

Research Article

Agricultural Engin., 44(1) (2021) 59-80
DOI: 10.22055/AGEN.2021.36055.1596

ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Evaluation of the effects of municipal solid waste disposal in the vicinity of Saravan forest in Rasht on the quality of the surrounding soil

M. Sadeghi Poor Sheijany¹, F. Shariati^{2*}, N. Yaghmaeian Mahabadi³ and H. Karimzadegan⁴

1. Department of Environment, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
2. Department of Environment, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
4. Department of Environment, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Received: 13 December 2020

Accepted: 19 June 2021

Abstract

Introduction: One of the most important results of population growth, urbanization, and industrialization is the increase of urban waste. Accumulation of municipal solid waste produces toxic leachate that can transfer contaminants to the soil and alter its quality, especially in vulnerable forest ecosystems. This study was carried out to determine the properties of the soil of the Saravan municipal solid waste disposal site that is located in a part of the Hyrcanian forests, Rasht, Guilan province, which have been affected by the activity of the open dumpsite; Determining the minimum data set (MDS) and evaluating the quality adjacent soil to the dumpsite, the route affected by leachate and downstream lands, through soil quality indices such as simple integrated quality index (IQI_{sa}), weighted integrated quality index (IQI_w) and Nemoro quality index using total data set (TDS) and MDS, and comparing them with each other.

Materials and Methods: Based on the distance from the disposal site, slope, height, and the route of leachate, from 32 sampling points with the same vegetation, a total of 32 composite samples were prepared in plots 10×10 from (five sub-samples from four heads and the middle by a polyethylene hand auger) a depth of 0-15 cm in June 2019.

The soil properties including pH, clay, silt, sand, available phosphorus (P_{ava}), copper (Cu_{ava}), zinc (Zn_{ava}), and iron (Fe_{ava}), total nitrogen (N), cation exchange capacity (CEC), electrical conductivity (EC), organic carbon (OC), basal respiration (BR), microbial biomass carbon (MBC), the metabolic quotient (qCO_2) and enzymatic activities of Urease (UR) and alkaline phosphatase (ALP) were measured. One-way analysis of variance (ANOVA) and independent comparison tests was used to compare the results of the soil samples in areas exposed to dumpsite activities and control. Six properties were selected as MDS using principal component analysis (PCA). The models of the simple integrated quality index (IQI_{sa}), weighted integrated quality index (IQI_w), and the Nemoro index were used to determine soil quality. One-way ANOVA and Duncan's multiple range tests were used to compare the mean soil quality indices in the areas around the disposal site, leachate-affected route, and downstream lands. The possible relationship between chemical, physical and biological properties was investigated by calculating Pearson's correlation coefficients.

Results and Discussion: The results showed that the value of soil properties including Fe_{ava} , EC, P_{ava} , N, Zn_{ava} , Cu_{ava} , OC, BR, MBC, the enzymatic activities of UR and ALP is significantly different from the control ($p < 0.01$). The properties of P_{ava} , Cu_{ava} , EC, clay, silt and MBC were selected as MDS, which can describe 73% of changes in the soil quality. Evaluation of the soil quality through Nemoro index, using MDS and TDS (IV and III, respectively) at different distances from the dumpsite was the same as the control. The values of IQI_{sa} and IQI_w using MDS did not show any significant difference with the control in all routes exposed to the activity of the disposal site, except around the dumpsite. However, the degree of



soil quality through the overall average IQI_{sa} and IQI_w , using MDS in all areas exposed to the dumpsite was the same as the control. The results of IQI_{sa} and IQI_w , using TDS were so different so that the values of IQI_{sa} and IQI_w , using TDS in the path of leachate and lands downstream of the disposal site showed a significant difference with the control ($p < 0.01$). Also, the quality degree through the overall mean value of IQI_{sa} and IQI_w , using TDS (III and IV, respectively), around the disposal site and the path of leachate were different from the control (II and III, respectively).

The Saravan municipal waste disposal site is located in an area, with a Mediterranean climate, with high relative humidity and rainfall. It has increased the possibility of leachate production. On the other hand, with the leachate flowing along the sloping path of 15%, especially after each rainfall in the area, the soil is contaminated by leachate and transfer downstream. Also, Leachate is discharged from the disposal site downstream, into the river, which is used to irrigate agricultural land downstream of the dumpsite. The results of changes in IQI_{sa} and IQI_w by TDS can indicate the possible consequence of the leachate effect from the disposal site on the path to the soil of downstream farms.

Conclusion: According to the objectives of the research, it seems that soil properties including Fe_{ava} , P_{ava} , EC, N, BR, MBC, and the enzymatic activities of UR and AIP have been affected by the activity Saravan solid waste disposal site. Investigating the results of the quality indices using MDS and TDS showed that IQI_{sa} and IQI_w , using TDS can better represent the effect of waste disposal site activity on soil quality. Significant differences of the IQI_{sa} and IQI_w , in the leachate route and downstream agricultural lands with the control can probably be due to the effect of leachate and leaching of soil around the leachate route and its transfer downstream. Considering the same quality results in the area exposed to the activity of the disposal site with the control through the Nemoro index, using MDS, TDS, it can be concluded that Nemoro index does not have the required sensitivity to describe the effect of waste disposal activity on the quality adjacent soil. This study showed that the change of use of the forest area to waste disposal site affected its soil quality in the path of leachate and downstream lands. Therefore, to protect the areas of Hyrcanian forests in the Saravan region and to prevent the reduction of soil quality in the region, taking the necessary measures to separate the municipal solid waste from the origin, to establish leachate collection systems and treatment of leachate before flowing in the forest areas should be carried out.

Keywords: *Minimum data set, principal component analysis, soil quality index, enzymatic activity, soil quality grade, metabolic quotient*

ارزیابی اثرات دفع پسماندهای جامد شهری در مجاورت جنگل سراوان رشت بر کیفیت خاک اطراف آن

معصومه صادقی پورشیجانی^۱، فاطمه شریعتی^{۲*}، نفیسه یغمائیان مهابادی^۳ و حسن کریمزادگان^۴

۱- گروه محیط زیست، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۲- گروه محیط زیست، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۳- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۴- گروه محیط زیست، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۹۹/۰۹/۲۳

پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۳/۲۹

کلمات کلیدی:

سری حداقل داده‌ها،

تجزیه به مولفه اصلی،

شاخص کیفیت خاک،

فعالیت آنزیمی،

درجه کیفیت خاک،

ضریب متابولیک

چکیده

سلامت خاک وابسته به منشا تشکیل دهنده، کاربری و مدیریت آن است. در این پژوهش، اثرات فعالیت جایگاه دفع زباله سراوان رشت، گیلان، از طریق شاخص‌های کیفیت تجمعی ساده، وزنی و نمره بررسی شد. براساس فاصله از جایگاه، شیب، ارتفاع و مسیر حرکت شیرابه، ۳۲ نمونه مرکب از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر با پوشش گیاهی یکسان در سه تکرار برداشت گردید. ۱۷ ویژگی خاک به‌عنوان مجموعه کل داده‌ها اندازه‌گیری شدند. میانگین ویژگی‌های آهن و فسفر قابل استفاده، هدایت الکتریکی و نیتروژن کل به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد و میانگین روی و مس قابل استفاده، کربن آلی، تنفس پایه، کربن زیتوده‌ی- میکروبی و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود ($p < 0.01$). از طریق تجزیه به مولفه اصلی، از چهار مولفه با سهم ۷۳٪ از واریانس کل، شش ویژگی (کربن زیتوده‌میکروبی، سیلت، فسفر و مس قابل استفاده، رس و هدایت الکتریکی)، به‌عنوان مجموعه حداقل داده‌ها انتخاب شدند. میانگین شاخص کیفیت تجمعی ساده و وزنی از طریق مجموعه کل داده‌ها در مسیر عبور شیرابه (به- ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۵۱) و اراضی کشاورزی پایین‌دست (به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۵۲) با درجه کیفیت به ترتیب III و IV، تفاوت معنی‌داری با شاهد (به- ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۶۳) با درجه کیفیت به ترتیب II، III داشته و مبین کاهش کیفیت خاک در مسیر شیرابه و اراضی کشاورزی پایین‌دست است. درجه کیفیت با مجموعه حداقل داده‌ها برای همه شاخص‌های کیفیت خاک در معرض فعالیت جایگاه و شاهد یکسان بود. براساس نتایج، تغییر کاربری عرصه‌های جنگلی به جایگاه دفع زباله سبب کاهش کیفیت خاک در مسیر حرکت شیرابه و اراضی پایین‌دست شده است.

* عهده‌دار مکاتبات

Email: shariati@liau.ac.ir

مقدمه

افزایش پسماندهای شهری یکی از مهم‌ترین نتایج رشد سریع شهرنشینی و صنعتی شدن است (۱۴). تجمع پسماندهای شهری در محل‌های دفع، موجب تولید شیرابه سمی شده که می‌تواند آلودگی را به خاک منتقل و موجب مخاطرات جدی بر سلامت بوم‌سازگان‌های آسیب‌پذیر و کیفیت خاک آن گردد (۲۷). ارزیابی کیفیت خاک برای سنجش ظرفیت تولید محصول و عملکرد محیط‌زیستی خاک مانند تاثیر آلودگی و تغییر کاربری زمین انجام می‌شود (۴۵ و ۱۶). پوگلیسی و همکاران^۱ (۳۹) با هدف بررسی اثر پسماندهای صنعتی، شهری و کود آلی بر خاک کشاورزی در سه منطقه در ایتالیا، چن و همکاران^۲ (۱۲) برای بررسی آلودگی خاک منطقه شهری پکن در چین و فاکاسوا و فاکاس^۳ (۱۷) برای بررسی آلودگی در خاک منطقه نیزنا اسلانا در اسلواکی، مجاور یک معدن سنگ آهن از یک نوع شاخص کیفیت استفاده و به ارزیابی کیفیت خاک و آلودگی فلزات سنگین پرداختند. حسین زاده و همکاران^۴ (۲۱) برای بررسی آلودگی خاک در مجاورت جایگاه دفع زباله به‌شهر در مازندران و سلیمان‌نژاد و همکاران^۵ (۴۷) در مجاورت جایگاه دفع زباله در قائم‌شهر از یک نوع شاخص کیفیت با رویکرد آلودگی فلزات سنگین استفاده کردند. رویکرد شاخص کیفیت خاک^۶ به دلیل انعطاف‌پذیری، کمی بودن و مناسب بودن آن برای انواع مختلف خاک و هم‌چنین امکان تلفیق ویژگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، بیش‌ترین کاربرد را دارد (۶ و ۱۵). ارزیابی کیفیت خاک از انتخاب، وزن-دهی و ادغام ویژگی‌های متناسب با اهداف هر تحقیق تاثیر می‌پذیرد (۴ و ۴۱). محققان مختلف در تحقیقات

خود از ویژگی‌هایی مانند کربن آلی (OC)^۷ (۳۲)، کربن زیتوده میکروبی (MBC)^۸، فعالیت آنزیمی (۴۱)، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)^۹، هدایت الکتریکی (EC)^{۱۰} (۳۲)، بافت خاک (۲۲)، فسفر قابل‌استفاده (P_{ava})^{۱۱}، آهن (Fe_{ava})، روی (Zn_{ava})، مس (Cu_{ava}) قابل-استفاده (۴۲ و ۴۰)، تنفس پایه خاک (BR)^{۱۲} (۱۸) و ضریب متابولیک (qCO₂)^{۱۳} (۹ و ۲۰) استفاده کرده‌اند. محققان زیادی از روش‌های آماری برای تعیین حداقل داده‌های موثر بر کیفیت (MDS)^{۱۴} استفاده کرده‌اند (۵)، ۵۴ و ۳۰. روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA)^{۱۵} به-عنوان ابزاری انعطاف‌پذیر و با عدم قطعیت پایین برای شناسایی مناسب‌ترین ویژگی‌های خاک در سنجش کیفیت آن استفاده می‌شود (۴ و ۱۸). البته نتایج بررسی محققان نشان داده استفاده از مجموعه کل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک (TDS)^{۱۶} تخمین کامل‌تری از کیفیت خاک فراهم می‌کند (۴۲، ۱۸ و ۳۲). محاسبه شاخص کیفیت می‌تواند از طریق شاخص کیفیت تجمعی ساده (IQI_{SA})^{۱۷} (۲۴)، شاخص کیفیت تجمعی وزنی (IQI_w) (۱۶) و شاخص کیفیت نمر و (NQI)^{۱۸} (۴)، صورت پذیرد. واشیشث و همکاران^{۱۹} (۵۲) تحقیقی با هدف ارزیابی کیفیت خاک منطقه شیوالیکس پنجاب هندوستان، با کاربری‌های منجر به جنگل‌زدایی انجام دادند. آنها از طریق تجزیه به مولفه‌های اصلی، حداقل داده‌های موثر بر کیفیت را تعیین و از طریق شاخص کیفیت تجمعی وزنی کیفیت خاک را ارزیابی کردند.

-
- 7- Organic carbon
 - 8- Microbial biomass carbon
 - 9- Cation exchange capacity
 - 10- Electrical conductivity
 - 11- Phosphorus available
 - 12- Basal respiration
 - 13- Metabolic quotient
 - 14- Minimum data set
 - 15- Principal component analysis
 - 16- Total data set
 - 17- Integrated quality index
 - 17- Nemoro quality index
 - 19- Vashisht *et al.*

-
- 1- Puglisi *et al.*
 - 2- Chen *et al.*
 - 3- Fazekasová and Fazekas
 - 4- Hosseinzade *et al.*
 - 5- Soleimannejad *et al.*
 - 6- Soil quality index

با گذشت ۳۷ سال از دفع زباله در جایگاه دفع سراوان، نگرانی پیامد دفع، انبارش زباله و تولید شیرابه بر کیفیت خاک منطقه و گونه‌های جنگلی آن افزایش یافته است. تاکنون تحقیقی در خصوص اثر فعالیت جایگاه دفع زباله سراوان بر کیفیت خاک اراضی مجاور و پایین دست آن صورت نپذیرفته است. بنابراین هدف از این تحقیق، تعیین ویژگی‌هایی از خاک که احتمالا از فعالیت جایگاه دفع زباله‌ی شهری سراوان اثر پذیرفته‌اند؛ تعیین حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک منطقه از طریق تجزیه به مولفه‌های اصلی؛ ارزیابی کیفیت خاک مجاور جایگاه دفع زباله سراوان، مسیر متاثر از شیرابه و اراضی کشاورزی پایین دست از طریق سه شاخص کیفیت خاک تجمعی ساده و وزنی و نمره با استفاده از حداقل و کل ویژگی-های موثر بر شاخص کیفیت خاک و مقایسه شاخص‌های کیفیت خاک با هم است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی رشت، در منطقه سراوان، با مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی، در اقلیمی مدیترانه‌ای با متوسط دمای سالانه‌ی ۱۶ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۸۲٪ و میانگین سالانه بارندگی ۱۳۶۰ میلی‌متر قرار دارد. اکنون، بیش از ۴ میلیون تن پسماند در آن رها شده که جداسازی از مبدا برای آن-ها انجام نمی‌شود. اقلیم بارانی و مرطوب منطقه با روزهای اندک یخبندان، سبب تولید مقادیر زیادی شیرابه سمی در جایگاه دفع سراوان شده، همچنین، جایگاه دفع سراوان در شیب ۱۵٪ قرار دارد که می‌تواند منجر به آلودگی خاک اطراف جایگاه دفع، در پایین دست، محدودده‌ای که کشاورزی فعالیت اصلی مردم منطقه است، گردد (۳۳).

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها

کل منطقه تحت مطالعه به چهار بخش کلی (۱) دورتادور جایگاه دفع پسماند (A)؛ (۲) منطقه در مسیر حرکت شیرابه (B)؛ (۳) اراضی پایین دست کشاورزی که

کوچ و همکاران^۱ (۲۵) طی تحقیقی در جنگل‌های هیرکانی در استان مازندران، به بررسی شاخص کیفیت خاک، جهت بررسی اثر استفاده از گونه‌های کاشته‌شده جایگزین طبیعی بر خاک منطقه پرداخته، در این تحقیق ۱۷ ویژگی خاک را اندازه‌گیری کردند. آن‌گاه از طریق تجزیه به مولفه‌های اصلی، نه ویژگی را به‌عنوان سری حداقل داده برای تعیین کیفیت خاک استفاده کردند. داوری و همکاران^۲ (۱۵) در بررسی اثر تخریب جنگل-های منطقه بانه در غرب ایران بر کیفیت خاک آن، از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی و تعیین سری حداقل داده‌ها استفاده کردند. شهر رشت، مرکز استان گیلان است. از سال ۱۳۶۳، تمام پسماندهای جامد شهری این کلان‌شهر (روزانه ۸۰۰ تن) در محلی به نام جایگاه دفع زباله سراوان جمع‌آوری می‌گردد. جایگاه دفع سراوان در اقلیمی مدیترانه‌ای، با پتانسیل بالای تولید شیرابه، مخصوصا پس از هر بار بارندگی، واقع شده است. هنگام بارندگی، با جاری شدن شیرابه، مسیر حرکت آن از منطقه جنگلی به سمت پایین دست باز می‌شود. اگر چه پوشش جنگلی منطقه برای حرکت شیرابه یک مانع طبیعی محسوب می‌شود، اما همچنان نهر جاری از شیرابه به حرکت خود در مسیر جنگل ادامه داده، ابتدا خاک مسیر خود را آلوده، سپس شسته و آلاینده‌های همراه خود را به اراضی پایین دست می‌برد. جایگاه دفع سراوان در مجاورت بخشی از جنگل‌های هیرکانی که در سال ۲۰۱۹ توسط یونسکو (UNESCO)^۳، به‌عنوان میراث جهانی ثبت شده‌اند، قرار دارد. جنگل‌های هیرکانی به‌واسطه گونه‌های گیاهی بومی ارزشمندی مانند آزاد^۴، شمشاد جنگلی^۵ و انجیلی^۶ که در دنیا بی‌نظیرند، از بوم‌سازگان-های بسیار حساس و آسیب‌پذیر محسوب می‌شوند. اکنون

1- Kooch *et al.*

2- Davari *et al.*

3- United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization

4- *Zelkova carpinifolia*

5- *Buxus sempervirens*

6- *Parrotia persica*

همکاران^۵ (۳۸) استفاده شد. اندازه‌گیری pH و هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک در عصاره ۱:۵ خاک به آب با pH متر مدل (Iran- ArmanShimi- MTT 6) و EC متر مدل (England- Jenway- model 4510) انجام شد (۴۴ و ۱۱). میزان نیتروژن کل از روش کجلدال با اتوآنالیزور کجلدال مدل (V40) (۸) و بافت خاک از روش هیدرومتری (۷) تعیین شد. روش آلف و نانپیری^۶ (۱) برای اندازه‌گیری تنفس پایه خاک و روش تدخین با کلروفرم (۵۱) برای اندازه‌گیری کربن زیتوده میکروبی استفاده شد. اندازه‌گیری آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی نیز از طریق روش‌های ارائه‌شده اوهلینگر^۷ با اسپکتروفتومتر مدل (England- Pharmaci- NovaspecII) (۳۶) انجام شد. ضریب متابولیک نیز از نسبت مقدار کربن زیتوده میکروبی و تنفس پایه محاسبه شد (۳). برای تضمین کیفیت نتایج آزمون، اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام و نمونه شاهد (بلانک) برای اندازه‌گیری هر ویژگی در نظر گرفته شد.

تعیین حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت خاک، وزن‌دهی و نمره‌دهی آن‌ها

انتخاب ویژگی‌های نمایان‌گر، یک مسئله کلیدی در ارزشیابی کیفیت خاک است (۴۰). در این تحقیق تعداد ۱۷ ویژگی خاک شامل ویژگی‌های فیزیکی (رس، سیلت و شن)، شیمیایی (هدایت الکتریکی، مس، آهن، روی و فسفر قابل‌استفاده، ظرفیت تبادل کاتیونی، نیتروژن کل، کربن آلی و pH) (۶) و بیولوژیکی خاک (کربن زیتوده میکروبی، تنفس پایه، ضریب متابولیک و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی) که امکان اثرپذیری از فعالیت دفع پسماند جامد را داشتند، اندازه‌گیری شدند (جدول ۱) (۵۰). از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی برای تعیین حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت استفاده شد (۱۸). برای کاهش تعداد مولفه‌ها و انتخاب حداقل داده‌ها،

به‌وسیله رودخانه دریافت‌کننده شیرابه آبیاری می‌شوند (C)؛ (۴) محدوده شاهد (D) در فاصله ۵ کیلومتر از بالادست جایگاه دفع سراوان، محلی که اثری از فعالیت جایگاه بر آن اعمال نمی‌گردید، انتخاب شدند (شکل ۱). نقاط نمونه‌برداری به‌وسیله یک GPS (Garmin, USA) ثبت شد. سپس نقاط ثبت‌شده به‌وسیله نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۹/۳ روی نقشه محل مشخص گردید (شکل ۱). در هر ایستگاه پلات ۱۰ متر × ۱۰ متر، به‌صورت تصادفی انتخاب شد. سپس ۵ زیرنمونه از چهار گوشه و مرکز هر پلات از ۱۵ سانتی‌متر لایه سطحی خاک به‌وسیله یک آگر پلی‌اتیلنی برداشت شد. در ادامه، زیرنمونه‌ها به‌خوبی با هم مخلوط گردید و یک نمونه مرکب از هر ایستگاه تهیه شد. سه تکرار از هر نمونه مرکب برداشت شد (۲۸). به‌طور کلی ۳۲ نمونه در خرداد سال ۱۳۹۸ تهیه گردید. نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی ریخته و سپس در دمای ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت هواخشک شدند. برای فعالیت آنزیم‌ها، نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی تا انجام آزمون در آزمایشگاه، در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شد (۴۸ و ۳۶).

روش‌های اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

برای استخراج جزءهای قابل دسترس زیستی فلزات مس، روی و آهن (جزءهای محلول و قابل تبادل) (۵۰) از روش تسیر و همکاران^۱ (۴۹) استفاده شد. غلظت در دسترس زیستی عناصر با دستگاه ICP- MS^۲ مدل (PHewlett-Packard, US) مجهز به نمونه‌بردار خودکار (ASX-520) ساخت انگلیس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کربن آلی و فسفر قابل جذب از اسپکتروفتومتر مدل (England- Pharmaci- NovaspecII) و ظرفیت تبادل کاتیونی از فیلم فتومتر مدل (ELCO-CL361) به ترتیب از روش‌های ارائه‌شده توسط والکی و بلاک^۳ (۵۳)، اولسن^۴ (۳۷) و پیچ و

1- Tessier *et al.*

2- Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry

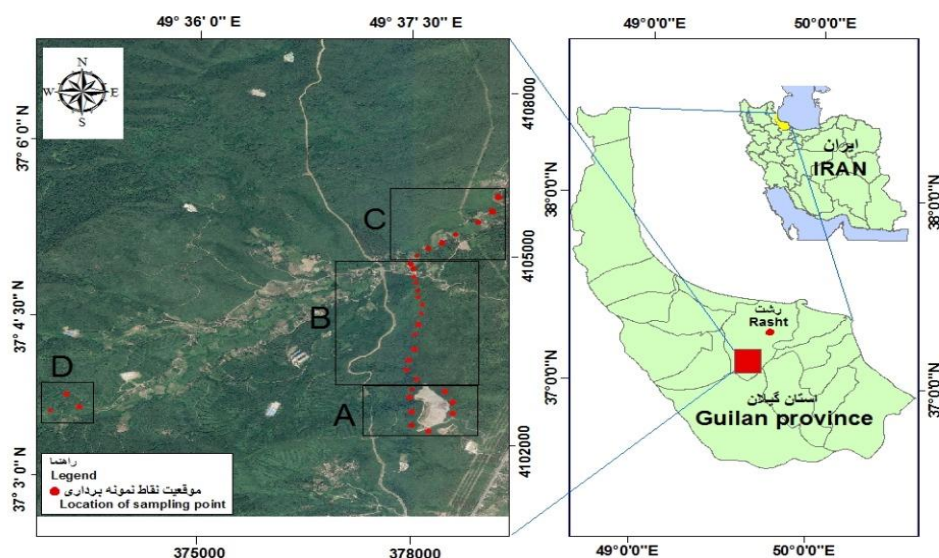
3- Walkley and Black

4- Olsen

5- Page *et al.*

6- Alef and Nannipieri

7- Ohlinger



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری (A: دورتادور جایگاه دفع زباله، B: مسیر حرکت شیرابه، C: زمین‌های کشاورزی پایین‌دست جایگاه دفع و D: محدوده‌ی شاهد)

Figure(1) Geographical location of the study area and sampling points (A: Around the dumpsite, B: Leachate route, C: Downstream agricultural land and D: Control area)

وزنی در کل داده‌های موثر بر کیفیت از تقسیم سهم هر ویژگی^۴ بر سهم کل استفاده شد. میزان سهم هر ویژگی در جدول (۴) ارائه شده است. با توجه به این که ویژگی‌های مورد بررسی دارای واحدهای گوناگونی بودند، بنابراین به منظور تعیین شاخص‌های کیفیت خاک، ویژگی‌ها بی‌واحد^۵ شدند. برای بی‌واحد کردن از توابع عضویت فازی^۶ به عنوان توابع نمره‌دهی^۷ استفاده شد. در این تحقیق توابع عضویت فازی از بررسی منابع به دست آمد که به ترتیب در روابط ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است (۴۰، ۳۴ و ۱۳). در این راستا سه تابع در نظر گرفته شد. تابع اول برای ویژگی‌هایی است که هر چه بیشتر باشند، کیفیت خاک بهتر خواهد بود ($M(x)$) (رابطه ۱). تابع دوم برای ویژگی‌هایی است که هر چه کمتر باشند، بیان‌گر کیفیت بهترند ($L(x)$) (رابطه ۲) و دسته سوم برای ویژگی‌هایی که در یک مقدار بهینه، بیان‌گر کیفیت بهتر

از معیار کایسر^۱، آزمون اسکری^۲ و همبستگی متغیرها استفاده شد. در هر مولفه اصلی تنها متغیرهایی که مقادیر قدرمطلق وزن‌شان جزء ۱۰ درصد بالاترین وزن متغیر بود، به عنوان سری حداقل ویژگی‌های موثر بر کیفیت در نظر گرفته شد. برای وزندهی ویژگی‌ها، از روش ریاضیات آماری استاندارد شده تجزیه عاملی (FA)^۳ استفاده گردید (۴۰، ۴۱ و ۳۱).

برای وزندهی به هر ویژگی منتخب در سری حداقل داده‌ها، چنانچه یک ویژگی در یک مولفه انتخاب شد، درصد واریانس همان مولفه به عنوان وزن آن ویژگی در نظر گرفته شد. البته زمانی که در یک مولفه بیش از یک ویژگی انتخاب شد، در صورت عدم همبستگی نیز درصد واریانس به عنوان ضریب وزنی لحاظ گردید و در صورت همبستگی، درصد واریانس، بین ویژگی‌های همان مولفه تقسیم و ضریب وزنی مشخص شد (۵). برای محاسبات

4- Commuality

5- Unitless

6- Fuzzy membership functions

7- Scoring functions

1- Kaiser criterion

2- Scree Cattell test

3- Factor analysis

n ، تعداد ویژگی‌های مورد نظر برای محاسبه شاخص است (۴). هر کدام از شاخص‌های کیفیت برای هر نمونه خاک در دو سری حداقل و کل داده‌های موثر بر کیفیت محاسبه شد. همه محاسبات آماری به وسیله نرم افزار SAS ویرایش ۹/۲ انجام شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون شاپیرو و ویلک (Shapiro-Wilk) بررسی شد. واریانس ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و اکولوژیکی در ایستگاه‌های نمونه برداری با استفاده از واریانس یک طرفه و آزمون چند دامنه دانکن با در نظر گرفتن تفاوت‌ها در سطح یک درصد بررسی شد. از (2010) Excel برای رسم نمودارها استفاده شد. تفاوت میانگین مقدار ویژگی‌ها در محدوده‌های A, B, C از طریق مقایسه‌های مستقل در سطح ۱٪ انجام و بررسی ارتباط احتمالی ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی از طریق محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

بررسی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک

بررسی‌های بافت خاک نشان داد که خاک منطقه لوم رسی و رسی است. مقایسه مستقل مقادیر میانگین ویژگی‌ها (جدول ۱) نشان داد که به غیر از ویژگی‌های pH، میزان شن، رس و سیلت، ظرفیت تبادل کاتیونی و ضریب متابولیک، میانگین سایر ویژگی‌های مورد بررسی در موقعیت‌های A, B و C با میانگین شاهد (D) تفاوت معنی‌داری دارد ($p < 0.01$). یافته‌ها مشخص کرد که میانگین ویژگی‌های آهن و فسفر قابل استفاده، نیتروژن کل و هدایت الکتریکی در موقعیت‌های A, B و C به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد (D) و میانگین سایر ویژگی‌ها (روی و مس قابل استفاده، کربن آلی، تنفس پایه، کربن زیتوده- میکروبی و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی) در موقعیت‌های A, B و C به طور معنی‌داری کمتر از میانگین شاهد است ($p < 0.01$). تحقیق مشابه در محل دفع زباله‌ها با کلکته نشان داد که ویژگی‌های میزان روی، مس و آهن

خاک هستند ($R(x)$) (رابطه ۳). پس از تعیین نوع تابع عضویت فازی برای هر ویژگی، حد آستانه‌ی بالایی^۱ و حد آستانه‌ی پایینی^۲ تعیین گردید. جزییات توابع نمره‌دهی و حدود آستانه ویژگی‌ها در جدول (۴) آورده شده است.

$$M(x) = \begin{cases} 0.1, & x < x_1 \\ 0.9 \times \frac{x-x_1}{x_2-x_1}, & x_1 \leq x \leq x_2 \\ 1, & x > x_2 \end{cases} \quad (1)$$

$$L(x) = \begin{cases} 1, & x < x_1 \\ 1 - 0.9 \times \frac{x-x_1}{x_2-x_1}, & x_1 \leq x \leq x_2 \\ 0.1, & x > x_2 \end{cases} \quad (2)$$

$$f(x) = \begin{cases} 0.1, & x < x_1 \\ 0.9 \times \frac{x-x_1}{r_1-x_1} + 0.1, & x_1 \leq x < r_1 \\ 1, & r_1 \leq x \leq r_2 \\ 1 - 0.9 \times \frac{x-r_2}{x_2-r_2}, & r_2 < x \leq x_2 \\ 0.1, & x > x_2 \end{cases} \quad (3)$$

برای محاسبه شاخص کیفیت تجمعی ساده از رابطه (۴)، شاخص کیفیت تجمعی وزنی از رابطه (۵) و شاخص کیفیت نمره از رابطه (۶) استفاده شد.

$$IQI_{SA} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{n} \quad (4)$$

در رابطه (۴)، S_i نمره شاخص، n تعداد ویژگی‌های مورد نظر است (۲۴).

$$IQI_W = \sum_{i=1}^n W_i N_i \quad (5)$$

در رابطه (۵)، W_i وزن تعلق یافته به هر ویژگی، N_i مقدار تعلق یافته به هر ویژگی و n تعداد ویژگی‌های مورد نظر است (۱۶).

$$NQL = \sqrt{\frac{\rho_{ave}^2 + \rho_{min}^2}{2} \times \frac{n-1}{n}} \quad (6)$$

در رابطه (۶)، ρ_{ave}^2 میانگین مقادیر ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه خاک، ρ_{min}^2 حداقل نمره موجود در بین ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه و

تحقیق فانگ و همکاران^۳ (۱۹) برای pH، نیتروژن و فسفر با نتایج تحقیق حاضر انطباق دارد. شیخلو و رسولی صدقیانی^۴ (۴۶) در بررسی کیفیت خاک عرصه‌های جنگلی در آذربایجان غربی از فعالیت آنزیمی استفاده کردند و کاهش فعالیت آنزیمی در اثر تغییر کاربری جنگل و بالاتر بودن فعالیت آنزیمی در عرصه‌های جنگلی دست‌نخورده را از نتایج خود اعلام کردند. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. چندل و همکاران^۵ (۱۰) طی بررسی اثر کاربری‌های مختلف در عرصه‌های جنگلی در استان پنجاب هندوستان نیز مانند تحقیق حاضر دریافتند که فعالیت آنزیمی خاک در مناطق جنگلی طبیعی دست‌نخورده بالاتر است.

ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک انتخاب‌شده برای سری حداقل داده‌ها از طریق تجزیه به مولفه‌های اصلی، وزن‌دهی و نمره‌دهی

هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی اثر فعالیت جایگاه دفع زباله بر کیفیت خاک مجاور آن بود، بنابراین انتخاب ویژگی‌هایی از خاک که احتمالاً از شیرابه خروجی از محل دفع زباله اثر می‌پذیرفت، نقش محوری ایفا می‌کرد. براساس تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام‌شده با ۱۷ ویژگی (جدول ۲)، مولفه‌هایی (PC)^۶ که دارای ارزش ویژه^۷ بالاتر از یک بودند (معیار کاپسر) برای تعیین حداقل داده‌های موثر بر کیفیت خاک انتخاب شدند (۲۳). براساس این معیار، تعداد پنج مولفه استخراج شد (جدول ۲). به‌منظور کاهش تعداد مولفه‌ها از آزمون اسکری^۸ (شکل ۲) استفاده شد (۵).

قابل‌دسترس، کربن زیتوده میکروبی، تنفس پایه، ضریب متابولیک، کربن آلی، هدایت الکتریکی و نیتروژن کل به‌طور معنی‌داری در ایستگاه‌های مجاور محل دفع بالاتر از ایستگاه شاهد و فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیایی و اوره‌آز در ایستگاه‌های مجاور آن به‌طور معنی‌داری کمتر از ایستگاه شاهد است. نتایج این تحقیق در مورد ویژگی‌های هدایت الکتریکی، فسفر قابل‌استفاده، نیتروژن کل و فعالیت آنزیم‌ها با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (۵۰). نیکا و همکاران^۱ (۳۵) طی تحقیقی روی خاک مجاور محل دفع زباله شهری روند هیل در آفریقای جنوبی دریافتند که میزان عناصر روی، مس و آهن قابل‌استفاده در نزدیکی محل دفع به‌طور معنی‌داری از شاهد بالاتر است که تنها نتایج مربوط به میزان آهن با تحقیق حاضر مطابقت دارد. لیو و همکاران^۲ (۲۶) در ارزیابی آلودگی فلزات روی و مس در خاک مجاور جایگاه دفع زباله شهری لاوگانگ در شانگهای چین نیز مشابه تحقیق حاضر، غلظت بالاتر روی و مس را در فواصل دورتر از جایگاه نسبت به مجاور و ناهمگونی توزیع آنرا گزارش نموده‌اند. در واقع اقلیم پرباران و مرطوب در منطقه استقرار جایگاه دفع سراوان و شیب ۱۵٪ مسیر حرکت شیرابه می‌تواند عامل قوی برای فرسایش، جابه‌جایی خاک سطحی و متعاقباً ناهمگونی توزیع عناصر باشد. این در حالی است که خاک سطحی در ایستگاه شاهد در معرض این فرسایش قرار ندارد و نماینده میزان واقعی روی و مس در خاک سطحی منطقه است. تحقیقی نیز در یک محل دفع زباله شهری در کامرون انجام شد که محققان اعلام کردند ویژگی‌های pH، کربن آلی، هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی در مجاورت محل دفع با ایستگاه شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد. هم‌چنین میزان نیتروژن کل و فسفر قابل‌استفاده در نمونه‌های مجاور محل دفع به‌طور معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد بوده است (۱۹). نتایج

3- Fong *et al.*

4- Sheikhlou and Rasouli-Sadeghiani

5- Chandel *et al.*

6 Principal component

7 Eigenvalue

8 Scree Cattell test

1- Nyika *et al.*

2- Liu *et al.*

صادقی پورشيجانی و همکاران: ارزیابی اثرات دفع پسماندهای جامد...

جدول (۱) خلاصه نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌ها و مقایسه‌های مستقل
Table (1) Summary of feature measurement results and independent comparisons

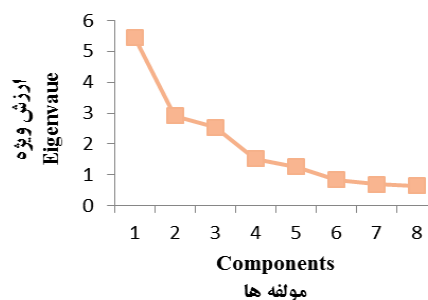
میانگین ایستگاه شاهد The average of control station	دامنه تغییرات Scope of change	میانگین مزارع پایین- دست The average of downstream farm	میانگین مسیر شیرابه The average of leachate route	میانگین اطراف محل دفع The average of surrounding disposal site	واحد Unit	ویژگی Property
3.13 ± 0.01	0.03-3.14	1.82 ± 0.02 *	1.15 ± 0.12 *	1.13 ± 0.11*	mg kg ⁻¹	روی قابل استفاده Available Zinc
0.51 ± 0.01	0.02-1.65	0.32 ± 0.02*	0.48 ± 0.04*	0.15 ± 0.08*	mg kg ⁻¹	مس قابل استفاده Available Copper
7.00 ± 0.21	0.36-90.96	12.44 ± 0.22*	24.46 ± 3.99*	18.18 ± 3.34*	mg kg ⁻¹	آهن قابل استفاده Available Iron
6.64 ± 0.04	5.80-7.37	6.59 ± 0.09	6.61 ± 0.56	6.55 ± 0.27	-	پ‌هاش pH
0.14 ± 0.01	0.12-0.48	0.26 ± 0.04*	0.20 ± 0.06*	0.30 ± 0.08*	dS m ⁻¹	هدایت الکتریکی Electrical Conductivity
4.38 ± 0.18	0.16-5.19	2.33 ± 0.58*	2.43 ± 1.06*	3.50 ± 1.29*	%	کربن آلی Organ Carbon
3.96 ± 1.67	2.00-45.80	9.87 ± 0.67*	17.85 ± 13.50*	23.66 ± 11.92*	g 100g ⁻¹	فسفر قابل استفاده Available Phosphorus
26.67 ± 5.03	14.00-62.00	14.93 ± 0.81	30.59 ± 14.79	27.25 ± 7.29	%	شن Sand
44.67 ± 3.06	16.00-54.00	39.00 ± 4.00	34.53 ± 11.84	33.77 ± 6.75	%	رس Clay
28.67 ± 2.31	14.00-57.30	46.07 ± 4.08	34.88 ± 3.48	97.40 ± 6.54	%	سیلت Silt
0.20 ± 0.01	0.07-0.45	0.12 ± 0.04*	0.22 ± 0.08*	0.30 ± 0.11*	%	نیترژن کل Total Nitrogen
7.00 ± 59.01	6.85-8.23	6.78 ± 0.02	7.39 ± 0.35	7.40 ± 0.50	cmol ⁺ kg ⁻¹	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation Exchange Capacity
227.70 ± 4.45	132.80-274.30	166.30 ± 12.70*	175.42 ± 22.20*	199.92 ± 35.56*	mg C kg ⁻¹ dry soil	کربن زیتوده میکروبی Microbial Biomass Carbon
0.39 ± 0.02	0.21-0.53	0.31 ± 0.01*	0.31 ± 0.04*	0.37 ± 0.08*	mgCO ₂ g ⁻¹ dm ³ 24h ⁻¹	تنفس پایه Basal Respiration
1.70 ± 0.05	1.40-2.00	1.83 ± 0.06	1.78 ± 0.11	1.85 ± 0.09	μgCO ₂ - Cmg ⁻¹ MBC day ⁻¹	ضریب متابولیک Metabolic quotient
1922.60 ± 50.01	32.89-1989.00	610.78 ± 20.01*	276.71 ± 15.20*	772.60 ± 8.96*	μg N g ⁻¹ dm ³ 2h ⁻¹	فعالیت اوره آز Urease Activity
745.55 ± 19.77	25.03-789.46	302.91 ± 20.20*	296.56 ± 25.02*	305.56 ± 44.77*	μg nitrophenyl g ⁻¹ dm ³ h ⁻¹	فعالیت فسفاتاز قلیایی Alkaline Phosphatase Activity

* نقاط دارای ستاره اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد و نقاط بدون ستاره تفاوت معنی‌دار وجود ندارد.

* There are significant differences in points with stars at the level of 0.01 (p<0.01) and points without stars are not significantly different.

میکروبی با بالاترین وزن در مولفه اول انتخاب شد. در مولفه دوم، نیز سیلت (۰/۴۸۰) و pH (۰/۴۵۲) دارای بیشترین وزن بودند. از آنجایی که سیلت و pH دارای همبستگی معنی دار ($r = -0/463$) بودند، بنابراین سیلت با وزن بالاتر به عنوان حداقل داده موثر بر کیفیت خاک استخراج شد. در مولفه سوم، فسفر قابل استفاده (۰/۴۵۳) و رس (۰/۴۲۲-) و در مولفه چهارم، مس قابل استفاده (۰/۵۴۸) و هدایت الکتریکی (۰/۵۰۶) به عنوان حداقل ویژگی های موثر بر کیفیت خاک برگزیده شدند. در نهایت از ۱۷ ویژگی اندازه گیری شده خاک، ویژگی های کربن زیتوده میکروبی، سیلت، رس، فسفر و مس قابل استفاده و هدایت الکتریکی به عنوان حداقل ویژگی موثر بر کیفیت به منظور محاسبه کیفیت خاک منطقه انتخاب شد. برای محاسبه وزن ویژگی در مولفه اول از آنجایی که درصد تغییر واریانس ۳۲٪ بود، (جدول ۲) و تنها یک ویژگی انتخاب شد، بنابراین عدد ۰/۳۲ به عنوان ضریب وزنی کربن زیتوده میکروبی لحاظ گردید. برای مولفه دوم نیز درصد تغییر واریانس ۱۷٪، بنابراین عدد ۰/۱۷ به عنوان ضریب وزنی سیلت، برای محاسبه شاخص کیفیت تجمعی وزنی در نظر گرفته شد.

در مولفه سوم نیز به سبب عدم همبستگی دو ویژگی فسفر قابل استفاده و رس، درصد تغییر واریانس مولفه سوم ۱۵٪ به عنوان ضریب وزنی محاسبه شد. برای مولفه چهارم نیز ضرایب وزنی ویژگی های مس قابل استفاده و هدایت الکتریکی از قاعده مولفه سوم تبعیت می کردند، بنابراین ضریب وزنی هر دو ۰/۰۹ در نظر گرفته شد. مقادیر ضرایب وزنی هر ویژگی در کل داده های موثر بر کیفیت در جدول (۴) آورده شده است.



شکل (۲) اسکری پلات برای مولفه های اصلی
Figure (2) Scree plot for the PCs

همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می شود، شکست نمودار در مولفه چهارم رخ می دهد. بنابراین، براساس این معیار، چهار مولفه اول که می تواند ۷۳٪ کل واریانس یا تغییرات را توضیح دهد، برای استخراج سری حداقل داده ها در نظر گرفته شد (جدول ۲). هر یک از این چهار مولفه، جداگانه با ۳۲٪، ۱۷٪، ۱۵٪ و ۹٪ واریانس داده ها، بیش ترین واریانس را نسبت به سایر مولفه ها نشان دادند. برای انتخاب سری حداقل داده ها از چهار مولفه اصلی استخراج شده، وزن های اختصاص یافته به متغیرهای تحت هر مولفه مورد استفاده قرار گرفتند. بدین ترتیب، در هر مولفه، متغیرهایی که وزن شان ۱۰٪ کمتر از بالاترین وزن در مولفه بودند، برگزیده شدند. ویژگی های انتخاب شده در جدول ۲ پررنگ شده اند (۲۰ و ۴۱). در گام بعدی چنانچه در هر مولفه بیش از یک ویژگی انتخاب شدند، از طریق ضرایب همبستگی پیرسون (جدول ۳)، ویژگی های دارای ضرایب همبستگی معنی دار بررسی و فقط ویژگی با بیشترین وزن یا بردار ویژه به عنوان حداقل ویژگی موثر بر کیفیت انتخاب شد. بدین ترتیب، در مولفه اول ویژگی های کربن زیتوده میکروبی (۰/۴۱۳)، تنفس پایه (۰/۴۰۹) و کربن آلی (۰/۳۹۵) دارای بیشترین وزن بودند (جدول ۲).

از آنجایی که کربن زیتوده میکروبی دارای رابطه همبستگی قابل توجه با تنفس پایه ($r = 0/946$) و کربن آلی ($r = 0/926$) بود (جدول ۳)، بنابراین کربن زیتوده

جدول (۲) نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی ویژگی‌های خاک تحت مطالعه

Table (2) The results of principal component analysis (PCA) of the soil properties under study

مولفه پنجم PCA5	مولفه چهارم PCA4	مولفه سوم PCA3	مولفه دوم PCA2	مولفه اول PCA1	مولفه‌های اصلی Principal components
1.27	1.52	2.54	2.91	5.24	ارزش ویژه (Eigenvalue)
8%	9%	15%	17%	32%	درصد واریانس (Percent of variance)
81%	73%	64%	49%	32%	درصد واریانس تجمعی (Cumulative Percent)
					ویژگی‌ها (Properties)
					بردارهای ویژه (Eigenvectors)
-0.120	0.130	-0.359	0.077	0.245	روی قابل استفاده (Available Zinc)
0.127	<u>0.548</u>	-0.329	0.022	0.048	مس قابل استفاده (Available Copper)
-0.063	0.015	0.184	0.329	-0.200	آهن قابل استفاده (Available Iron)
0.109	-0.325	-0.094	0.085	0.345	فعالیت اوره‌آز (Urease Activity)
0.091	-0.245	0.055	0.359	0.278	فعالیت فسفاتاز قلیایی (Alkaline Phosphatase Activity)
0.020	-0.115	0.175	0.452	0.085	پ‌هاش (pH)
0.195	<u>0.506</u>	0.237	-0.070	0.121	هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity)
0.043	-0.095	0.105	-0.051	0.395*	کربن آلی (Organic Carbon)
0.228	-0.099	<u>0.453</u>	-0.110	-0.071	فسفر قابل استفاده (Available Phosphorus)
0.137	0.296	0.322	0.374	-0.005	شن (Sand)
0.527	-0.084	<u>-0.422</u>	0.089	0.024	رس (Clay)
-0.311	-0.245	0.020	<u>0.480</u>	-0.015	سیلت (Silt)
0.109	0.128	0.298	-0.169	0.313	نیتروژن (Nitrogen)
-0.081	-0.023	0.018	0.020	<u>0.413**</u>	کربن زیتوده میکروبی (Microbial Biomass Carbon)
0.031	0.016	0.067	-0.090	0.409	تنفس پایه (Basal Respiration)
0.426	0.080	0.196	-0.325	0.045	ضریب متابولیک (Metabolic Quotient)
0.510	0.202	-0.028	-0.066	0.242	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cation Exchange Capacity)

* اعداد پررنگ به‌عنوان بیشترین وزن در نظر گرفته شدند. ** اعداد پررنگ که زیر آن‌ها خط کشیده شده است، به‌عنوان حداقل داده‌های موثر بر کیفیت انتخاب شدند.

* Bold numbers were considered as the most weight. ** Bold numbers underlined are selected as MDS.

مقایسه شاخص‌های کیفیت در فواصل مختلف از

محل جایگاه دفع زباله

مقایسه مقادیر شاخص کیفیت تجمعی ساده، وزنی و نمره که به‌وسیله کل داده‌های موثر بر کیفیت برای موقعیت‌های مختلف از نظر فاصله از جایگاه دفع (محدوده‌های A, B, C در شکل ۱) انجام شد، نشان می‌دهد که مقدار شاخص‌های کیفیت تجمعی ساده (شکل ۳a) و وزنی (شکل ۳b) در مسیر حرکت شیرابه (B) و مزارع پایین دست (C) با مقدار این شاخص‌ها در محدوده شاهد (D) تفاوت معنی‌داری دارد ($p < 0.01$) و مقادیر میانگین در مجاورت محل دفع (A) با مقادیر میانگین محدوده شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. اما در مورد

مقادیر شاخص کیفیت نمره (شکل ۳c) تفاوت معنی‌دار رویت نشد. تطبیق مقادیر شاخص‌های کیفیت تجمعی ساده از طریق سری کل داده‌ها (شکل ۳a)، با معیارهای درجه‌بندی کیفیت که در جدول (۵) ارائه شده، نشان داد که محدوده A، در کلاس II کیفیت همانند محدوده D و محدوده‌های B و C در کلاس III کیفیت قرار می‌گیرند. برای شاخص کیفیت تجمعی وزنی (شکل ۳b) نیز درجه کیفیت محدوده A مشابه محدوده D در کلاس III و محدوده‌های B و C در کلاس IV قرار گرفتند. تطبیق مقادیر شاخص کیفیت نمره (۳c) با مقادیر جدول (۵) نیز در همه محدوده‌ها، درجه III از کیفیت را نشان داد. اما نتایج محاسبات شاخص‌های کیفیت از طریق حداقل داده-

امکان تولید شیرابه افزایش یابد، از سویی نیز با جاری شدن شیرابه در مسیر شیب ۱۵٪ (محدوده B) پس از هر بارندگی، خاک آلوده به وسیله شیرابه به محدوده‌های پایین دست منتقل می‌گردد. هم‌چنین شیرابه خروجی از جایگاه دفع در پایین دست وارد رودخانه‌ای می‌گردد که برای آبیاری اراضی کشاورزی پایین دست جایگاه دفع (محدوده C) از آن استفاده می‌شود. نتایج تغییرات شاخص کیفیت تجمعی ساده و وزنی خاک با استفاده از سری کل داده‌ها می‌تواند گویای پیامد احتمالی اثر شیرابه حاصل از جایگاه دفع در مسیر حرکت تا خاک مزارع پایین دست باشد. اما محاسبات شاخص نمو با استفاده از سری کل و حداقل داده‌ها و شاخص‌های کیفیت تجمعی ساده و وزنی از طریق حداقل داده‌ها این تفاوت را نشان نمی‌دهد.

های موثر بر کیفیت نشان داد که شاخص‌های کیفیت تجمعی ساده و وزنی (شکل‌های ۲d و ۲e) تنها در محدوده A با محدود شاهد تفاوت معنی‌داری دارد ($p < 0.01$) و در مورد شاخص کیفیت نمو، نتایج همانند محاسبات سری کل داده‌ها، تفاوت معنی‌داری با شاهد را نشان نداد. تطابق مقادیر شاخص‌های کیفیت با معیارهای درجه کیفیت در جدول (۵) گویای آن است که براساس شاخص تجمعی ساده (شکل ۲d)، محدوده A در کلاس II و سایر محدوده‌ها (B, C, D) در کلاس III کیفیت قرار گرفته‌اند. براساس شاخص تجمعی وزنی (شکل ۲e)، محدوده A در کلاس III و سایر محدوده‌ها در کلاس IV و نیز شاخص نمو از طریق سری حداقل داده‌ها نیز کل محدوده‌ها در کلاس IV قرار دارند. جایگاه دفع زباله شهری سراوان در منطقه‌ای با اقلیم مدیترانه‌ای، رطوبت نسبی و بارندگی بالا واقع شده است. این امر سبب شده تا

جدول (۳) ضرایب همبستگی پیرسون برای مؤلفه‌های با بیشترین وزن

Table (3) Pearson's correlation coefficients for the highly weighted variables

ویژگی‌ها Properties	په‌اش (pH)	هدایت الکتریکی (EC)	کربن آلی (OC)	فسفر در دسترس (P _{ava})	رس (Clay)	سیلت (Silt)	کربن زیست توده (MBC)	تنفس پایه (BR)
مس قابل استفاده Copper Available	0.664*	-0.044	0.164	0.051	0.189	0.722*	0.229	0.090
په‌اش pH		0.062	0.173	0.061	0.010	0.463*	0.191	0.091
هدایت الکتریکی Electrical Conductivity			0.169	0.081	0.089	-0.120	0.201	0.321
کربن آلی Organic				0.090	0.064	0.067	0.926**	0.912*
فسفر قابل استفاده Available Phosphorus					0.294	0.110	-0.135	0.070
رس Clay						-0.343	0.002	-0.029
سیلت Silt							-0.033	0.083
کربن زیتوده میکروبی Microbial Biomass								0.946*

** همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ را نشان می‌دهد.

**Shows a significant correlation at the probability level of 0.01.

میانگین عددی شاخص‌های کیفیت تجمعی ساده، وزنی و نمره با استفاده از حداقل داده‌ها در کل محدوده-های در معرض فعالیت دفع (A, B, C) (ستون E از شکل‌های ۳d، ۳e و ۳f) درجه کیفیت یکسان با محدوده شاهد را نشان داد. در حالی که از طریق کل داده‌ها، فقط شاخص نمره با محدوده شاهد همسان بود (ستون E از نمودارهای ۳a، ۳b و ۳c). تفاوت در نتایج درجه کیفیت از طریق شاخص‌های مختلف کیفیت توسط محققان دیگر مانند رنجبر و همکاران^۱ (۴۲) که کیفیت خاک مزارع زعفران در منطقه قائنات از طریق شاخص تجمعی ساده II و نمره IV گزارش نمودند، بیان شده است. اثر تخریبی تغییر کاربری عرصه‌های جنگلی بر کیفیت خاک توسط محققان زیادی گزارش شده است مانند مرادی و همکاران^۲ (۲۹) و نبی‌اللهی و همکاران^۳ (۳۱) طی دو تحقیق مجزا، که کاهش معنی‌دار درجه کیفیت خاک در اثر تخریب و تغییر کاربری در جنگل‌های شهر مریوان استان کردستان را گزارش نمودند؛ رسولی صدقیانی و همکاران^۴ (۴۳) نیز کاهش درجه کیفیت در اثر تغییر کاربری در عرصه‌های جنگلی زاگرس شمالی را گزارش نمودند. تحقیقی در منطقه بانه استان کردستان توسط داوری و همکاران^۵ (۱۵) انجام شده و محققان کاهش کیفیت و سلامت خاک به سبب تغییر کاربری بوم‌سازگان جنگلی منطقه را از نتایج خود اعلام نمودند. چندل و همکاران (۱۰) در مطالعه اثر کاربری‌های مختلف در عرصه‌های جنگلی در استان پنجاب هندوستان، دریافتند که تغییر کاربری سبب کاهش کیفیت خاک جنگل می‌گردد.

1- Ranjbar *et al.*

2- Moradi *et al.*

3- Nabiollahi *et al.*

4- Rasouli-Sadaghiani *et al.*

5- Davari *et al.*

جدول (۴) توابع نمره دهی و حدود آستانه‌ی ویژگی‌ها
 Table (4) Scoring functions and feature threshold limits

منابع References	وزن ویژگی در Weight) TDS (in TDS	وزن ویژگی در MDS (Weight in MDS)	نقطه‌ی بهینه ^d (Optimum Point)	حد بالایی دامنه - ی بهینه (Upper Baseline)	حد آستانه‌ی بالایی ^c (Upper Threshold)	حد پایینی (دامنه‌ی بهینه) ^b (Lower Baseline)	حد آستانه‌ی پایینی ^a (Lower Threshold)	تابع نمره دهی (Scoring Function)	واحد (Unit)	ویژگی‌ها (Properties)
(2)	0.09	0.32			85	57.5	30	$\infty M(x)$	mg C kg ⁻¹ dry soil	کربن زیتوده میکروبی Microbial Biomass Carbon
(40)	0.09				2.5	1.7	0.1	M(x)	%	کربن آلی Organic Carbon
(2)	0.05				2	1.5	1.4	M(x)	μgCO ₂ - Cmg ⁻¹ MBC day ⁻¹	ضریب متابولیک Metabolic Quotient
(40)	0.04	0.15			30	15	5	M(x)	mg kg ⁻¹	فسفر قابل استفاده Available Phosphorous
(13)	0.09				0.3	0.25	0.2	M(x)	%	نیتروژن کل Total Nitrogen
(34)	0.09				68.3	44.05	19.8	M(x)	μg N g ⁻¹ dm 2h ⁻¹	فعالیت آنزیم اوره آز Urease Activity
(34)	0.05				450	250	50	M(x)	μg nitrophen yl g ⁻¹ dm h ⁻¹	فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی Alkaline Phosphatase Activity
(34)	0.03				15	7.5	50.0	M(x)	cmol ⁺ kg ⁻¹	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation Exchange Capacity
(2)	0.09				1	0.7	0.4	M(x)	mg CO ₂ g ⁻¹ dm 24h ⁻¹	تنفس پایه Basal Respiration
(5)	0.03	0.09			4	5	6	^o L(x)	dS m ⁻¹	هدایت الکتریکی Electrical

											Conductivity
(3)	0.05	0.15	25	45	60	15	5	R (x)	%		Clay رس
(3)	0.05	-	30	50	60	25	15	R (x)	%		Sand شن
(3)	0.05	0.17	45	60	90	30	25	R (x)	%		Silt سیلت
(34, 54)	0.05	-	7.2	7.5	8	5.5	4	R (x)	-		pH پهاش
(40)	0.09	-			3.0	2.5	1.5	M (x)	mg kg ⁻¹		روی قابل استفاده Available Zinc
(40)	0.03	0.09			4	3	2	M (x)	mg kg ⁻¹		مس قابل استفاده Available Copper
(40)	0.05	-			32	17	2	M (x)	mg kg ⁻¹		آهن قابل استفاده Available Iron

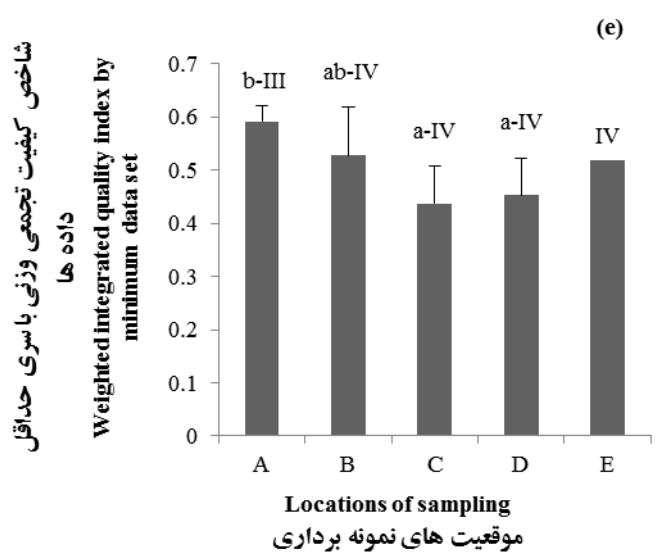
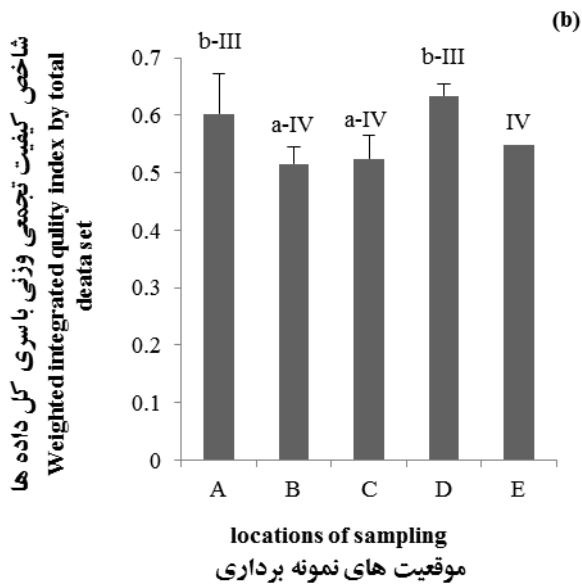
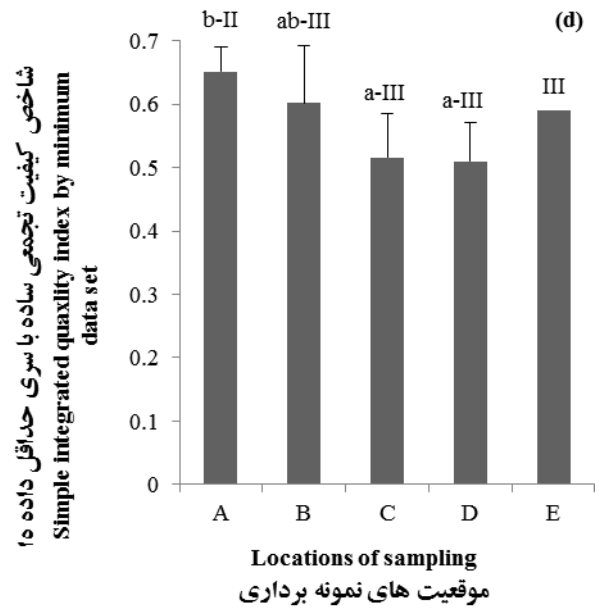
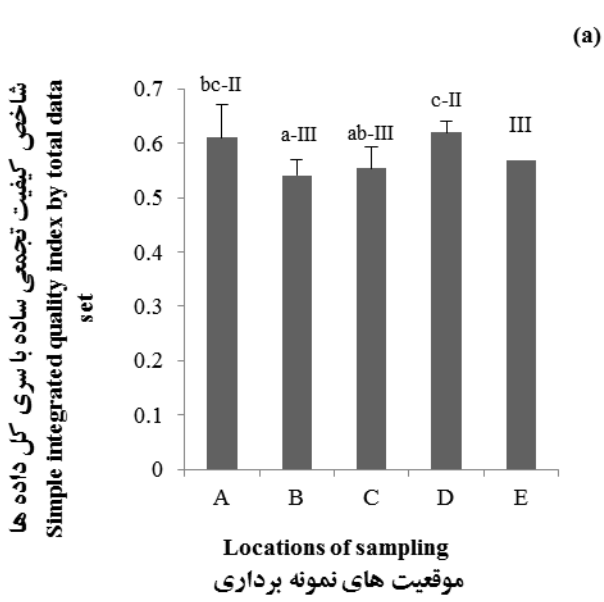
^a حد آستانه پایینی که در مقادیر کمتر از آن تابع نمره دهی برابر صفر است؛ ^b حد آستانه بالایی که در مقادیر بیشتر از آن تابع نمره دهی برابر یک است؛ ^c حد پایینی دامنه بهینه همان مقادیری است که در آن تابع نمره دهی برای ۰/۵ است؛ ^d نقطه بهینه که در آن تابع نمره دهی برابر یک است؛ ^e تابع نمره دهی بیشتر بهتر است؛ ^f تابع نمره دهی کمتر بهتر است؛ ^g تابع نمره دهی دامنه بهینه.

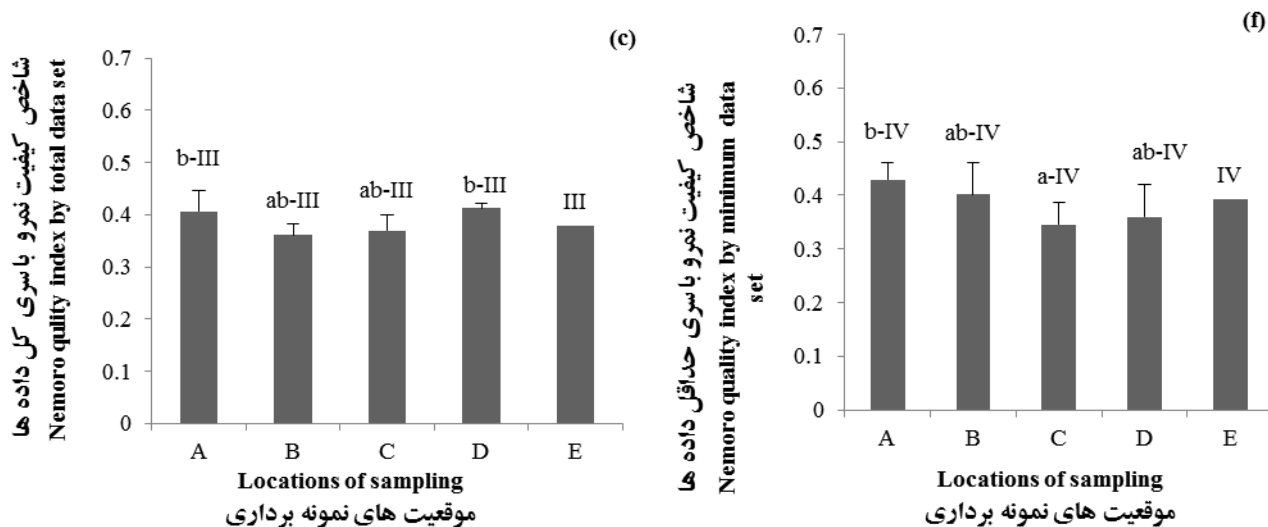
^aThe lower threshold, which the scoring function is equal to zero; ^bThe high threshold, which the scoring function is equal to one; ^cThe lower Baseline is the same values, which the scoring function is 0.5; ^dThe optimal point, which the scoring function is one; ^eThe scoring function for more is better; ^fThe scoring function for law is better; ^gThe scoring function for optimum scope.

جدول (۵) مقادیر شاخص های کیفیت و درجه های کیفیت (۴۵، ۳۸ و ۴۷)

Table (5) Values of quality indicators and quality grades (28, 34 and 35)

سری کل داده ها (TDS)			سری حداقل داده ها (MDS)			
شاخص کیفیت	شاخص کیفیت	شاخص کیفیت	شاخص کیفیت تجمعی	شاخص کیفیت نمورو	شاخص کیفیت	درجه کیفیت
تجمعی وزنی (IQI _w)	نمورو (NQI)	تجمعی وزنی (IQI _w)	ساده (IQI _{SA})	(NQI)	تجمعی وزنی (IQI _w)	Quality Grade
$1 \geq IQI_{SA} \geq 0.80$	$NQI \geq 0.55$	$IQI_w \geq 0.76$	$IQI_{SA} > 0.71$	$NQI \geq 0.80$	$IQI_w \geq 0.78$	I
$0.79 \geq IQI_{SA} \geq 0.60$	$0.55 > NQI \geq 0.45$	$0.76 > IQI_w \geq 0.66$	$0.71 \geq IQI_{SA} \geq 0.61$	$0.80 > NQI \geq 0.70$	$0.78 > IQI_w \geq 0.68$	II
$0.59 \geq IQI_{SA} \geq 0.35$	$0.45 > NQI \geq 0.35$	$0.66 > IQI_w \geq 0.56$	$0.61 \geq IQI_{SA} \geq 0.51$	$0.70 > NQI \geq 0.60$	$0.68 > IQI_w \geq 0.58$	III
$0.34 \geq IQI_{SA} \geq 0.20$	$NQI < 0.35$	$IQI_w < 0.56$	$0.51 \geq IQI_{SA} \geq 0.41$	$NQI < 0.60$	$IQI_w < 0.58$	IV





شکل (۳) نمودار مقادیر میانگین شاخص‌های کیفیت (تجمعی ساده: a؛ وزنی: b؛ نمرولو: c) با استفاده از سری کل داده‌ها و میانگین شاخص‌های کیفیت (تجمعی ساده: d؛ وزنی: e؛ نمرولو: f)، با استفاده از حداقل داده‌ها. حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت در سطح ۱ درصد است. نمادهای I, II, III, IV نشان‌گر درجه‌ی کیفیت خاک است. E میانگین مقدار شاخص کیفیت در محدوده‌ی در معرض فعالیت جایگاه دفع زباله (A+B+C) است.

Figure (3) The mean values of quality indicators (IQI_{sa}: a; IQI_w: b; Nemerlo: c) using the total data set and average quality indicators (IQI_{sa}: d; IQI_w: e; Nemerlo: f), using the minimum data set. Different letters indicate a difference of 1% ($p < 0.01$). Symbols I, II, III, IV indicate the degree of soil quality. "E" is the average value of the quality index in the area exposed to the activity of the dumpsite (A + B + C).

تجمعی ساده و وزنی با استفاده از کل داده‌ها در مسیر عبور شیرابه و اراضی کشاورزی پایین‌دست تفاوت معنی‌داری با شاهد را نشان می‌دهد. با توجه به این که نمونه‌های خاک از پوشش‌های گیاهی و نوع خاک یکسان برداشت شده‌اند، تفاوت شاخص کیفیت احتمالاً می‌تواند ناشی از اثر شیرابه و شسته‌شدن خاک اطراف شیرابه و انتقال آن به پایین‌دست باشد. هم‌چنین تطبیق میانگین شاخص کیفیت در کل محدوده در معرض فعالیت جایگاه دفع زباله (E) با استفاده از حداقل داده‌ها، درجه کیفیت یکسان با محدوده شاهد را نشان داد. درحالی‌که مقدار E با استفاده از سری کل داده‌ها، نشان داد که درجه کیفیت خاک از طریق شاخص‌های کیفیت تجمعی ساده و وزنی با محدوده شاهد متفاوت است.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی‌ها در این تحقیق نشان داد که تبدیل عرصه‌های جنگلی در منطقه سراوان به جایگاه دفع پسماندهای شهری، سبب شده تا بر برخی از ویژگی‌های خاک شامل آهن و فسفر در دسترس، هدایت الکتریکی، نیتروژن کل، تنفس پایه، کربن زیتوده میکروبی و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی تاثیر بگذارد. با توجه به نتایج مقایسه‌های میانگین شاخص‌های کیفیت تجمعی ساده، وزنی و نمرولو از طریق سری حداقل و کل داده‌ها در محدوده‌های A, B, C با محدوده شاهد (D) می‌توان نتیجه گرفت که شاخص‌های کیفیت تجمعی ساده و وزنی محاسبه‌شده از طریق سری کل داده‌ها، بهتر می‌تواند نمایانگر شرایط اثر فعالیت جایگاه دفع زباله بر کیفیت خاک باشد. به‌طوری‌که میانگین شاخص کیفیت

عدم تفاوت درجه کیفیت خاک از طریق شاخص کیفیت است در راستای حفاظت از عرصه جنگل‌های هیرکانی و نمو با استفاده از حداقل و کل داده‌ها گواه آن است که این شاخص نمی‌تواند نمایانگر مناسب اثرات فعالیت جایگاه دفع زباله بر خاک مجاور آن باشد. در انتها مشخص گردید، تغییر کاربری عرصه‌های جنگلی در منطقه سراوان به جایگاه دفع پسماند جامد شهری و پیامدهای آن بر کیفیت خاک منطقه، مخصوصاً در مسیر حرکت شیرابه اثر منفی داشته است. بنابراین ضروری

است در راستای حفاظت از عرصه جنگل‌های هیرکانی در منطقه سراوان و جلوگیری از کاهش کیفیت خاک آن، ضمن انجام اقدامات لازم برای جداسازی از مبدا زباله‌های جامد شهری، نسبت به ایجاد سامانه‌های جمع-آوری و تصفیه شیرابه از محل خروج آن از جایگاه دفع، قبل از جاری شدن در مسیر عرصه‌های جنگلی، اقدامات عاجل صورت پذیرد.

References

1. Alef, K., and Nannipieri, P. 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry (No. 631.46 M592ma). Academic Press, London.
2. Alves de Castro Lopes, A., Gomes de Sousa, D.M., Chaer, G.M., Bueno dos Reis Junior, F., Goedert, W.J., and de Carvalho Mendes, I. 2013. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 77(2): 461-472.
3. Anderson T.H. 2003. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 285-293.
4. Andrews, S.S., Karlen, D.L., and Mitchell, J.P. 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, ecosystems & environment*, 90(1): 25-45.
5. Armenise, E., Redmile-Gordon, M.A., Stellacci, A.M., Ciccicarese, A., and Rubino, P. 2013. Developing a soil quality index to compare soil fitness for agricultural use under different managements in the Mediterranean environment. *Soil and Tillage Research*, 130: 91-98.
6. Biswas, S., Hazra, G. C., Purakayastha, T. J., Saha, N., Mitran, T., Roy, S. S., and Mandal, B. 2017. Establishment of critical limits of indicators and indices of soil quality in rice-rice cropping systems under different soil orders. *Geoderma*, 292: 34-48.
7. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.
8. Bremner, J. M. and Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen—total 1. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (methods of soil an2), PP: 595-624.
9. Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R.E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Mäder, P., and Pulleman, M., 2018. Soil quality—A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120: 105-125.
10. Chandel, S., Hadda, M.S., and Mahal, A.K. 2018. Soil quality assessment through minimum data set under different land uses of submontane Punjab. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(6): 658-674.
11. Chapman, H. D. (1965). Cation-exchange capacity. In C. A. Black (Ed.), *Methods of soil analysis - chemical and microbiological properties*. *Agronomy*, 9: 891-901.

12. Chen, T.B., Zheng, Y.M., Lei, M., Huang, Z.C., Wu, H.T., Chen, H., Fan, K.K., Yu, K., Wu, X., and Tian, Q.Z. 2005. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*, 60(4): 542-551.
13. Cherubin, M.R., Karlen, D.L., Cerri, C.E., Franco, A.L., Tormena, C.A., Davies, C.A., and Cerri, C.C. 2016. Soil quality indexing strategies for evaluating sugarcane expansion in Brazil. *PloS one*, 11(3): p.e0150860.
14. Cittadino, A., Ocello, N., Majul, M.V., Ajhuacho, R., Dietrich, P., and Igarzabal, M.A. 2020. Heavy metal pollution and health risk assessment of soils from open dumps in the Metropolitan Area of Buenos Aires, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192: 1-9.
15. Davari, M., Gholami, L., Nabiollahi, K., Homaee, M. and Jafari, H.J. 2020. Deforestation and cultivation of sparse forest impacts on soil quality (case study: West Iran, Baneh). *Soil and Tillage Research*, 198, p.104504.
16. Doran, J.W. and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. *Defining soil quality for a sustainable environment*, 35: 1-21.
17. Fazekašová, D. and Fazekaš, J. 2020. Soil Quality and Heavy Metal Pollution Assessment of Iron Ore Mines in Nizna Slana (Slovakia). *Sustainability*, 12(6): 2549.
18. Fine, A.K., van Es, H.M., and Schindelbeck, R.R. 2017. Statistics, scoring functions, and regional analysis of a comprehensive soil health database. *Soil Science Society of America Journal*, 81(3): 589-601.
19. Fonge, B.A., Nkoleka, E.N., Asong, F.Z., Ajonina, S.A., and Che, V.B. 2017. Heavy metal contamination in soils from a municipal landfill, surrounded by banana plantation in the eastern flank of Mount Cameroon. *African Journal of Biotechnology*, 16(25): 1391-1399.
20. Hamidi Nehrani S., Askari M.S., Saadat S., Delavar M.A., and Taheri M. 2020. Using multivariate analysis to evaluate soil quality in agricultural lands of Zanjan province. *Applied Soil Research*. 8(2):158-173. (In Persian with English abstract)
21. Hosseinzade, F., Moomeni, A.A. and Bagheri, R. 2018. Assessment of heavy metals pollution in soils around Behshahr landfill. *New Findings in Applied Geology*, 12(24), pp.77-88. (In Persian with English abstract)
22. Johannes, A., Matter, A., Schulin, R., Weisskopf, P., Baveye, P.C., and Boivin, P. 2017. Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils. Does clay content matter?. *Geoderma*, 302: 14-21.
23. Kaiser, H.F. 1960. The application of electronic computers to factor active soil organic matter pools. *Soil Science Society of America Journal*. 58: 1130–1139.
24. Karlen, D.L. and Stott, D.E. 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. *Defining soil quality for a sustainable environment*, 35: 53-72.
25. Kooch, Y., Rostayee, F., and Hosseini, S.M. 2015. Soil quality Indices in pure and mixed forest stands of southern Caspian region. *Ecopersia*, 3(2): 987-1001.
26. Liu, C., Cui, J., Jiang, G., Chen, X., Wang, L., & Fang, C. 2013. Soil heavy metal pollution assessment near the largest landfill of China. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 22(4), 390-403.
27. Martin, A.P., Turnbull, R.E., Rissmann, C.W., and Rieger, P. 2017. Heavy metal and metalloid concentrations in soils under pasture of southern New Zealand. *Geoderma regional*, 11: 18-27.

28. Moore, F., Sheykhi, V., Salari, M., and Bagheri, A. 2016. Soil quality assessment using GIS-based chemometric approach and pollution indices: Nakhlak mining district, Central Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(4), 214: 1-16.
29. Moradi, S., Nabiollahi, K., and Hossaini, S.M.T. 2019. Assessing the effect of forest degradation and slope position on soil quality index. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture)*, 41(4): 113-129. (In Persian with English abstract)
30. Nabiollahi, K., Heshmat, E., Mosavi, A., Kerry, R., Zeraatpisheh, M. and Taghizadeh-Mehrjardi, R. 2020. Assessing the Influence of Soil Quality on Rainfed Wheat Yield. *Agriculture*, 10(10): 469- 487.
31. Nabiollahi, K., Taghizadeh-Mehrjardi, R. and Eskandari, S. 2018. Assessing and monitoring the soil quality of forested and agricultural areas using soil-quality indices and digital soil-mapping in a semi-arid environment. *Archives of Agronomy and soil science*, 64(5): 696-707.
32. Nabiollahi, K., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R. and Moradian, S., 2017. Assessment of soil quality indices for salt-affected agricultural land in Kurdistan Province, Iran. *Ecological indicators*, 83: 482-494.
33. Nakhaei, M., Amiri, V., Rezaei, K., and Moosaei, F. 2015. An investigation of the potential environmental contamination from the leachate of the Rasht waste disposal site in Iran. *Bulletin of engineering geology and the environment*, 74(1): 233-246.
34. Navas, M., Benito, M., Rodríguez, I., and Masaguer, A. 2011. Effect of five forage legume covers on soil quality at the Eastern plains of Venezuela. *Applied soil ecology*, 49: 242-249.
35. Nyika, J.M., Onyari, E.K., Dinka, M.O., and Mishra, S.B. 2019. Heavy Metal Pollution and Mobility in Soils within a Landfill Vicinity: A South African Case Study. *Oriental Journal of Chemistry*, 35(4): 1286-1296.
36. Ohlinger, R., 1996. Acid and alkaline phosphomonoesterase activity with the substrate p-nitrophenyl phosphate. In: Schinner, F., Kandeler, E., Ohlinger, R., Margesin, R. (Eds) *Methods in soil biology*. Springer-Verlag Berlin, PP: 210-214.
37. Olsen, S. R. 1982. Anion resin extractable phosphorus. *Methods of Soil Analysis*, 2: 423-424.
38. Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D. R. 1982. *Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbiological properties*, 2. PP: 1424
39. Puglisi, E., Nicelli, M., Capri, E., Trevisan, M., and Del Re, A.A. 2005. A soil alteration index based on phospholipid fatty acids. *Chemosphere*, 61(11): 1548-1557.
40. Qi, Y., Darilek, J.L., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W., and Gu, Z. 2009. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*, 149(3-4): 325-334.
41. Raiesi, F., 2017. A minimum data set and soil quality index to quantify the effect of land use conversion on soil quality and degradation in native rangelands of upland arid and semiarid regions. *Ecological Indicators*, 75: 307-320.
42. Ranjbar, A., Emami, H., Khorassani, R., and Karimi, K.R., 2016. Soil quality assessments in some Iranian saffron fields. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18: 865-878.
43. Rasouli-Sadaghiani, M.H., Ghodrat, K., Ashrafi-Saeidlou, S., Jafari, M., and Khodaverdiloo, H. 2016. Evaluation of soil quality indicators in land use changed forest of Northern Zagros (Case study: Oshnavieh, West Azerbaijan). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 6(3): 83-99. (In Persian with English abstract)
44. Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *LWW*, 78(2): 154.

45. Rinot, O., Levy, G.J., Steinberger, Y., Svoray, T., and Eshel, G. 2019. Soil health assessment: A critical review of current methodologies and a proposed new approach. *Science of the total environment*, 648: 1484-1491.
46. Sheikhlou, F and Rasouli-Sadeghiani, M. H. 2016. The effect of agricultural and forestry uses on the activity of some soil enzymes. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47 (1): 205-216. (In Persian with English abstract)
47. Soleimannejad, Z., Abdolzadeh, A. and Sadeghipour, H.R. 2016. Heavy metal concentrations in industrial area soils and landfill site, Ghaemshahar, Iran. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 26(136), pp.196-201. (In Persian with English abstract)
48. Tang, J., Zhang, L., Zhang, J., Ren, L., Zhou, Y., Zheng, Y., Luo, L., Yang, Y., Huang, H. and Chen, A. 2020. Physicochemical features, metal availability and enzyme activity in heavy metal-polluted soil remediated by biochar and compost. *Science of the Total Environment*, 701, p.134751.
49. Tessier, A., Campbell, P.G., and Bisson, M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.* 51(7): 844-851.
50. Tripathy, S., Bhattacharyya, P., Mohapatra, R., Som, A., and Chowdhury, D. 2014. Influence of different fractions of heavy metals on microbial ecophysiological indicators and enzyme activities in century old municipal solid waste amended soil. *Ecological engineering*, 70: 25-34.
51. Vance, E.D., Brookes, P.C., and Jenkinson, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil biology and Biochemistry*, 19(6): 703-707.
52. Vashisht, B.B., Maharjan, B., Sharma, S., and Kaur, S. 2020. Soil Quality and Its Potential Indicators under Different Land Use Systems in the Shivaliks of Indian Punjab. *Sustainability*, 12(8): 3490- 3503.
53. Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1): 29-38.
54. Zeraatpisheh, M., Bakhshandeh, E., Hosseini, M. and Alavi, S.M., 2020. Assessing the effects of deforestation and intensive agriculture on the soil quality through digital soil mapping. *Geoderma*, 363, p.114139.