Razi University

Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

Effects of deficit irrigation with wastewater of Ravansar industrial town on grain yield and some heavy metals accumulation in wheat grain

Reza Khorami[1], Hassan Heidari[1,2] ✉ & Gholamreza Mohammadi[1,2]

[1] Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

[2] Cereal Research Center, Razi University, Kermanshah, Iran.

✉ Corresponding author. E-mail: heidari1383@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: With the development and exploitation of new water resources, especially in the agricultural sector in arid and semi-arid regions such as Iran, wastewater can be considered water resources. By using these resources, not only part of the agricultural water shortage is compensated, but also the effects of improper discharge of effluents and its damages to agricultural resources and the environment are prevented. Wheat is one of the most important crops in terms of level and nutritional value, so over the past few decades, many measures have been taken to increase its yield. Among these measures, we can mention the use of organic fertilizers such as sewage sludge, which in addition to increasing yield, it is important to study the environmental and health issues related to the use of these fertilizers, as well as the absorption of heavy elements.

Materials and methods: In order to evaluate the effect of Ravansar industrial town effluent on yield and accumulation of heavy metals in wheat grain (Pishgam cultivar) in the 2016-17 cropping year in Kermanshah province, Ravansar, a research project as a split-plot was performed in three replications. Experimental factors included 1. Irrigation water as the main factor (at three levels: a) Irrigation with industrial town effluent b) Irrigation with the channel of Ravansar c) Irrigation with well water) 2. Irrigation times as a secondary factor (including 1- One irrigation time, 2- two irrigation times, and 3- three irrigation times).

Results: The results of the present study showed that the application of industrial town effluent and water of Qarsoo Ravansar canal had significant values of micronutrients for wheat growth. The application of the mentioned effluent showed that the effluent increased the concentration of iron (43 mg kg-1), zinc (41.77 mg kg-1) and copper (7.53 mg kg-1) in the wheat grain. A comparison of heavy metal concentrations in plant samples showed that the concentrations of lead (1.01 mg kg-1) and cadmium (1.21 mg kg-1) evaluated in the present study are high in effluent-treated samples. In well water treatments, the concentration of heavy metals was less than the allowable limit, but in canal and effluent water treatments, the concentration was very high and beyond the allowable limit of heavy metals. However, it is not in the toxic concentration range of these elements.

Conclusion: Effluent increased the iron, zinc, and copper concentration in plant grains compared to the control. All of these elements are the nutrients required for filling grains such as wheat. The results showed that the application of wastewater had a positive role in filling wheat grains, and by releasing nutrients during the growth period of Pishgam cultivar, it increased grain yield. Overall, although the concentration of heavy elements evaluated in the present study is high in the sample treated with wastewater, it was lower than the toxicity level defined in wheat grain.

Keywords: Heavy elements, Industrial effluent, Organic fertilizer, Pollutants, Wheat, Yield.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 25 Nov 2023, **Revised:** 19 Feb 2024, **Accepted:** 26 Mar 2024, **Published online:** 21 Jun 2024

Cite this article: Khorami, R., Heidari, H. & Mohammadi, G. (2024). Effects of deficit irrigation with wastewater of Ravansar industrial town on grain yield and some heavy metals accumulation in wheat grain. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, *3*(2), 291-304. DOI: 10.22126/cbb.2024.9874.1060

© The Author(s).

10.22126/cbb.2024.9874.1060

Publisher: Razi University

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات
شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

تأثیر کم آبیاری با پساب شهرک صنعتی روانسر بر عملکرد دانه و تجمع برخی فلزات سنگین در دانه گندم

رضا خرمی[۱]، حسن حیدری[۱و۲]✉ و غلامرضا محمدی[۱و۲]

[۱] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه ایران.
[۲] مرکز تحقیقات غلات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
✉نویسنده مسئول. رایانامه: heidari1383@gmail.com

چکیده

مقدمه: با توسعه و بهره‌برداری از منابع آبی جدید به خصوص در بخش کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران، استفاده از پساب‌ها می‌تواند به عنوان منابع آب مورد توجه قرار گیرد. با استفاده از این منابع نه تنها بخشی از کمبود آب کشاورزی جبران می‌شود بلکه از اثرات سوء تخلیه بی‌رویه پساب‌ها و خسارات وارده آن به منابع کشاورزی و محیط‌زیست نیز جلوگیری می‌شود. گندم یکی از محصولات بسیار مهم است که از نظر سطح زیر کشت و ارزش غذایی دارای اهمیت بسیار بالایی است، لذا طی چند دهه گذشته اقدامات زیادی در راستای افزایش عملکرد آن صورت گرفته است. از جمله این اقدامات می‌توان به کاربرد کودهای آلی نظیر لجن فاضلاب اشاره کرد که علاوه بر افزایش عملکرد، بررسی مسائل زیست محیطی و بهداشتی مرتبط با استفاده از این کودها همانند میزان جذب عناصر سنگین حائز اهمیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به منظور ارزیابی تأثیر پساب شهرک صنعتی روانسر بر عملکرد و تجمع فلزات سنگین در دانه گندم (رقم پیشگام)، در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای در استان کرمانشاه، شهرستان روانسر، پژوهشی در قالب طرح اسپلیت پلات با سه تکرار انجام شد. عامل‌های مورد بررسی شامل ۱. آب آبیاری به‌عنوان عامل اصلی (در سه سطح: الف) آبیاری با پساب شهرک صنعتی ب) آبیاری با کانال قره‌سو در روانسر ج) آبیاری با آب چاه) ۲. دفعات آبیاری به‌عنوان عامل فرعی (شامل ۱- یکبار آبیاری ۲- دوبار آبیاری ۳- سه بار آبیاری) بود.

یافته‌ها: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد پساب شهرک صنعتی و آب کانال قره‌سو در روانسر دارای مقادیر قابل توجهی از ریزمغذی‌ها برای رشد گندم است. کاربرد پساب مذکور حکایت از افزایش غلظت آهن (۴۳ میلی‌گرم در کیلوگرم)، روی (۴۱/۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) و مس (۷/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) در بذر گندم داشت. مقایسه غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های گیاهی نشان داد، غلظت عناصر سنگین سرب (۱/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کادمیوم (۱/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) مورد ارزیابی در بررسی حاضر در نمونه تیمار شده با پساب بالا است. در تیمارهای آب چاه غلظت این عناصر کمتر از حد مجاز بوده ولی در تیمارهای آب کانال و پساب غلظت بسیار بالا و فراتر از حد مجاز این عناصر بود اما در محدوده غلظت سمی این عناصر قرار نگرفتند.

نتیجه‌گیری: پساب سبب افزایش غلظت آهن، روی و مس در مقایسه با شاهد در دانه گیاه گردید که کلیه این عناصر، زیرمغذی‌های مورد نیاز جهت پرشدن دانه غلاتی مانند گندم می‌باشند. نتایج نشان داد که کاربرد پساب نقش مثبتی در پرشدن دانه‌های گندم داشته است و با آزادسازی عناصر غذایی در طی دوره رشد گندم رقم پیشگام سبب افزایش عملکرد دانه شد. در مجموع، گرچه غلظت عناصر سنگین مورد ارزیابی در بررسی حاضر در نمونه تیمار شده با پساب بالا است اما با این اوصاف کمتر از میزان سمیت تعریف شده در دانه گندم بود.

واژه‌های کلیدی: آلاینده، پساب صنعتی، عملکرد، عناصر سنگین، کود آلی، گندم.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴ **اصلاح:** ۱۴۰۲/۱۱/۳۰ **پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۱/۰۷، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۳/۰۴/۰۱

استناد: خرمی، ر.، حیدری، ح. و محمدی، غ. (۱۴۰۳). تأثیر کم آبیاری با پساب شهرک صنعتی روانسر بر عملکرد دانه و تجمع برخی فلزات سنگین در دانه گندم.
بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات، ۳(۲)، ۲۹۱-۳۰۴. DOI: 10.22126/cbb.2024.9874.1060

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

مقدمه

کمبود آب یکی از چالش‌های اساسی مناطق خشک و نیمه خشک است و باعث افت عملکرد محصولات زراعی می‌گردد (Valipour *et al*., 2024). کمبود آب کشاورزان را به سمت استفاده از آبهای نامتعارف سوق می‌دهد. لذا این محدودیت منابع آبی، توجه محققان را به استفادهٔ صحیح از آب‌های غیرمتعارف مانند پساب شهری و صنعتی معطوف ساخته است. پساب شهری علاوه بر تأمین آب گیاه، نیاز غذایی آن را نیز تأمین می‌کند و منبع با ارزشی در افزایش سطح پوشش گیاهی محسوب می‌شود (Moradi *et al*., 2016).

پژوهشگران با بررسی تاثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای لوبیا چیتی، به این نتیجه رسیدند که استفاده از فاضلاب حتی با نسبت کم سبب افزایش معنی‌دار عملکرد این محصول می‌شود (Zare *et al*., 2017). آبیاری گندم با پساب نشان داد که محتوای کادمیوم و سرب دانه‌های گندم با استانداردهای ایمنی ملی مطابقت داشت، اما غلظت آرسنیک یا کروم در دانه‌های گندم تیمار شده با پساب در برخی موارد از حد مجاز فراتر رفت (Yang *et al*., 2024). ارزیابی پتانسیل فاضلاب تصفیه شده با ریز جلبک در فاضلاب برای پرورش گندم نشان داد که مواد مغذی ضروری تولید شده توسط ریزجلبک‌ها از رشد گیاه حمایت می‌کند (Ferreira *et al*., 2023). بیوفیلتر فلزات سنگین مانند کادمیوم، نیکل، سرب و مس را در فاضلاب رودخانه ها و گندم کاهش داد. آب بیوفیلتر شده به طور بالقوه رشد و فعالیت آنتی اکسیدانی گندم را در مقایسه با فاضلاب رودخانه بهبود بخشید. آب بیوفیلتر شده به طور قابل توجهی محتوای فلزات سنگین را در اندام های مختلف گندم در مقایسه با فاضلاب کاهش داد (Awan *et al*., 2022).

استفاده از پساب برای آبیاری در مناطق حاشیه شهری واقع در مجاورت شهرهای توسعه یافته رایج است. این آب حاوی عناصری مانند کروم، نیکل و کادمیوم است که سلامتی انسان را در معرض خطر قرار می‌دهد (Nawaz *et al*., 2021). محصولات مختلفی ممکن است در اثر آبیاری غیر اصولی با پساب فاضلاب در معرض خطر تجمع فلزات سنگین قرار گیرند که در نهایت این محصولات به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در زنجیره غذایی انسان و دام وارد می‌شوند. گندم (*Triticum aestivum*) یکی از محصولات استراتژیک است که از نظر سطح و ارزش غذایی دارای اهمیت بسیار بالایی بوده و یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان زراعی جهان شناخته شده است. در ایران نیز گندم از نظر تولید و سطح زیرکشت مهم‌ترین محصول کشاورزی است و سطح زیرکشت آن حدود ۵۶۸۲۰۰۰ هکتار با تولید سالیانه حدود ۱۱ میلیون تن می‌باشد (Nosratti *et al*., 2020).

با توجه به حجم قابل توجه پساب شهرک صنعتی روانسر و ورود این پساب‌ها به کانال سمت چپ رودخانه قره‌سو و از طرفی وسعت بالای اراضی کشاورزی در حاشیه کانال که از آب آن جهت آبیاری اراضی استفاده می‌کنند، لازم است اثر این پساب‌ها بر گیاهان زراعی مانند گندم ارزیابی شود. لذا اهداف این پژوهش عبارت بودند از ۱. تعیین

عملکرد دانه گندم (رقم پیشگام) تحت تأثیر آبیاری با پساب شهرک صنعتی روانسر ۲. تعیین میزان تجمع عناصر سنگین در دانه گندم تحت تاثیر آبیاری با پساب شهرک صنعتی روانسر.

مواد و روش‌ها

محل اجرای طرح و آبیاری: به منظور ارزیابی تأثیر پساب شهرک صنعتی روانسر بر عملکرد، اجزاء عملکرد و تجمع فلزات سنگین در دانه گندم (رقم پیشگام)، پژوهشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای در استان کرمانشاه، شهرستان روانسر، روستای خرم‌آباد علیا با مختصات، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۹ دقیقه با ارتفاع ۱۳۶۲ متر از سطح دریا انجام شد. به منظور تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی زمین مورد نظر، نمونه‌ای از خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بررسی شد (جدول ۱). پساب استفاده شده در آبیاری این پژوهش از نوع پساب صنعتی شهرک صنعتی روانسر بود که حدود صددرصد آن وارد کانال سمت چپ روانسر می‌شود. این کانال یکی از شاخه‌هایی است که مستقیما از سراب روانسر که سرمنشاء رودخانه قره‌سو است، سرچشمه می‌گیرد. برخی خصوصیات آب چاه و پساب مورد استفاده به شرح جدول ۲ می‌باشد. ضمناً آبیاری در این طرح به صورت سنتی (سطحی) انجام گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Physical and chemical characteristics of the experimental farm soil

عمق Depth (cm)	EC (ds/m)	pH	درصد کربن آلی (O.C %)	بافت خاک Soil texture		
				شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
0-30	0.56	7.85	1.18	7.6	34	58.4

خصوصیات طرح آزمایشی و کلیات اجرای طرح: این مطالعه به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل ۱. آب آبیاری به‌عنوان عامل اصلی (در سه سطح: الف) آبیاری با پساب شهرک صنعتی ب) آبیاری با کانال سمت چپ قرسوی روانسر ج) آبیاری با آب چاه) ۲. دفعات آبیاری به‌عنوان عامل فرعی (شامل ۱- یکبار آبیاری ۲- دوبار آبیاری ۳- سه بار آبیاری) بود. فاصله آبیاری ۱۵ روز در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه طرح از ابتدا به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) اجرا شد، احتمال نشت حداقل ممکن بود. اطراف کرت‌ها خاکریزی شده تا آب محصور شود و آب با کمک لوله به داخل کرت‌ها هدایت شد که احتمال نشت را کاهش می-

دهد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک‌زنی و کرت-بندی در اوایل فصل پائیز انجام شد. هر بلوک شامل نُه کرت به ابعاد ۲×۲ متر ایجاد شد و فاصله کرت‌های مورد نظر در این آزمایش به منظور اعمال تیمارهای آبیاری یک متر در نظر گرفته شد. مراحل داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و غیره در فصل بهار انجام گرفت. دفعات آبیاری نیز بر اساس مراحل فنولوژیکی رشد و نمو گندم و روش آبیاری مطابق با عرف منطقه (به صورت سطحی) انجام شد. به منظور مبارزه با علف‌های هرز مزراع گندم مورد آزمایش، از پهن‌برگ‌کش تری بنورون متیل (گرانستار) به میزان ۲۵ گرم در هکتار و از علف کش کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک) به میزان ۰/۸ لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی، جهت مبارزه با علف-های هرز باریک برگ استفاده شد (Nosratti *et al.*, 2020).

جدول ۲- برخی خصوصیات آب آبیاری مورد استفاده

Table 2- Some characteristics of used irrigation water

خصوصیات فیزیکوشیمیایی	آب آبیاری Irrigation water		
	پساب شهرک صنعتی روانسر	آب کانال	آب چاه
Physicochemical characteristics	**Effluent of Ravansar Industrial Town**	**Canal water**	**Well water**
pH	7.15	7.07	7.61
Fe (mg l^{-1})	0	0.012	0.045
Zn (mg l^{-1})	2.679	2.495	0.8599
Cd (mg l^{-1})	0.084	0.07	0.05
Cu (mg l^{-1})	0.62	0.073	0.04

اندازه‌گیری صفات: برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و غلظت عناصر کم مقدار در دانه، بوته‌های موجود در یک متر مربع از هر کرت برداشت شدند. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر میکرو (آهن، روی، مس) از دستگاه جذب اتمی استفاده شد. در این روش ابتدا یک گرم از نمونه‌های گیاهی پودر شده را توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ده هزارم گرم وزن کرده و داخل کروزه‌هایی به مدت هشت ساعت داخل کوره در دمای ۶۰۰-۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها را بعد از گذشت این مدت و خاکستر شدن از کوره خارج و دو سی سی کلرید هیدروژن ۲ نرمال به آن‌ها اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه روی دستگاه بن ماری در دمای ۸۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس عصاره‌ها با کاغذ صافی در بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری صاف نموده و در همان بالن‌ها به حجم رسانده شدند. برای اندازه‌گیری مس، روی و آهن، از نمونه‌های هضم شده به روش خاکستر خشک استفاده شد. غلظت مس، روی و آهن نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی مدل VARIAN-AA220 به ترتیب در طول موج ۳۲۴/۸، ۲۱۳/۹ و ۲۸۴/۳ نانومتر قرائت شد (Shiralipour *et al*., 2017). اندازه‌گیری مقدار کل سرب و کادمیوم در هر یک از نمونه‌ها گیاهی به وسیله روش هضم اسیدی انجام شد. حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم از هر یک از نمونه‌ها به لوله‌های پلاستیکی ۵۰ میلی‌لیتری منتقل شد و با دو میلی‌لیتر از اسید نیتریک غلیظ (۶۵٪) مخلوط گردید. پس از نگه‌داری مخلوط حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق، دو میلی‌لیتر آب اکسیژنه به هر نمونه اضافه شد. در مرحله بعد لوله‌های آزمایش در حمام شنی با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار گرفتند، سپس به دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد بمدت یک ساعت و سپس به دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد تا بخار شدن کل اسید نیتریک موجود در نمونه منتقل شدند. پس از انجام واکنش‌های مربوطه و استخراج این فلزات به وسیله اسید نیتریک، هریک از نمونه‌ها پس از صاف شدن با کاغذ صافی واتمن شماره ۱، توسط آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسیدند و عناصر سرب و کادمیوم موجود در آن به وسیله دستگاه طیف سنج جذب اتمی (Shimadzu, 6200) اندازه گیری شد (Soltaninezhad *et al*., 2004).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Microsoft Office Excel 2016 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد گندم: نتایج حاصله از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارهای آبیاری با آب کانال و پساب شهرک صنعتی با دفعات زیاد سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار آب چاه شد. طبق این نتایج بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری با آب کانال و دو بار آبیاری بود که بین این تیمار و تیمار آبیاری با آب کانال و سه بار آبیاری و تیمار آبیاری با پساب شهرک صنعتی با سه یا دو بار آبیاری اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت

مشاهده نشد. کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری با آب چاه و یک بار آبیاری بود (جدول ۳). علت تفاوت بالای عملکرد دانه دو تیمار آب کانال و پساب شهرک صنعتی روانسر نسبت به آب چاه ممکن است به علت کمبود عناصر در آب چاه باشد. بسیاری از مطالعات بهبود عملکرد محصول پس از استفاده از پساب را در زمین‌های کشاورزی نشان داده‌اند. دلیل افزایش عملکرد، حضور عناصر پرمصرف و کم‌مصرف موجود در پساب است (Salehi & Karimi, 2016). مالکی و علی نژادیان بیدآبادی (Maleki & Alinezhadian Bidabadi, 2015) در تحقیقی با هدف تاثیر آبیاری با پساب شهری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت، در اراضی کشاورزی و جنوب غرب شهرکرد دریافتند که از نظر میزان ماده خشک، زیست توده و عملکرد دانه، تیمار ۷۵ درصد آب چاه مناسب‌ترین اختلاط آب معمول آبیاری و پساب شهری برای آبیاری در منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان داد. در بررسی دیگری عبدلی و همکاران (Abdoli *et al.*, 2016) به منظور ارزیابی تأثیر پساب بر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد گندم دریافتند استفاده از پساب کارخانه در یکبار، دوبار و سه بار آبیاری با نسبت‌های تعیین شده پساب، اغلب اثر افزایشی روی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی داشت.

سرب: در این بررسی مقادیر بالای فلز سنگین سرب در گندم تیمار شده با پساب شهرک صنعتی و در درجه بعدی در گندم با تیمار آب کانال مشاهده شد. بیشترین مقدار این عنصر مربوط به تیمارهای آبیاری با پساب شهرک صنعتی با سه یا دو بار آبیاری بود. همچنین کم-ترین مقدار این صفت در تیمار اثر متقابل آب چاه و یک بار آبیاری مشاهده شد (جدول ۳). دامنه غلظت سمی برای سرب ۲۰-۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Vecera, 1999)، که مقادیر سرب در کلیه تیمارهای حاضر کمتر از حد سمیت این عنصر بوده است. اما بیشتر از آستانه مجاز این عنصر در گندم بوده است (Malkuti *et al.*, 2005). نتایج بررسی تاثیر پساب بر تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و کادمیوم در گیاه بادرشبو نشان داد، تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیوم در اندام‌های بادرشبو در اثر آبیاری با پساب صنعتی افزایش یافت. غلظت سرب اندام هوایی در محدوده مجاز فلزات سنگین توصیه شده سازمان بهداشت جهانی برای گیاهان دارویی قرار داشت اما میزان کادمیوم از حد مجاز فراتر بود (Tayibi *et al.*, 2017). در بررسی دیگری نتایج تحقیقات سهرابی و همکاران (Sohrabi *et al.*, 2015) در ارتباط با کشت کاهو در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب نشان داد کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش معنی‌دار غلظت فلزات سنگین در کاهو گردید. بیشترین غلظت مس، سرب و کادمیوم در مغز ساقه کاهو مشاهده گردید.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع آب آبیاری و دفعات آبیاری بر عملکرد دانه و تجمع عناصر کم-مقدار در دانه گندم

Table 3- Mean comparison of interaction effect of irrigation water types and irrigation frequency on seed yield and the accumulation of trace elements in wheat seed.

نوع آب آبیاری Irrigation water type	دفعات آبیاری Irrigation times	عملکرد دانه Seed yield (g m^{-2})	سرب Lead (mg kg^{-1})	کادمیوم Cadmium (mg kg^{-1})	آهن Iron (mg kg^{-1})
پساب شهرک صنعتی Wastewater of industrial town	1	700 bc	0.70 b	0.91 b	36.44 bc
	2	855 ab	1.01 a	1.12 ab	38.33 b
	3	912 ab	1.00 a	1.21 a	43.00 a
آب کانال Canal water	1	752 b	0.39 c	1.05 b	33.00 c
	2	922 a	0.38 c	1.10 b	31.67 cd
	3	861 ab	0.51 bc	1.12 ab	34.00 bc
آب چاه Well water	1	132 e	0.13 e	0.07 d	24.67 d
	2	244 d	0.18 d	0.06 d	23.67 d
	3	271 c	0.20 cd	0.10 c	22.67 d

میانگین‌های دارای حروف یکسان در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری ندارند.

Means with the same letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test

کادمیوم: مقایسه میانگین داده‌های کادمیوم در دانه گندم رقم پیشگام، حاکی از آن بود که گندم‌های تیمار شده با آب‌های کانال و پساب شهرک صنعتی هر دو آلوده به فلز سنگین کادمیوم بودند، در این بین بیشترین مقدار فلز سنگین کادمیوم در تیمارهای سه بار آبیاری با پساب شهرک صنعتی، دو بار آبیاری با پساب و سه بار آبیاری با آب کانال مشاهده شد. پرواضح است که با افزایش دفعات آبیاری با فاضلاب، غلظت عنصر در خاک و گیاه افزایش می‌یابد. کم‌ترین محتوی کادمیوم دانه گندم نیز مربوط به تیمارهای یک یا دو بار آبیاری با آب چاه بود (جدول ۳). ملکوتی و همکاران (Malkuti *et al.*, 2005) غلظت مجاز کادمیوم دانه گندم را کم‌تر از ۰/۱ میلی‌گرم وزن خشک عنوان کردند. یافته‌های حاضر نشان داد که در تیمارهای آب چاه غلظت این عنصر کمتر از حد مجاز بوده ولی در تیمارهای آب کانال و پساب غلظت بسیار بالا و فراتر از حد مجاز این عنصر می‌باشد. اما در محدوده غلظت سمی این عنصر (۵-۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار نمی‌گیرد (Vecera, 1999). سیمونز و همکاران (Simmones *et al.*, 2009) با بررسی اثر کاربرد طولانی مدت ۲۵ تا ۳۰ سال پساب شهری بر زراعت گندم نشان دادند که غلظت کادمیوم و سرب زیر حد مجاز بود. احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 2011) تحقیقی انجام دادند که طی آن گیاه کلزا توسط تیمارهای مختلفی از پساب شهری سرگودها در پاکستان آبیاری گردید. افزایش درصد پساب در آب آبیاری موجب افزایش مقدار عناصر کروم، کادمیوم و سرب در اندام هوایی کلزا گردید. در تعدادی از نمونه ها مقدار کادمیوم از حد مجاز فراتر رفته بود. چن و همکاران (Chen *et al.*, 2009) در بررسی خود روی سه گیاه آفتابگردان، پنبه و ذرت در خاک‌هایی که ۵۰ سال با پساب شهر لنگ فانگ استان هبی در چین آبیاری شده بودند به این نتیجه رسیدند که فقط در دانه‌ی آفتابگردان شاخص خطر، عددی بزرگتر از یک بود و باعث افزایش معنی‌دار غلظت کادمیوم، سرب، نیکل، روی و مس نسبت به خاک مرجع (آبیاری شده با آب چاه) شده است. خورانا و اولاخ (Khurana & Aulakh, 2010) طی مطالعه‌ای به بررسی اثر پساب صنعتی در آبیاری بر مقدار عناصر سنگین در گیاهان ذرت و کلزا در مناطق شمال غرب هند دریافتند، مقدار کادمیوم تجمع یافته در ذرت و کلزای آبیاری شده با پساب ۳/۵-۲ برابر بیشتر از گیاهان شاهد بود. شواهد نشان می‌دهد که برخی از یافته‌های این محققان با نتایج بررسی حاضر همسو بوده است.

مس: مقایسه میانگین نشان داد در تیمار آب آبیاری، بیشترین مقادیر مس دانه گندم مربوط به تیمار آبیاری با پساب شهرک صنعتی و کم‌ترین محتوی مس دانه گندم به تیمار آب چاه اختصاص داشت (جدول ۴). در تیمار دفعات آبیاری نیز تیمار سه بار آبیاری مقدار مس دانه گندم بیشتری نسبت به دو و یکبار آبیاری داشت (جدول ۴). همچنین نتایج پژوهشگر دیگری در زمینه بررسی غلظت فلزات سنگین در دانه جو نشان داد که غلظت روی و مس در دانه جو پس از کاربرد لجن فاضلاب در خاک افزایش یافت (Antolin *et al.*, 2005). دامنه کفایت ارائه شده برای مس (۵-۳۰ میلی گرم در کیلوگرم)، دامنه

کمبود (۲-۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) و دامنه سمیت آن در بافت‌های اکثر گیاهان (۲۰-۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) می‌باشد (Kabata- pendias & Pendias, 2000). مقایسه غلظت مس بخش‌های ذکر شده گیاه با حدود ارائه شده، نشان داد که در تیمار آبیاری با آب چاه، غلظت مس کمتر از حد کفایت می‌باشد. اما مقدار این عنصر در تیمارهای پساب و آب کانال در محدوده دامنه کفایت ارائه شده برای مس هست. احتمال می‌رود یکی از دلایل افزایش عملکرد در این پژوهش همین افزایش عناصر کم‌مقداری مانند مس باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده نوع آب آبیاری و دفعات آبیاری بر محتوی مس و روی دانه گندم

Table 4- Mean comparison of simple effects of irrigation water type and irrigation frequency on copper and zinc content of wheat seed

نوع آب آبیاری Irrigation water type	مس Copper (mg kg^{-1})	روی Zinc (mg kg^{-1})
پساب شهرک صنعتی Wastewater of industrial town	7.53a	41.77 a
آب کانال Canal water	6.14 b	34.51 b
آب چاه Well water	4.84 c	14.77 c
دفعات آبیاری Irrigation times	**مس Copper (mg kg^{-1})**	**روی Zinc (mg kg^{-1})**
1	5.90 b	29.73 b
2	6.10 b	30.18 ab
3	6.59 a	31.13 a

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری ندارند.

Means with the same letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level based on Duncan's test.

آهن: مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین مقدار آهن در دانه گندم مربوط به تیمار سه بار آبیاری با پساب شهرک صنعتی بود و کم‌ترین محتوی آهن در تیمار یک، دو یا سه بار آبیاری با آب چاه مشاهده شد (جدول ۳). به طور کلی نتایج این بررسی حاکی از روند مثبت تجمع عناصری مانند آهن در دانه گندم با افزایش دفعات کاربرد فاضلاب بود. در واقع آب فاضلاب و پساب حاوی مقادیری از عناصر کم‌مقدار است که به نوبه خود می‌تواند سبب افزایش این عناصر همچون آهن در اندام‌های گیاه شود. تغییر محلول خاک با استفاده از پساب از دلایل احتمالی افزایش غلظت آهن با مصرف پساب است. ممکن است بعلت غلظت بالاتر سایر عناصر مثل روی و مس در محیط با اسیدیته خاص پساب غلظت آهن خاک و جذب آن افزایش یافته باشد. کمبود یا زیادی هر عنصر می‌تواند باعث بی تعادلی در جذب دیگر عناصر شود که بعلت اثر متقابل آنها می‌باشد (Briat *et al*., 2015). آهن و مس روی جذب همدیگر اثر می‌گذارند. وضعیت آهن با جذب و تجمع مس تعدیل می‌شود. مثلا غلظت کم مس باعث کاهش فعالیت کلات آهن می‌شود یعنی برای فعالیت کلات آهن، مس لازم است (Rai *et al*., 2021). کاربرد لجن فاضلاب و بیوچار در خاک مزرعه گندم، قابلیت دسترسی عناصر آهن را نسبت به تیمار شاهد در خاک افزایش داد (Zafari *et al*., 2017). در مطالعه دیگری از بهبهانی نیا و همکاران (Behbahaninia *et al*., 2011) با بررسی تاثیر استفاده از پساب و لجن در آبیاری گیاهان بر میزان غلظت فلزات سنگین گیاهان نشان دادند که استفاده از لجن تصفیه خانه‌ها سبب افزایش غلظت فلزات سنگین به ویژه نیکل، سرب و آهن در اسفناج، یونجه و تریچه می‌شود. کمبود آهن در اغلب خاک‌های ایران مشهود است (Mousivand *et al*., 2010). حد بهینه عنصر آهن در گندم ۳۰-۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. دلیل اینکه مقادیر آهن موجود در برخی از تیمارها کمتر از حد مجاز این عنصر است را می‌توان به بافت خاک‌های منطقه نسبت داد. خاک‌های منطقه غرب کشور اغلب آهکی هستند و این عامل سبب افزایش غلظت بی‌کربنات در محلول خاک می‌شود. یون‌های کربنات و بی‌کربنات جذب شده توسط گیاه با کلات‌های طبیعی محیط سلول رقابت کرده و باعث رسوب و غیرفعال شدن آهن در سلول‌ها می‌شوند. از طرفی تجمع احتمالی بی‌کربنات موجب افزایش pH در بافت گیاهی شده که این امر به نوبه خود می‌تواند آن را غیرفعال کند. بنابراین تجمع آهن در اندام هوایی و دانه کاهش می‌یابد.

روی: در تیمار نوع آبیاری، بیشترین محتوی روی دانه گندم رقم پیشگام مربوط به تیمار پساب شهرک صنعتی و کم‌ترین مقدار روی دانه گندم مربوط به تیمار آبیاری با آب چاه بود (جدول ۴). در ارتباط با تیمار دفعات آبیاری بیشترین مقدار این صفت در تیمار سه بار آبیاری و کم-ترین مقدار این صفت مربوط به تیمار یک بار آبیاری بود (جدول ۴). عناصر ریزمغذی، نقش حیاتی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کنند و سهم مهمی در افزایش عملکرد محصول دارند (Dewal & Pareek, 2004). وجود غلظت بالای روی در پساب و لجن فاضلاب سبب انتقال

روی به قسمت‌های هوایی گیاهان می‌شود (Nogueria *et al*., 2008). درنتیجه به واسطه مکانیسم عنصر روی در فتوسنتز و متابولیسم سلولی آنزیم‌ها و پروتئین‌ها سبب پرشدن دانه و افزایش عملکرد می‌شود. نتایج تحقیقات در زمینه کاربرد لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب عناصر توسط بوته جو در اهواز، نشان داد که افزودن لجن فاضلاب موجب افزایش معنی‌دار نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و آهن در دانه، نسبت به شاهد شده است. همچنین لجن فاضلاب غلظت عناصر سنگین را در گیاه افزایش داده و از حد مجاز بیشتر بود ولی در حد سمیّت نبوده است (Chorom & Aghaei Foroushani, 2007).

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حتی با استفاده از پساب، غلظت روی در کلیه بخش‌های گیاه کم‌تر از حد سمیت برای انسان بود اما در تیمار آب چاه حتی کمتر از دامنه کفایت گیاه بود. شاید یکی از دلایلی که پرشدن دانه‌ها در تیمار آبیاری با آب چاه کمتر از تیمارهای آبیاری با پساب و فاضلاب بود را بتوان کمبود روی دانست.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیمار پساب شهرک صنعتی و آب کانال قره‌سو در روانسر دارای پتانسیل قابل توجهی از ریزمغذی‌ها می‌باشد. کاربرد پساب مذکور در مقادیر کنترل شده، در نتایج تجزیه گیاه نشان داد که پساب سبب افزایش غلظت آهن، روی، مس در مقایسه با شاهد در دانه گیاه گردید. که کلیه این عناصر، زیرمغذی-های مورد نیازجهت پرشدن دانه غلاتی مانند گندم می-باشند. نتایج نشان داد که کاربرد پساب نقش مثبتی در پرشدن دانه‌های گندم داشته است و با آزادسازی عناصر غذایی در طی دوره رشد گندم رقم پیشگام سبب افزایش عملکرد دانه شد. مقایسه غلظت فلزات سنگین در نمونه-های گیاهی نشان داد، گرچه غلظت عناصر سنگین مورد ارزیابی در بررسی حاضر در نمونه تیمار شده با پساب بالا است اما با این اوصاف کمتر از میزان سمیت تعریف شده در دانه گندم بود. بنابراین جهت استفاده از پساب فاضلاب شهرک صنعتی در زراعت‌ها به عنوان آب آبیاری با توجه به مقدار افزایش فلزات مذکور به خاک، مقادیر جذب شده توسط گیاهان، لازم است حد آستانه سمیت برای هر فلز بسته به نوع گیاه و شرایط محیطی مکان کاربرد پساب در نظر گرفته شود و مقادیر پساب بر اساس آن ارزیابی شود. پیشنهاد می‌شود از از ارقام بیشتری از گندم و حتی گونه-های گیاهی دیگر در روانسر برای اجرای آزمایش استفاده شود. بررسی اثرات طولانی مدت پساب شهرک صنعتی روانسر بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک نیز برای تحقیقات بعدی مناسب می‌باشد.

References

Abdoli, S., Shafagh Kolvanagh, J., Zehtab Salmasi, S., Oustan, S., Hashemi Amidi, N., & Gholizadeh, B. 2016. 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. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 26(1), 173-185. https://sid.ir/paper/180783/en **[In Persian]**

Ahmad, K., Ejaz, A., Azam, M., Khan, Z., Ashraf, M., Qurainy, F. A., Fardous, A., Gondal, S., Bayat, A., & Valeem, E. E. 2011. Lead, cadmium and chromium contents of canola irrigated with sewage water. Pakistan Journal of Botany, 43(2), 1403-1410.

Antolin, M. C., Pascual, I., Garcia, C., Polo, A., & Sanches-Diaz, M. 2005. Growth, yield and solute content of barley in soils treated with sewage sludge under semiarid Mediterranean conditions. Field Crops Research, 94, 224-237.

Awan, S. A., Khan, I., Rizwan, M., Ali, Z., Ali, S., Khan, N., Arumugam, N., Almansour, A. I., & Ilyas, N. 2022. A new technique for reducing accumulation, transport, and toxicity of heavy metals in wheat (*Triticum aestivum* L.) by bio-filtration of river wastewater. Chemosphere, 294, 133642. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133642.

Behbahaninia, A., Mirbagheri, S. A., & Azadi, A. 2011. The impact of irrigation with effluent and sewage sludge on heavy metal content in plants. Plant and Ecosystem, 7(28), 59-70. https://sid.ir/paper/145432/en. **[In Persian]**

Briat, J. F., Rouached, H., Tissot, N., Gaymard, F., Dubos, C. 2015. Integration of P, S, Fe, and Zn nutrition signals in *Arabidopsis thaliana*: potential involvement of PHOSPHATE STARVATION RESPONSE 1 (PHR1). Frontiers in Plant Science, https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00290

Chen, Z-F., Zhao, Y., Zhu, Y., Yang, X., Qiao, J., Tianc, Q., & Zhang, Q. 2009. Health risks of heavy metals in sewage-irrigated soils and edible seeds in Langfang of Hebei province. China. Journal of Science Food Agriculture, 90, 314-320.

Chorom, M., & Aghaei Foroushani, M. 2007. Effects of amended sewage sludge application on yield and heavy metal uptake of barley: a case study of ahvaz sewage treatment plant. Water and Wastewater, 18(2 (62)), 53-63. https://sid.ir/paper/103462/en **[In Persian]**

Dewal, G.S., Pareek, R.G. 2004. Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agronomy, 49, 160162.

Ferreira, A., Figueiredo, D., Ferreira, F., Marujo, A., Bastos, C. R. V., Martin-Atanes, G., Ribeiro, B., Štěrbová, K., Marques-dos-Santos, C., Acién, F.G., & Gouveia, L. 2023. From piggery wastewater to wheat using microalgae towards zero waste. Algal Research, 72, 103153. https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103153.

Kabata- pendias, A., & Pendias, H. 2000. Trace element in soils and plants. 3rd ed. CRC Press. Boca Raton. New York.

Khurana, M. P. S., & Aulakh, M. S. 2010. Influence of wastewater application and fertilizer use on the quality of irrigation water, soil and food crops: case studies from Northwestern India. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 75-78.

Maleki, A., & Alinezhadian Bidabadi, A. 2015. The effect of different levels of municipal effluent irrigation on maize water use efficiency and yield. Journal of Irrigation Science and Engineering, 39(2), 139-148. **[In Persian]**

Malkuti, M. J., Karimian, N. A., & Keshavarz, P. 2005. Comprehensive method of diagnosis and optimal use of chemical fertilizers. Tarbiat Modares University Publications, 6th edition. **[In Persian]**

Moradi, S., Heidari, H., Saeidi, M., & Nosratti, I. 2016. Effect of sewage-contaminated water on seed production, heavy metals accumulation and seedling emergence in oat. Global NEST Journal, 18(2), 329-338.

Mousivand, M., Khourgami, A., & Rafiei, M. 2010. Evaluation of the effect of fe concentration on growth and yield components of different soybean genotypes. Crop Physiology, 1(4), 35-45. https://sid.ir/paper/174507/en. **[In Persian]**

Nawaz, H., Anwar-ul-Haq, M., Akhtar, J., & Arfan, M. 2021. Cadmium, chromium, nickel and nitrate accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L.) using wastewater irrigation and health risks assessment. Ecotoxicology and Environmental Safety, 208, 111685. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111685.

Nogueria, T. A. R., Oliveira, L. R., Melo, W. J., Fonseca, I. M., Melo, G. M. P., Melo, V. P., & Marqus, M.O. 2008. Cadmium, chromium, lead and zinc in maize plants and Oxisol after nine annual applications of sewage sludge. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32, 2195-2207.

Nosratti, I., Sabeti, P., Chaghamirzaee, G., & Heidari, H. 2020. Weed problems, challenges, and opportunities in Iran. Crop Protection, 134, 104371.

Rai S., Singh, P. K., Mankotia, S., Swain, J., & Satbhai S. B. 2021. Iron homeostasis in plants and its crosstalk with copper, zinc, and manganese. Plant Stress, 1, 100008. https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100008.

Salehi, A., & Karimi, B. 2016. The effect of irrigation with treated urban wastewater on the yield of corn and tomato plants and the distribution of heavy metals in the soil under different irrigation regimes. Master's thesis, water science and engineering, irrigation and drainage, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan **[In Persian]**

Simmones, R. W., Ahmad, W., Noble, A. D., Blummel, M., Evans, A., & Weckenbrock, P. 2009. Effect of long-termun-treated domestic wastewater reuse on soil quality wheat grain and straw yields and attributes of fodder quality. Irrigation Science, 24, 95-112.

Shiralipour, R., Jahangiri, A. R., & Baaghdezfooli, M. R. 2017. Determination of iron, zinc and copper in fortified wheat flour consumed in Ahvaz. Iranian Journal of Food Science and Technology, 14(65), 1-7. https://sid.ir/paper/72759/en

Soltaninezhad, K., Faryadi, M., & Akhgari, M. 2004. Determination of lead in opium by flame atomic absorption spectrophotometery. Scientific Journal of Forensic Medicine, 9(32), 176-179. https://sid.ir/paper/53446/en

Sohrabi, N., Ali Nejadian, A., Faizian, M., & Maleki, A. 2015. Investigating some properties of soil and plants in soils treated with sewage sludge under lettuce cultivation. Master's thesis, field of soil science and engineering, majoring in physics and conservation and soil chemistry and fertility, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University. **[In Persian]**

Tayibi, M., Pourkhbaz, H. R., Razmjooi, D., Pourkhbaz, A., & Javanmardi, S. 2017. Investigating the effect of Khuzestan steel industry's industrial effluent on the morphophysiological, biochemical and accumulation of heavy elements in dragon fruit (*Dracocephalum moldavica* L.). Master's Thesis in Environmental Pollution Engineering, Imam Hassan Mojtabi Faculty of Natural Resources and Environment, Khatam Al Anbia Behbahan University of Technology. **[In Persian]**

Valipour, M., Heidari, H., & Bahraminejad, S. 2024. Plastic-covered ridge-furrow planting increases pea (*Pisum sativum* L.) grain yield and rainwater use efficiency. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 99(1), 57-74. https://doi.org/10.1080/14620316.2023.2237019

Vecera, Z. 1999. Additional comments about trace elements in crop plants, Environmental analytical chemistry department, institute of analytical chemistry. Academy of Sciences of the Czech Republic. Brno, Veveri, 97, 61-642.

Yang Y., Tian, L., Shu, J., Wu, Q., & Liu, B. 2024. Potential hazards of typical small molecular organic matters in shale gas wastewater for wheat irrigation: 2-butoxyethanol and dimethylbenzylamine. Environmental Pollution, 340, 122729. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122729.

Zafari, M., Cherm, M. F., & Moazi, A. A. 2017. The effect of sewage sludge and its biochar on some chemical properties of a calcareous soil and wheat plant growth characteristics. Master's thesis, field of soil science-chemistry and soil fertility and nutrition, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz. **[In Persian]**

Zare, R., Sohrabi, T., & Motasharezadeh, B. 2017. Effect of treated wastewater irrigation on some physiological characteristics and nutrition of pinto bean. Journal of Water and Irrigation Management, 7(1), 43-57. https://sid.ir/paper/240090/en