین ۴ تکرار می‌باشند ± S.D.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

اندام‌های هوایی گیاهان آبیاری شده با فاضلاب رقیق نشده به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان آبیاری شده با فاضلاب ۵۰٪ رقیق شده بود، و گیاهان آبیاری شده با آب رودخانه کمترین غلظت عناصر کم مصرف را دارا بودند. در این آزمایش مقدار نیکل و سرب در گیاهان ناچیز بود. غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف فوق‌الذکر و فلز سنگین کادمیوم در اندام‌های هوایی گیاهان در اثر محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف به‌طور معنی‌داری تغییر نکرد، با این‌حال در اغلب موارد گیاهان محلول‌پاشی شده با منگنز و روی دارای کمترین غلظت و گیاهان محلول‌پاشی شده با آب دارای بیشترین غلظت بودند (البته این اختلاف در هیچ‌کدام از عناصر مورد بررسی معنی‌دار نشد). در پلات‌های محلول‌پاشی شده با منگنز، روی و یا ترکیبی از منگنز و روی غلظت عناصر منگنز و یا روی به شکل قابل ملاحظه‌ای بالاتر از سایر تیمارها بود.اثر متقابل معنی‌داری بین منبع آب آبیاری و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر روی عناصر غذایی کم مصرف و کادمیوم به استثنای منگنز و روی دیده نشد. در خصوص دو عنصر منگنز و روی محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف غلظت منگنز و روی را در گیاهان آبیاری شده با آب رودخانه بیش از گیاهان آبیاری شده با فاضلاب شهری افزایش داد.

بحث

رشد بیشتر و عملکرد بالاتر به‌دست آمده از گیاهان ارزن آبیاری شده با فاضلاب نسبت به آب رودخانه به‌وسیله گروهی از محققین (منبع شماره ۲۳ برای ذرت، منبع شماره ۲۴ برای گندم و برنج، منبع شماره ۲۰ برای *Acacia nilotica*، منبع شماره ۱۶ *Acacia saligna* و *Leucaena leucocephala*، منبع شماره ۶ برای درخت صنوبر، منبع شماره ۱۵ برای *Eucalyptus globulus*، منبع شماره ۲ برای *Casuarina glauca*، *Taxodium distichum* و *Populus nigra*، منبع شماره ۳ برای *Tipuana speciosa*) بدین شکل تفسیر شده است که فاضلاب به علت افزایش حاصل‌خیزی خاک و فراهم کردن مواد آلی برای خاک و هم‌چنین بهبود محیط فیزیکی خاک اثر تحریک‌کننده بر رشد داشته است. این اثرات مثبت توانسته‌اند اثرات مخرب Na و خصوصیات مضر فاضلاب بر گیاهان را کاهش دهند (۱۴). فاضلاب می‌تواند از طریق تحریک جوانه‌زنی، رشد و تکثیر ریشه و افزایش جذب آب و عناصر غذایی موجب افزایش رشد، عملکرد بیوماس و عملکرد دانه محصول شود (۲۳ و ۲۴).

فراهمی عناصر غذایی از طریق فاضلاب برای خاک و گیاه به کیفیت فاضلاب به‌کار رفته و مقدار آب آبیاری بستگی دارد (۱۷). آبیاری با فاضلاب که حاوی سطوح بالاتری از عناصر در مقایسه با آب رودخانه بود، منجر به افزایش تجمع عناصر غذایی در بافت‌های هوایی گیاه شد، با این‌حال، علی‌رغم مقدار آهن بیشتر در فاضلاب نسبت به آب رودخانه (جدول ۱) غلظت آهن در گیاه در اثر آبیاری با فاضلاب کاهش یافت. امکان دارد سطوح بالاتر کلر در فاضلاب جذب آهن را کاهش داده باشد. در مطالعات پیشین هم کاهش جذب آهن توسط گیاه تحت تأثیر افزایش غلظت نمک گزارش شده است (۲۶). علیرغم کاهش مقدار آهن در گیاه آثار رنگ پریدگی ناشی از کمبود آهن در برگ‌ها دیده نشد. این موضوع احتمالاً ناشی از سطوح بالای سایر عناصر کم‌مصرف در گیاه بود که به غلبه گیاه بر آثار مضر سطوح بالای نمک کمک می‌کند (۳). هم‌چنین غلظت ناچیز نیکل و سرب در بافت‌های گیاه احتمالاً ناشی از فعالیت‌های صنعتی اندک در منطقه زابل بود. با این‌حال، ورود پساب برخی از واحدهای کوچک صنعتی مستقر در این ناحیه به فاضلاب به دلیل مقادیر بالای برخی از عناصر سمی می‌تواند موضوع نگرانی باشد. افزایش بیشتر غلظت عناصر سمی فاضلاب ممکن است با ورود به خاک و گیاه برای سلامت انسان و محیط زیست بسیار خطرناک باشد. علاوه بر این، به علت پویایی اندک فلزات سنگین، آنها احتمالاً در بخش‌های پایین گیاه مانند ریشه و بخش‌های تحتانی ساقه تجمع می‌یابند. با این وجود، ماجئون و همکاران (۲۱) وجود تعدادی از فلزات سنگین را در برگ‌های درختان زیتون و بلوط به دنبال آبیاری با فاضلاب گزارش کردند مقدار جذب عناصر غذایی به‌وسیله

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

گیاهان به عوامل متعددی از جمله مقدار عناصر موجود در فاضلاب، خصوصیات خاک و نوع گیاه بستگی دارد (۸، ۲۷).

نتایج این مطالعه هم‌چنین نشان داد که مقدار منگنز و روی موجود در فاضلاب برای گیاهان ارزن دم‌روباهی کافی نبود، زیرا رشد و عملکرد گیاهان آبیاری شده با فاضلاب شهری در اثر کاربرد کودهای کم‌مصرف منگنز و روی افزایش یافت. اسمیت و پترسون (۲۸) و فیگین و همکاران (۱۴) گزارش کردند، که بسته به خصوصیات اقلیمی و شرایط خاک فاضلاب تنها بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کند. هم‌چنین برای غالب عناصر زمان حداکثر تقاضای برای جذب عنصر همیشه با بیشترین نیاز گیاه به آب همزمان نیست (۹). افزون بر این، افزایش رشد گیاه ارزن تحت pH بالا به‌وسیله افزودن کودهای کم مصرف آهن، منگنز و روی پیش از این نیز گزارش شده بود (۱۲). آزودو (۵) نیز مشاهده کرد که گیاهان کاهو رشد یافته درخاک بدون افزودن هیچ‌گونه کودی زمانی‌که با پساب استخر پرورش ماهی آبیاری شدند سه مرتبه ماده خشک بیشتری نسبت به زمانی‌که با آب با کیفیت بالا آبیاری شدند تولید کردند. اما زمانی‌که تمامی نیازهای غذایی گیاه از طریق کود شیمیایی تأمین شد، گیاه دیگر پاسخی به آبیاری با پساب استخر پرورش ماهی نشان نداد. غلظت عناصر N، P، K، Mg، Ca و Na در اندام‌های هوایی گیاهان میان تیمارهای مختلف محلول‌پاشی تا اندازه زیادی شباهت داشت و گیاهان رشد یافته در تیمارهای مختلف در غلظت عناصر پرمصرف تفاوتی با هم نداشتند. با این وجود، محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف منجر به کاهش اندک غلظت عناصر Zn، Mn، Fe، Cu و Cd در گیاه در مقایسه با شاهد محلول‌پاشی شده با آب شد (البته این اختلافات معنی‌دار نبود). این نتیجه می‌تواند ناشی از کاهش غلظت این عناصر به علت افزایش رشد محصول و رقیق شدن این عناصر در بافت‌های گیاه باشد. مطالعه چاپاین و ویزمن (۱۱) بر روی وضعیت N، NO3، Ca، Fe و Zn به دنبال محلول‌پاشی پتاسیم نشان داد که کاربرد پتاسیم غلظت عناصر غذایی گیاه را تغییری نداد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد کاربرد فاضلاب شهری دارای تأثیر مثبتی بر رشد و کارآیی ارزن دم‌روباهی در خاک‌های فقیر منطقه خشک زابل بدون خطر تجمع املاح سمی در گیاه است. بنابراین، استفاده از فاضلاب می‌تواند به شکل کارآمدی منابع آب برای آبیاری را و در نتیجه تولید محصول را در اراضی کشاورزی را افزایش دهد. هم‌چنین فاضلاب می‌تواند به عنوان یک منبع پتانسیل برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عمل کند، و نیاز مزرعه به کودهای شیمیایی را کاهش دهد. در این بررسی تأثیر فاضلاب زمانی آشکارتر شد که عناصر کم‌مصرف منگنز و روی هم به همراه فاضلاب به‌کار رفت. تخلیه منگنز و روی در خاک اراضی زراعی به دنبال کشت و کار مداوم احتمالاً وضعیت این عناصر در خاک را برای رشد گیاهان نامناسب می‌سازد و نیاز به تأمین آنها از طریق کود در طول دوره رشد گیاه حتی در اراضی آبیاری شده با فاضلاب وجود دارد.

منابع مورد استفاده

۱. صالحی آ.، م. طبری کوچک سرایی، ج. محمدی و ع. ر. علی عرب. ۱۳۸۷. اثر آبیاری با فاضلاب شهری بر خاک و رشد درختان کاج تهران. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱۶: ۱۸۶-۱۹۶.

2. Abbaas, M. M. 2002. Effect of some heavy metals in the irrigation water on growth and chemical constituents of some timber trees. Unpublished Ph.D.'s thesis. University of Cairo, Cairo, Egypt.

3. Ali, H. M., E. M. El-Mahrouk, F. A. Hassan and M. H. Khamis. 2010. Growth, Chemical Compositions and Soil Properties of Tipuana speciosa Irrigated with Sewage Effluent. Paper presented at the 25th Meeting of Saudi Biological Society, Nanotechnology in Life Sciences, Alasa City at King Faisal University.

4. APHA–AWWA–WEF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (19th ed.). Washington DC. APHA-AWWA-WEF.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]

5. Azevedo, C. M. S. B. 1998. Nitrogen transfer using 15N as a tracer in an integrated aquaculture and agriculture system. Unpublished PhD. Thesis. University of Arizona, Tucson, Arizona.
6. Berbec, S., C. Szewczuk and D. Sugier. 1999. The effect of irrigation with municipal sewage on the catching and growth rate of poplar trees. Folia Univ. Agric. 77: 27-31.
7. Bouwer, H. and E. Idelovitch. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. J. Irrig. and Drain. Eng. 113: 516–535.
8. Bozkurt, M. A. and T. Yarilga. 2003. The effects of waste water sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. Turk. J. Agric. and Forest. 27: 285–292.
9. Brouwer, J. and J. M. Powell. 1998. Increasing nutrient use efficiency in West-African agriculture: the impact of micro-topography on nutrient leaching from cattle and sheep manure. Agric. Ecosys. & Environ. 71: 229-239.
10. Chambers, B., S. Royle, S. Hadden and S. Maslen. 2002. The use of biosolids and other organic substances in the creation of soil-forming materials. J. Chartered Instit. Water and Environ. Manage. 16: 34-39.
11. Chapagain, B. P. and Z. Wiesman. 2004. Effect of Nutri-Vant-PeaK foliar spray on plant development, yield, and fruit quality in greenhouse tomatoes. Scientia Horticulturae 102: 177-188.
12. El-Fouly, M. M., O. A. Nofal and Z. M. Mobarak. 2001. Effects of soil treatment with iron, manganese and zinc on growth and micronutrient uptake of sunflower plants grown in high-pH soil. J. Agron. and Crop Sci. 186: 245–251.
13. Emongor, V. E. and G. M. Ramolemana. 2004. Treated waste water effluent (water) potential to be used for horticultural production in Botswana. Phys. and Chem. Earth 29: 1101–1108.
14. Feigin, A., I. Ravina and J. Shalhevet. 1991. Irrigation with Treated Sewage Effluent: Management for Environmental Protection. Springer-Verlag Pub., Berlin.
15. Guo, L. B. and R. E. H. Sims. 2000. Effect of meat works effluent irrigation on soil, tree biomass production and nutrient uptake in *Eucalyptus globulus* seedlings in growth cabinets. Bioresour. and Technol. 72: 243-251.
16. Hassan, F. A., L. I. EL-Juhany, A. A. EL-Settawy and M. S. Shehata. 2002. Effects of irrigation with sewage effluent on the growth of some forest trees species, physical and chemical properties of the soil. Paper presented at the second Conference on Sustainable Agricultural Development. Fayoum, Eygypt.
17. Hayes, A. R., C. F. Mancino, W. Y. Forden, D. M. Kopec and I. L. Pepper. 1990. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent. II. Turf quality. Agron. J. 82: 943–946.
18. Joshi, H. C., N. Kalra, R. Choudhary and A. Chaudhary. 1998. Land application of waste waters from distilleries problems and prospects. Paper presented at the International Specialized Conference on Water Quality and its Management, New Delhi, India.
19. Kalra, Y. P., D. G. Maynard and F. G. Radford. 1988. Microwave digestion of tree foliage for multi-element analysis. Can. J. Forest Resour. 19: 981–985.
20. Kaneker P., M. S. Kumbhojkar, V. Ghate, S. Sarnaik and A. Kelkar. 1993. Evaluation of *Acacia nilotica* and *Casuarina equisetifolia* forest for tolerance and growth on microbially treated dyestuff wastewater. Environ. Pollut. 81: 47-50.
21. Madej´on, P., T. Maran´on and J. M. Murillo. 2006. Biomonitoring of trace elements in the leaves and fruits of wild olive and holm oak trees. Sci. Total Environ. 35: 187–203.
22. Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press., London.
23. Mohammad, M. J. and M. Ayadi. 2004. Forage yield and nutrient uptake as influenced by secondary treated wastewater. J. Plant Nutr. 27: 351–365.
24. Pathak, H., H. C. Joshi, A. Chaudhary, R. Chaudhary, N. Kalra and M. K. Dwiwedi. 1999. Soil amendment with distillery effluent for wheat and rice cultivation. Water, Air and Soil Pollut. 113: 133–140.
25. Pescod, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Bull FAO 47: 125, Rome.
26. Santos, C. L. V., A. Campos, H. Azevedo and G. Caldeira. 2001. In situ and in vitro senescence induced by KCl stress: nutritional imbalance, lipid peroxidation and antioxidant metabolism. J. Experim. Bot. 52: 351–360.
27. Sharma, R. K., M. Agrawal and F. Marshall. 2007. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. Ecotoxicol. and Environ. Safety 66: 258–266.
28. Smith, J. H. and J. R. Peterson. 1982. Recycling of nitrogen through land application of agricultural, food processing, and municipal wastes. PP. 791–831. *In:* F. J. Stevenson (Eds.), Nitrogen in Agricultural Soils. Madison, WI. ASA, CSSA, SSSA.
29. Sreenivasulu, N., M. Miranda, H. S. Prakash, U. Wobus and W. Weschke. 2004. Transcriptome changes in foxtail millet genotypes at high salinity: Identification and characterization of a PHGPX gene specifically up-regulated by NaCl in a salt-tolerant line. J. Plant Physiol. 161: 467-477.
30. Wang, X. J. and S. Tao. 1998. Spatial structures and relations of heavy metal content in wastewater irrigated agricultural soil of Beijing's Eastern farming regions. Bull. Environ. Contamin. and Toxicol. 61: 261–268.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-03-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.62.4.3]