J. Soil Plant Interact. 2024; 15(3): 71–87. https://doi.org/10.47176/jspi.15.3.21391

Journal of Soil and Plant Interactions

Journal homepage: https://jspi.iut.ac.ir/

ISSN: 2783-5014 EISSN: 2783-5286

Research Article

Evaluation of Some Soil Physical and Chemical Properties in *Myrtus communis* L. Stands in Southwest of Iran

Yaser Azizi Kia[1], Mostafa Moradi[1*], Zahra Darvishpasand[2] and Hamid Taleshi[1]

1- Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Khuzestan, Iran

2- CEO., Khak Sabz Maroon Company, Behbahan, Iran

* Corresponding author, Email: moradi4@gmail.com

(Received: 23 June 2024; Revised: 16 August 2024; Accepted: 9 September 2024)

Abstract

Myrtus communis is one the most important Mediterranean species in Zagros forest. Although, *M. communis* widely spreads in Zagros forest, little information is available about its distribution in south western parts of Iran. Due to the lack of information on its distribution in southern Zagros, in the present study soil physical and chemical properties of *M. communis* stands in Fars, Khuzestan, and Kohgiluyeh and Boyer Ahmad provinces were determined to generate basic information about soil properties in its stands in south western provinces of Iran. In each site, five 25 × 25 meter plots were selected and soil samples were taken from the 0–20 cm layer. Soil analysis included total nitrogen, available phosphorous, available potassium, organic carbon, pH, texture and bulk density. Our results indicated that the highest values for soil nitrogen and organic carbon contents belonged to the *M. communis* stand in Nourabad Mamasani and were significantly higher compared to the other sites. While the lowest values of soil nitrogen and organic carbon recorded for Andika, were significantly lower compared to the other sites. *M. communis* stands in Nourabad Mamasani had the highest soil fertility, compared to the other sites. Besides, *M. communis* spreads in neutral or slightly alkaline soils. Soil textures in the studied sites were loam, sandy loam and silt loam classes. Independent sample *t*-test showed that *M. communis* stands had higher soil nitrogen, organic carbon, phosphorus, and potassium compared to the vicinity stands. Overall, *M. communis* prefers coarse and loamy soils with neutral pH or slightly alkaline and high nutrients.

Keywords: Zagros forest, Mediterranean species, Site demands, Nitrogen, Soil nutrients.

Background and Objective: Knowledge about forest tree species and their site demands is a fundamental topic in silviculture and forest soil productivity (Kammesheidt, 2000; Zolfaghari et al., 2017; Ebrahimi Askari et al., 2019), which can have positive effects on plantation and successful management (Moradi et al., 2017). *Myrtus communis* is one the most important Mediterranean species in Zagros forest. Although, *M. communis* widely distributes in Zagros forest, little information is available about its distribution in south western of Iran. Therefore, in the present study soil physical and chemical properties of *M. communis* stands in Fars, Khuzestan, and Kohgiluyeh and Boyer Ahmad provinces were determined to generate basic information about soil properties in its stands in south western provinces of Iran.

Methods: To study soil physical and chemical properties, *M. communis* stands in Nourabad Mamasani (Fars province), Lendeh (Kohkiloye and Boyer Ahmad province), Dezful and Andika (Khuzesran province) were selected. In each site, five 25 × 25 meter plots were selected and soil samples were taken from the 0–20 cm layer. Soil samples were taken from the four corners and center of each plot and pooled together, finally one pooled soil sample for each plot was transferred to the lab (Moradi et al., 2022). To compare *M. communis* stands with the vicinity stands, soil samples were

Copyright © 2025 Isfahan University of Technology, Published by IUT Press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

collected from the vicinity stands by the same procedure. Soil analysis included total nitrogen, available phosphorous, available potassium, calcium carbonate equivalent, organic carbon, pH, texture and bulk density. To evaluate the differences between *M. communis* sites, one-way ANOVA was used. Besides, independent sample *t*-test was performed between soil variables in *M. communis* stands and soil variables of the vicinity sites. Finally, principal component analysis (PCA) was used to determine the most important soil factors in *M. communis* distribution.

Results: Our results indicated that the highest values for soil nitrogen and organic carbon belonged to the *M. communis* stand in Nourabad Mamasani. While the lowest values of soil nitrogen and organic carbon recorded for Andika, were significantly lower compared to the other sites. *M. communis* stands in Nourabad Mamasani had the highest soil fertility, compared to the other sites, perhaps due to the higher tree density of *M. communis* in the Nourabad Mamasani site. Dezful site had the highest soil bulk density and the lowest soil porosity compared to the other sites. Besides, *M. communis* spreads in neutral or slightly alkaline soils. Studied soil textures were loam, sandy loam, and silt loam. First axis represents the soil physical properties in *M. communis* distribution. Soil organic carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, and tree density significantly correlated with the second axis. The results of independent sample *t*-test for *M. communis* stands and their vicinity sites showed that *M. communis* stands had significant higher soil nutrients, but soil EC, pH and calcium carbonate equivalent were not significantly different between *M. communis* stands and their vicinity sites.

Conclusions: Based on the results, *M. communis* prefers sandy and loam soils with neutral or slightly alkaline pH. Therefore, the most important factors in *M. communis* distribution are coarse-textured soils and high soil nutrients. This means in locations with such a condition, the plantation of the *M. communis* is recommendable. Moreover, *M. communis* stands provide more fertile soil compared to the Brant's oak stands, agricultural lands, and wasteland.

References:

1. Kammesheidt, L., 2000. Some autecological characteristics of early to late successional tree species in Venezuela. Acta Oecol. 21(1), 37–48. https://doi.org/10.1016/S1146-609X(00)00108-9.
2. Ebrahimi Askari, A., Moradi, M., Basiri, R., Mirzaei, J., Ghasemi, A., 2019. Evaluation of soil physiochemical properties and regeneration of *Prosopis cineraria* (L.) Druce stands in southern Iran. Iran. J. For. 11(2), 255–267. (In Persian with English abstract)
3. Zolfaghari, Z., Moradi, M., Basiri, R., Ghasemi, A., 2017. Evaluation of soil physicochemical properties of *Tecomella undulata* in Busher province. For. Wood Pro. 70(2), 273–280. https://doi.org/10.22059/JFWP.2017.62484. (In Persian with English abstract)
4. Moradi, M., Jorfi, M.R., Basiri, R., Yusef Naanaei, S., Heydari, M., 2022. Beneficial effects of livestock exclusion on tree regeneration, understory plant diversity, and soil properties in semiarid forests in Iran. Land Degrad. Develop. 33(2), 324–332. https://doi.org/10.1002/ldr.4154.
5. Moradi, M., Imani, F., Naji, H.R., Moradi Behbahani, S., Ahmadi, M.T., 2017. Variation in soil carbon stock and nutrient content in sand dunes after afforestation by *Prosopis juliflora* in the Khuzestan province (Iran). iForest 10, 585–589. https://doi.org/10.3832/ifor2137-010

How to Cite: Azizi Kia, Y., Moradi, M., Darvishpasand, Z., Taleshi, H., 2024. Evaluation of some soil physical and chemical properties in *Myrtus communis* L. stands in southwest of Iran. J. Soil Plant Interact. 15(3), 71–87 (In Persian). https://doi.org/10.47176/jspi.15.3.21391

روابط خاک و گیاه ۱۴۰۳؛ (۳)۱۵: ۸۷-۷۱، https://doi.org/10.47176/jspi.15.3.21391

روابط خاک و گیاه

صفحه خانگی فصلنامه: https://jspi.iut.ac.ir/

شاپا: ۵۰۱۴-۲۷۸۳ شاپا الکترونیکی: ۵۲۸۶-۲۷۸۳

مقاله پژوهشی

بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در رویشگاه‌های گونه مورد (*Myrtus communis* L.) در جنوب غربی ایران

یاسر عزیزی‌کیا[۱]، مصطفی مرادی[۱*]، زهرا درویش‌پسند[۲] و حمید طالشی[۱]

۱- گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

۲- مدیرعامل، شرکت خاک سبز مارون، بهبهان، ایران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: moradi4@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۳؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۵/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۱۹)

چکیده

یکی از گونه‌های بسیار مهم در بافت جنگل‌های غرب و جنوب کشور، درختچه مورد (*Myrtus communis* L.) است. مورد یک گونه مدیترانه‌ای است که با توجه به وسعت و دامنه پراکنش آن، دانسته‌های کمی در رابطه با پراکنش این‌گونه در منطقه جنوب غرب کشور وجود دارد. در این پژوهش به بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در توده‌های *M. communis* در استان‌های فارس، کهگیلویه و بویر احمد و خوزستان پرداخته شد تا بتوان دانسته‌های پایه از ویژگی‌های خاک در مناطق پراکنش درختچه مورد در استان‌های جنوب غربی ایران جمع‌آوری کرد. نمونه‌برداری خاک در توده‌های مورد با استفاده از ۵ پلات ۲۵×۲۵ متر و از لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری انجام شد. ویژگی‌های خاک شامل نیتروژن، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل استفاده، کربن آلی، pH، بافت و چگالی ظاهری اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقادیر کربن آلی و نیتروژن خاک مربوط به توده مورد شهرستان نورآباد ممسنی بود که دارای اختلاف معنی‌داری با دیگر مناطق بود. همچنین کم‌ترین مقادیر کربن آلی و نیتروژن خاک مربوط به منطقه اندیکا بود. توده‌های مورد در خاک‌های با pH خنثی تا کمی قلیایی پراکنش دارد. بافت خاک در تمام مناطق مورد بررسی ترکیبی از کلاس‌های لوم، لوم شنی و لوم سیلت بود. مقایسه میانگین آزمون t بین توده‌های مورد و مناطق مجاور مشخص کرد که مقادیر کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک در توده‌های مورد نسبت به مناطق مجاور آن بیش‌تر بود. به‌طور کلی درختچه مورد در خاک‌های با بافت درشت و لومی و pH نزدیک به خنثی یا کمی قلیایی با حاصلخیز بالا رشد بهتری دارد.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌های زاگرس، گونه‌های مدیترانه‌ای، نیاز رویشگاهی، عناصر غذایی خاک، نیتروژن.

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

یکی از مباحث اساسی در بررسی پراکنش گونه‌های جنگلی، تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است. از این‌رو در پژوهش‌های مختلف همواره سعی شده است تا نیازهای رویشگاهی درختان بررسی شود (Kammesheidt, 2000; Zolfaghari et al., 2017; Ebrahimi Askari et al., 2019). بنابراین به لحاظ اکولوژی آگاهی از این مسئله که هر گونه گیاهی چه نوع خاک و با چه وضعیت تغذیه‌ای را ترجیح می‌دهد لازم و ضروری است. در واقع این دانسته‌ها می‌تواند منجر به افزایش شناخت پژوهشگران و در نتیجه آثار مثبت در بحث جنگل‌کاری و در نتیجه افزایش موفقیت جنگل‌کاری‌ها شود.

پوشش گیاهی و خاک همواره بر یکدیگر تأثیر داشته‌اند (Moslemi Seyed Mahalle et al., 2019; Forogh Nasab et al., 2020; Skandari et al., 2020) که این موضوع یکی از دلایل چگونگی پراکنش گونه‌های گیاهی در مناطق مختلف است. نه تنها به‌خاطر پراکنش گونه‌ها بلکه به‌دلیل مسائل مدیریتی نیز اطلاع از ویژگی‌های خاک مناسب برای رشد گونه‌های جنگلی اهمیت فراوانی دارد (Li et al., 2012). پژوهش‌ها نشان داده است که خاک نقش مهمی در پراکنش درختان و درختچه‌ها دارد. به‌عنوان مثال مقدار رطوبت و فسفر خاک نقش مهمی در پراکنش درختان گز (*Tamarix ramosissima*) دارند (Mohammadi et al., 2017)، کیکم (*Acer monspessulanum*) در خاک‌های ریزبافت پراکنش دارد (Khodakarami et al., 2011)، انار شیطان (*Tecomella undulata*) در خاک‌های لوم شنی پراکنش بیش‌تری دارد (Zolfaghari et al., 2017). همچنین ویژگی‌های فیزیکی خاک نقش مهمی در پراکنش کهور ایرانی دارند (Ebrahimi Askari et al., 2019).

درختچه مورد (*Myrtus communis* L.) یکی از گونه‌های مدیترانه‌ای در بافت جنگل‌های زاگرس بوده که به‌صورت محدود و پراکنده در بخش‌های مختلف آن رویش دارد. اگرچه پژوهش‌هاس پراکنده و محدودی در رابطه با نیازهای رویشگاهی این‌گونه در استان‌های ایلام (Rostami and Ghorbani, 2017) و لرستان (Mirazadi and Pilehvar, 2014) انجام شده است اما با توجه به وسعت پراکنش این‌گونه در کشور، دانسته‌ها مربوط به ویژگی‌های خاک که این‌گونه در آن پراکنش دارد در منطقه جنوب غرب کشور موجود نیست. این‌گونه دارای خواص دارویی زیادی بوده و همواره از آن در موارد آرایشی و بهداشتی استفاده شده است (Faten Ibrahim et al., 2021). با توجه به حجم تخریب کمی و کیفی در جنگل‌های زاگرس، نرخ مرگ‌ومیر زیاد در برخی نقاط (Parnian Kalayeh et al., 2020) و تلاش برای احیا این جنگل‌ها به‌وسیله برنامه‌هایی مانند قرق (Moradi et al., 2022)، این ضرورت احساس می‌شود تا نیازهای رویشگاهی گونه‌های زاگرس بهتر شناخته شده و بتوان از این گونه‌های برای احیا و غنی‌سازی جنگل در مکان مناسب استفاده کرد. با توجه به سرشت رطوبت‌پسندی درختچه مورد، درصورتی‌که نیازهای خاکی آن به‌درستی مشخص شود می‌توان این‌گونه را برای افزایش غنا و تنوع زیستی در مناطق مناسب کشت کرد و از مزایای آن استفاده نمود.

با توجه به کمبود دانسته‌ها در رابطه با درختچه مورد در زاگرس جنوبی، در این پژوهش به بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در استان‌های فارس، کهگیلویه و بویر احمد و خوزستان پرداخته خواهد شد تا بتوان دانسته‌های پایه از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در مناطق پراکنش این‌گونه در منطقه جنوب غرب ایران را مشخص کرد. بنابراین هدف پژوهش حاضر تعیین ویژگی‌های خاک در مناطق پراکنش درختچه مورد در استان‌های جنوب غربی ایران و تعیین مهم‌ترین عوامل خاکی مؤثر در پراکنش درختچه مورد است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

برای بررسی ویژگی‌های خاک در توده‌های مورد، سه استان فارس، کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان انتخاب شدند. توده‌های *M. communis* در شهرهای نورآباد ممسنی در استان فارس، لنده در استان کهگیلویه و بویر احمد، دزفول و اندیکا در استان خوزستان شناسایی شد. مشخصه‌های عمومی مناطق مورد بررسی در جدول (۱) بیان شده است.

جدول ۱. مشخصه‌های عمومی مناطق مورد بررسی

Table 1. Information of the studied sites

Site منطقه	Latitude عرض جغرافیایی	Longitude طول جغرافیایی	Tree density (N/ha) تراکم درختان (تعداد در هکتار)	Area (ha) مساحت (هکتار)	Elevation (m) ارتفاع (متر)	Temperature (°C) دما (سلسیوس)	Precipitation (mm) بارندگی (میلی‌متر)
Dezful دزفول	32° 37′ 28″ and 32° 37′ 31″	48° 50′ 7″ and 48° 50′ 8″	696	4	1170	24	471
Andika اندیکا	32° 9′ 25″ and 32° 9′ 24″	49° 28′ 59″ and 49° 28′ 55″	553	2	692	24	558
Lendeh لنده	31° 0′ 16″ and 31° 1′ 35″	50° 29′ 7″ and 50° 28′ 1″	454	2.5	1100	25	750
Noorabad Mamasani نورآبادممسنی	34° 2′ 30″ and 35° 2′ 30″	51 ° 33′ 30″ and 51 ° 33′ 24″	768	1.56	1000	21	515

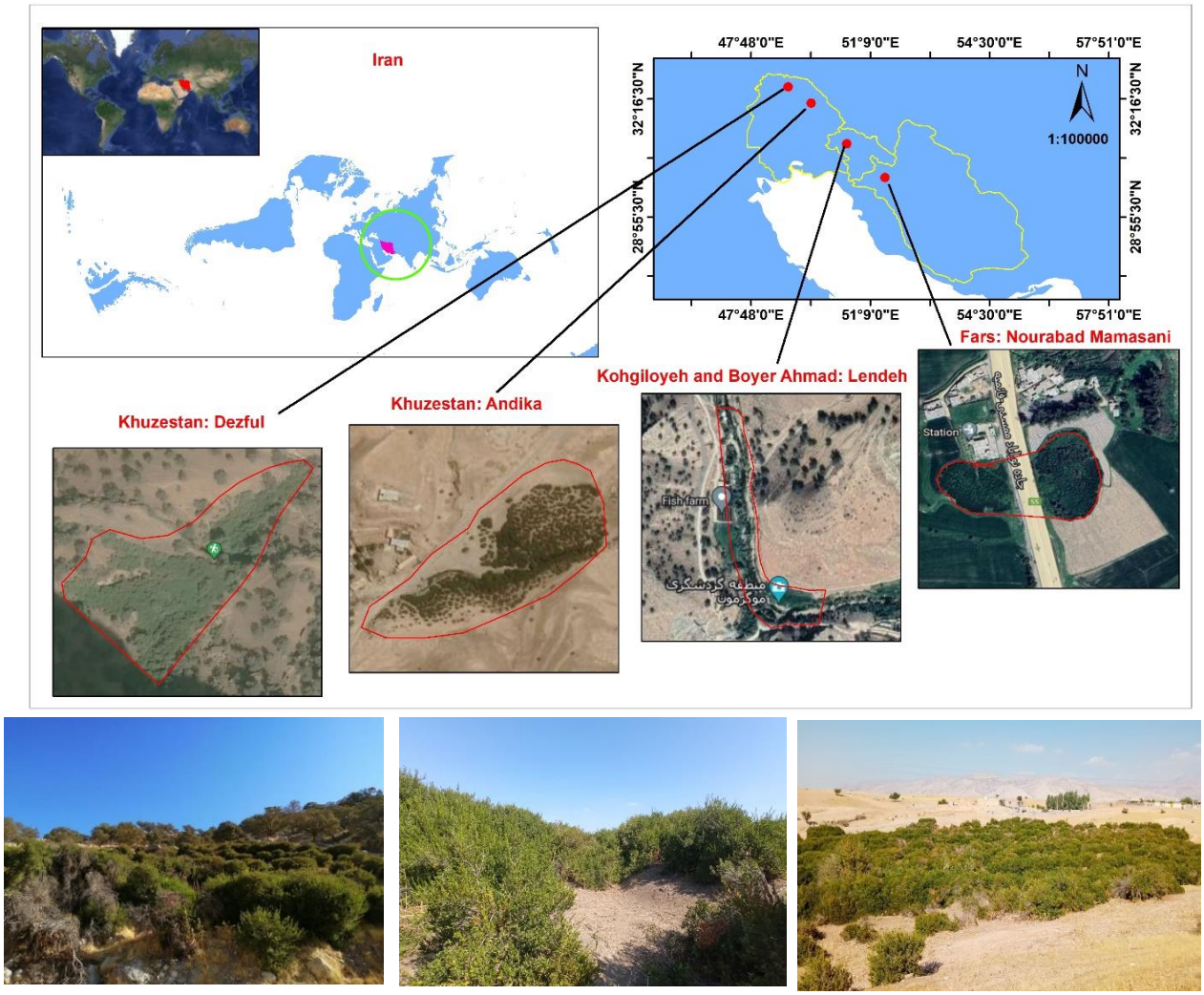
توده بررسی‌شده در شهرستان نورآباد ممسنی (استان فارس) در فاصله پنج کیلومتری شهر نورآباد ممسنی واقع شده است. این ذخیره‌گاه در محاصره زمین‌های کشاورزی بوده و در یک منطقه مسطح قرار دارد. توده بررسی‌شده در شهرستان لنده در منطقه موگرمون در فاصله حدود ۱۰ کیلومتری ضلع شرقی شهرستان لنده قرار دارد. گونه‌های موجود در منطقه شامل بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)، کلخنگ (*Pistacia khinjuk*)، انجیر کوهی (*Ficus* sp.) است. در شهرستان دزفول در منطقه دژ محمد علی‌خان در فاصله ۲۵ کیلومتری شمال شهر سردشت و ۶۵ کیلومتری شمال دزفول نیز توده مورد دیگری در استان خوزستان انتخاب شد. در این منطقه گونه‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)، بادامک (*Amygdalus scoparia*)، زالزالک (*Crataegus* sp.) و بنه (*Pistacia* sp.) رویش دارد. آخرین توده انتخاب‌شده نیز در فاصله ۱۰ کیلومتری شهرستان اندیکا واقع در شمال خوزستان و نزدیک روستای قلعه لوت بود. این ذخیره‌گاه نیز در محاصره زمین‌های بایر قرار دارد (شکل ۱).

نمونه‌برداری خاک

برای نمونه‌برداری خاک در مناطق مورد مطالعه، توده‌های مورد بررسی انتخاب شده و در هر یک از این توده‌ها پنج پلات ۲۵×۲۵ متر با فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متر (بسته به موقعیت محل) پیاده شد. در چهارگوشه و مرکز هر پلات پنج نمونه خاک از لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری از محل سایه‌انداز درختچه‌های مورد برداشت شده و با هم ترکیب شدند. بنابراین از هر پلات یک نمونه خاک برداشت شده و برای اندازه‌گیری‌های بعدی به آزمایشگاه منتقل شد (Moradi et al., 2022). همچنین نمونه‌های خاک از مناطق مجاور، که توده‌های مورد در آن‌ها وجود نداشتند، نیز به همین روش برداشت شد. لازم به ذکر است که ذخیره‌گاه شهرستان نورآباد ممسنی توسط زمین‌های کشاورزی احاطه شده بود. اما ذخیره‌گاه‌های لنده و دزفول توسط توده‌های بلوط احاطه شده بودند. همچنین ذخیره‌گاه لنده نیز توسط زمین‌های بایر احاطه شده بود.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

نمونه‌های خاک در آزمایشگاه و دمای محیط خشک شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس این نمونه‌ها برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قرار گرفتند. ویژگی‌های خاک شامل نیتروژن (N) به‌روش



شکل ۱. مناطق مورد بررسی در استان‌های فارس، کهگیلویه و بویر احمد و خوزستان (نقاط قرمز رنگ بر روی نقشه مناطق مورد بررسی است؛ از راست منطقه اندیکا، نورآبادممسنی و لنده).

Fig. 1. Locations of the studied sites in Fars, Kohgiluyeh and Boyer Ahmad, and Khuzestan (red dots maps are the studied locations; From right: Andika, Nourabad Mamassani, and Lendeh)

کلجدال (Bremner and Mulvaney, 1982)، فسفر قابل استفاده (P) به‌روش السون (Olsen, 1954)، پتاسیم قابل استفاده (K) به‌کمک فلیم فتومتر (Merwin and Peach, 1951) و کربن آلی (OC) به‌روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, 1934)اندازه‌گیری شدند. کربنات کلسیم معادل (CCE) خاک نیز با استفاده از روش کلسیمتری اندازه‌گیری شد (Horváth et al., 2005). همچنین بافت خاک به‌روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986) و چگالی ظاهری (BD) خاک به‌روش استوانه اندازه‌گیری شد (Blake and Hartge, 1986). رسانایی الکتریکی (EC) و pH خاک نیز به‌ترتیب با دستگاه‌های EC متر و pH متر در عصاره اشباع اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. سپس برای بررسی تفاوت بین ویژگی‌های خاک در مناطق مورد بررسی از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. درصورتی‌که اختلاف معنی‌داری بین

گروه‌ها وجود داشت از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مشخص‌کردن این تفاوت‌ها استفاده شد. برای مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بین توده‌های مورد و زمین‌های مجاور نیز از آزمون مقایسه میانگین (Independent sample *t*-test) استفاده شد. در این آزمون همه توده‌های مورد به‌صورت یک گروه و همه زمین‌های مجاور (اعم از توده‌های بلوط، زمین‌های کشاورزی و زمین‌های بایر) نیز به‌عنوان یک گروه در نظرگرفته شدند و وجود تفاوت معنی‌دار بین متغیرهای مورد بررسی در دو گروه، بررسی شد. این آزمون‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد. همچنین با استفاده از نرم‌افزار PC-ORD (V. 5) تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای تعیین مهم‌ترین متغیرهای خاک در گسترش گونه مورد انجام شد.

نتایج

ویژگی‌های شیمیایی خاک

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین مناطق مورد بررسی از نظر برخی ویژگی‌های خاک تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). مقادیر نیتروژن خاک توده‌های مورد در استان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند. بیش‌ترین مقدار نیتروژن خاک در توده *M. communis* شهرستان نورآباد ممسنی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دیگر مناطق داشت (جدول ۳). پس از آن، مناطق دزفول و لنده بیش‌ترین مقادیر نیتروژن خاک را داشتند که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند اما با دیگر مناطق دارای اختلاف معنی‌دار بودند. همچنین کم‌ترین مقدار نیتروژن خاک مربوط به منطقه اندیکا بود که تفاوت معنی‌داری با دیگر مناطق نشان داد (جدول ۳).

نتایج کربن آلی خاک مشابه نیتروژن خاک بود و بیش‌ترین مقدار کربن آلی خاک مربوط به توده شهرستان نورآباد ممسنی بود که اختلاف معنی‌داری با دیگر مناطق داشت. کم‌ترین مقدار کربن آلی خاک مربوط به منطقه اندیکا بود. مناطق دزفول و لنده نیز جایگاه دوم را به لحاظ مقدار کربن آلی خاک به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

نتایج نشان داد کم‌ترین مقادیر فسفر خاک مربوط به مناطق دزفول و اندیکا بود که به‌طور معنی‌داری کم‌تر از دیگر مناطق بود. منطقه لنده اگرچه با اندیکا و نوراباد ممسنی دارای اختلاف معنی‌دار بود اما تفاوت معنی‌داری با منطقه دزفول نداشت. در نهایت توده بررسی‌شده در شهرستان نورآباد ممسنی بیش‌ترین مقدار فسفر خاک را داشت که به‌صورت معنی‌داری بیش‌تر از دیگر مناطق بود (جدول ۳).

نتایج نشان داد که منطقه نوراباد ممسنی بیش‌ترین مقدار پتاسیم خاک را داشت که دارای اختلاف معنی‌داری با دیگر شهرستان‌ها بود. کم‌ترین مقدار پتاسیم خاک مربوط به مناطق دزفول و اندیکا بود که به‌صورت معنی‌داری کم‌تر از دیگر شهرستان‌ها بود. اگرچه مقدار پتاسیم خاک در منطقه لنده به‌صورت معنی‌داری کم‌تر از نورآباد ممسنی بود اما به‌صورت معنی‌داری بیش‌تر از منطقه دزفول بود. با این وجود اختلاف معنی‌داری بین مناطق اندیکا و لنده از نظر مقدار پتاسیم خاک مشاهده نشد (جدول ۳).

کم‌ترین مقدار کربنات کلسیم معادل خاک مربوط به منطقه دزفول بود و پس از آن منطقه اندیکا قرار داشت که دارای اختلاف معنی‌داری بودند. بیش‌ترین مقدار کربنات کلسیم معادل خاک مربوط به مناطق لنده و نوراباد ممسنی بود که به‌صورت معنی‌داری بیش‌تر از دیگر مناطق بودند. مناطق اندیکا و نورآباد ممسنی نیز به‌لحاظ مقدار کربنات کلسیم معادل خاک تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که مقادیر رسانایی الکتریکی خاک (EC) در توده‌های مورد بررسی در شهرستان‌های دزفول، اندیکا، لنده، و نورآباد ممسنی تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). در رابطه با pH خاک وضعیت مقداری متفاوت بود و بیش‌ترین pH خاک مربوط به شهرستان نورآباد ممسنی بود که دارای اختلاف معنی‌داری با شهرستان لنده (با کم‌ترین pH خاک) بود. مقادیر pH خاک در شهرستان‌های دزفول و اندیکا نیز تفاوت معنی‌داری با شهرستان‌های نورآباد ممسنی و لنده نشان ندادند (جدول ۳).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه برای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در توده‌های *M. communis*

Table 2. Results of one-way ANOVA for soil chemical and physical properties in *M. communis* stands

		Sum of Squares مجموع مربعات	df دامنه آزادی	Mean Square میانگین مربعات	F آماره F	Sig. معنی‌داری
Electrical conductivity رسانایی الکتریکی	Between Groups بین گروه‌ها	0.037	3	0.012	0.115	0.950
	Within Groups بین گروه‌ها	1.598	15	0.107		
	Total کل	1.635	18			
pH واکنش	Between Groups بین گروه‌ها	0.223	3	0.074	2.272	0.122
	Within Groups درون گروه‌ها	0.491	15	0.033		
	Total کل	0.714	18			
Organic carbon کربن آلی	Between Groups بین گروه‌ها	34.145	3	11.382	9.279	0.001
	Within Groups درون گروه‌ها	18.400	15	1.227		
	Total کل	52.546	18			
Nitrogen نیتروژن	Between Groups بین گروه‌ها	0.163	3	0.054	8.868	0.001
	Within Groups درون گروه‌ها	0.092	15	0.006		
	Total کل	0.255	18			
Phosphorus فسفر	Between Groups بین گروه‌ها	2447.436	3	815.812	11.467	0.000
	Within Groups درون گروه‌ها	1067.175	15	71.145		
	Total کل	3514.610	18			
Potassium پتاسیم	Between Groups بین گروه‌ها	231444.558	3	77148.186	12.374	0.000
	Within Groups درون گروه‌ها	93518.600	15	6234.573		
	Total کل	324963.158	18			

ادامه جدول ۲.

Table 2 (Continued).

Calcium carbonate equivalent کربنات کلسیم معادل	Between Groups بین گروه‌ها	875.268	3	291.756	8.123	0.002
	Within Groups درون گروه‌ها	538.768	15	35.918		
	Total کل	1414.036	18			
Bulk density چگالی ظاهری	Between Groups بین گروه‌ها	0.081	3	0.027	24.463	0.000
	Within Groups درون گروه‌ها	0.017	15	0.001		
	Total کل	0.098	18			
Clay رس	Between Groups بین گروه‌ها	437.189	3	145.730	16.240	0.000
	Within Groups درون گروه‌ها	134.600	15	8.973		
	Total کل	571.789	18			
Silt سیلت	Between Groups بین گروه‌ها	880.947	3	293.649	8.311	0.002
	Within Groups درون گروه‌ها	530.000	15	35.333		
	Total کل	1410.947	18			
Sand شن	Between Groups بین گروه‌ها	2509.526	3	836.509	19.274	0.000
	Within Groups درون گروه‌ها	651.000	15	43.400		
	Total کل	3160.526	18			

ویژگی‌های فیزیکی خاک

بافت خاک در منطقه دزفول لوم شنی، در منطقه اندیکا لوم سیلت، در منطقه لنده لوم و در منطقه نورآباد ممسنی لوم سیلت بود. درصد رس خاک در مناطق مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲). شهرستان اندیکا بیش‌ترین مقدار رس خاک (۲۴/۴ درصد) را داشت که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر مناطق بود. درحالی‌که کم‌ترین مقدار رس خاک (۱۰/۵ درصد) مربوط به توده مورد در شهرستان دزفول بود. اگرچه مناطق لنده (۱۹/۴ درصد) و نورآباد ممسنی (۱۹/۶ درصد) تفاوت معنی‌داری را به‌لحاظ مقدار رس خاک نشان نداند اما با دیگر مناطق تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳).

کم‌ترین مقدار سیلت خاک مربوط به منطقه دزفول بود و با

جدول ۳. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک در توده‌های مورد بررسی (اعداد شامل میانگین ± خطای معیار می‌باشند؛ حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین مناطق است).

Table 3. Soil chemical and physical properties in the studied stands (data are mean ± standard error; different letters representing of significant differences between the sites in each row).

	Noorabad Mamasani نورآباد ممسنی	Lendeh لنده	Andika اندیکا	Dezful دزفول
Nitrogen (%) نیتروژن	0.44± 0.11 a	0.29± 0.05 b	0.18± 0.06 c	0.31± 0.07 b
Organic carbon (%) کربن آلی	6.35± 0.71 a	4.25± 1.50 b	2.67± 0.90 c	4.50± 0.97 b
Phosphorus (mg kg^{-1}) فسفر	26.54± 6.90 a	19.83± 4.93 b	7.51± 1.80 c	11.17± 0.92 bc
Potassium (mg kg^{-1}) پتاسیم	527.40± 58.82 a	352.60± 72.68 b	302.40± 68.02 bc	223.50± 58.81 c
Calcium carbonate equivalent (%) کربنات کلسیم معادل	38.30± 7.33 ab	44.68± 6.13 a	35.24± 5.17 b	25.14± 4.70 c
pH واکنش	7.52± 0.26 a	7.33± 0.13 b	7.33± 0.16 ab	7.43± 0.08 ab
Electrical conductivity (dS m^{-1}) رسانایی الکتریکی	1.31± 0.23 a	1.21± 0.37 a	1.23± 0.35 a	1.29± 0.34 a
Clay (%) رس	19.60± 2.19 b	19.40± 4.60 b	24.40± 2.19 a	10.50± 1.90 c
Silt (%) سیلت	51.00± 5.70 a	45.80± 5.80 a	53.60± 6.76 a	35.00± 5.22 b
Sand (%) شن	29.40± 4.61 bc	34.80± 7.19 b	22.00± 7.70 c	54.50± 6.35 a
Bulk density (g cm^{-3}) چگالی ظاهری	1.19± 0.01 d	1.40± 0.04 b	1.34± 0.02 c	1.53± 0.03 a

دیگر مناطق تفاوت معنی‌داری را نشان داد. مناطق لنده، نورآباد ممسنی و اندیکا تفاوت معنی‌داری با دیگر به‌لحاظ درصد سیلت خاک نداشتند (جدول ۳).

بیش‌ترین درصد شن خاک (۵۴/۵۰ درصد) مربوط به شهرستان دزفول بود که تفاوت معنی‌داری با دیگر مناطق داشت. پس از آن، شهرستان‌های لنده (۳۴/۸۰ درصد) و نورآباد ممسنی (۲۹/۴۰ درصد) قرار داشتند. در نهایت کم‌ترین درصد شن خاک (۲۲/۰۰ درصد) مربوط شهرستان اندیکا بود که به‌طور معنی‌داری کم‌تر از دیگر مناطق بود اما با منطقه نورآباد ممسنی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

مقادیر چگالی ظاهری خاک در مناطق مورد بررسی دارای تفاوت معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیش‌ترین چگالی ظاهری خاک (۱/۵۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مربوط به منطقه دزفول بود که تفاوت معنی‌داری نسبت به دیگر مناطق نشان داد. کم‌ترین مقدار چگالی ظاهری خاک (۱/۱۹ گرم بر سانتی‌مترمکعب) مربوط به منطقه نورآباد ممسنی بود که اختلاف معنی‌داری با دیگر مناطق داشت (جدول ۳).

نتایج آنالیز چند متغیره عوامل محیطی در ارتباط با گونه مورد

نتایج PCA نشان داد که حدود ۶۳ درصد کل واریانس مربوط

جدول ۴. مقادیر ویژه، واریانس و آماره عصای شکسته مربوط به تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Table 4. Eigenvalues, variance, and Broken-Stick Eigenvalue of principal component analysis

Axis محور	Broken-Stick Eigenvalue آماره عصای شکسته	Comutative variance واریانس تجمعی	Variance واریانس	Eigenvalues مقدار ویژه
1	3.10	35.3	35.3	4.17
2	2.10	63.1	27.8	2.98

به مجموع مولفه‌های اول و دوم است. آماره عصای شکسته نیز نشان‌دهنده معنی‌دار بودن مولفه‌های اول و دوم است (جدول ۴).

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که متغیرهای چگالی ظاهری و درصد شن خاک با بخش منفی محور اول همبستگی معنی‌داری دارند. درحالی‌که مقادیر رس، سیلت و کربنات کلسیم معادل خاک با بخش مثبت محور اول همبستگی معنی‌داری دارند (جدول ۵، شکل ۲). به عبارت دیگر عوامل یادشده نقش مهم و مؤثری در رشد و گسترش درختچه مورد در مناطق دزفول، لنده و تا حدودی اندیکا دارند (شکل ۲). متغیرهای pH، رسانایی الکتریکی، نیتروژن، کربن آلی و فسفر خاک،و تراکم درختان با محور اول همبستگی معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۵). به عبارت دیگر محور اول بیش‌تر بیان‌کننده نقش ویژگی‌های فیزیکی خاک در پراکنش درختچه مورد است. از بین متغیرهای مورد بررسی، به‌ترتیب کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، و تراکم درختان با قسمت منفی محور دوم همبستگی معنی‌دار دارند (جدول ۵). به عبارت دیگر محور دوم بیش‌تر بیانگر نقش ویژگی‌های شیمیایی خاک و به‌ویژه عناصر غذایی در پراکنش درختچه مورد است.

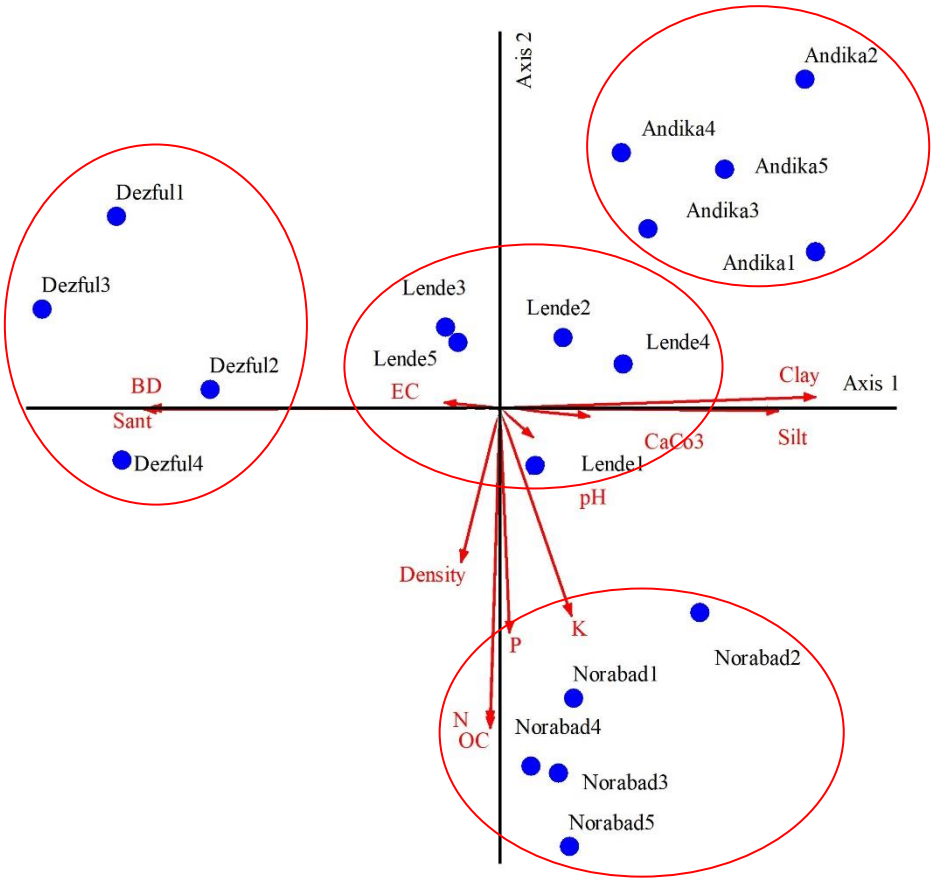
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌خوبی مناطق مورد بررسی را تفکیک کرده است. همان‌طور که در شکل (۲) مشخص شده است توده مورد در شهرستان دزفول در قسمت انتهایی سمت چپ محور اول قرار گرفته است. درحالی‌که توده‌های مورد در شهرستان‌های اندیکا و نورآباد ممسنی به‌ترتیب در سمت مثبت و منفی محور دوم قرار گرفته‌اند (شکل ۲). در نهایت توده مورد در شهرستان لنده در مرکز تقاطع محورهای اول و دوم قرار گرفته است (شکل ۲).

نتایج آزمون *t* برای مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بین توده‌های مورد و مناطق مجاور

مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بین توده‌های مورد و مناطق مجاور با آزمون *t* نشان داد که خاک توده‌های مورد نسبت به توده‌های اطراف خود حاصلخیزی بهتری دارند (جدول ۶). وضعیت تغذیه‌ای خاک در توده‌های مورد نسبت به توده‌های بلوط، زمین‌های کشاورزی و زمین‌های بایر به‌صورت معنی‌داری بهتر بود. البته مقادیر رسانایی الکتریکی، pH و کربنات کلسیم معادل خاک در توده‌های مورد و توده‌های مجاور تغییر معنی‌داری نداشتند. ولی ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل چگالی ظاهری، و درصدهای رس، سیلت و شندر توده‌های مورد نسبت به توده‌های مجاور تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۶).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که توده *M. communis* در شهرستان نورآباد ممسنی در استان فارس نسبت به بقیه مناطق مورد بررسی، از نظر وضعیت حاصلخیزی خاک شرایط مطلوب‌تری دارد و مقادیر نیتروژن، ماده آلی، فسفر و پتاسیم خاک بیش‌تری در این شهرستان نسبت دیگر مناطق وجود داشت (جدول ۳). با توجه به نتایج به‌دست آمده خاک توده‌های مورد در استان فارس نسبت به کهگیلویه و همچنین خوزستان شرایط تغذیه‌ای بهتری دارند. عناصر غذایی خاک بیش‌تر در رویشگاه نورآباد ممسنی می‌تواند به دلیل تراکم بیش‌تر درختان در این منطقه نسبت به دیگر مناطق باشد. زیرا درختان می‌توانند با لاشبرگ‌ریزی باعث تغییرات مثبت در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شوند (Eskandari et al., 2020). از طرف دیگر



شکل ۲. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مربوط به محورهای اول و دوم در مناطق مورد بررسی

Fig. 2. Principle component analysis of first and second axes in the studied sites.

گزارش شده است که تراکم درختان یک عامل بسیار مهم در مقدار کربن آلی خاک است (Zarafshar et al., 2024). در پژوهش حاضر نیز بیش‌ترین تراکم درختان مربوط به منطقه نورآباد ممسنی بود که بیش‌ترین مقدار کربن آلی خاک را نیز داشت. در پژوهش دیگری نیز تفاوت معنی‌داری بین ویژگی‌های خاک توده‌های مورد در مناطق مختلف استان ایلام مشاهده شد (Rostami and Ghorbani, 2017). با این وجود در پژوهش آن‌ها، مقدار نیتروژن خاک به‌صورت میانگین در دامنه ۰/۲۹ تا ۰/۵۳ درصد متغیر بود درحالی‌که در پژوهش حاضر میانگین درصد نیتروژن خاک برای مناطق مختلف در دامنه ۰/۱۸ تا ۰/۴۴ به‌دست آمد (جدول ۳).

عناصر غذایی خاک یکی از ارکان مهم در پراکنش گونه‌های گیاهی هستند که pH خاک نقش مهمی در آن دارد (Maleki et al., 2024). با آگاهی از آن‌ها می‌توان نقاط مستعد کشت گونه را تا حدودی مشخص کرد. pH خاک یک عامل کلیدی در استقرار می‌شد (جدول ۳). بنابراین با توجه به تقسیم‌بندی وزارت کشاورزی ایالات متحده (Burt, 2014)، pH خاک‌های مورد بررسی در محدوده خنثی تا کمی قلیایی قرار دارد. با توجه به این‌که بیش‌ترین معدنی‌شدن نیتروژن در دامنه pH ۶/۵ تا ۸ رخ می‌دهد (Neina, 2019)، می‌توان این‌گونه بیان کرد که توده‌های مورد به لحاظ pH بهترین وضعیت را برای معدنی‌شدن نیتروژن دارند. با توجه به پژوهش‌های پیشین در رابطه با توده‌های مورد در استان‌های لرستان و ایلام (Mirazadi and Pilehvar, 2014; Rostami and Ghorbani, 2017)، می‌توان این‌گونه بیان کرد که در این استان‌ها مقدار pH خاک کمی بیش‌تر از مناطق مورد بررسی در پژوهش حاضر بوده و حتی تا

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های خاک مورد بررسی در آنالیز PCA و محور اول و محور دوم

Table 5. Correlation coefficients between the studied soil properties in the PCA and axes 1 and 2

Variables متغیرها	Axis 1 محور ۱	Axis 2 محور ۲
Bulk density چگالی ظاهری	–0.964**	–0.064 ns
Sand شن	–0.957**	–0.010 ns
Clay رس	0.909**	0.169 ns
Silt سیلت	0.854**	–0.093 ns
Calcium carbonate equivalent کربنات کلسیم معادل	0.484*	–0.150 ns
Organic carbon کربن آلی	–0.160 ns	–0.912**
Nitrogen نیتروژن	–0.162 ns	–0.905**
Phosphorus فسفر	0.160 ns	–0.764**
Potassium پتاسیم	0.434 ns	–0.737**
Tree density تراکم درختان	–0.316 ns	–0.634**
Electrical conductivity رسانایی الکتریکی	–0.382 ns	0.113 ns
pH واکنش	0.292 ns	–0.273 ns

ns: همبستگی غیرمعنی‌داری، * و **: همبستگی معنی‌دار به‌ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns: non significant; * and ** significant at 5 and 1 percents.

pH حدود ۸ نیز گزارش شده است. رسانایی الکتریکی خاک به‌عنوان یکی از متغیرهای مهم در جذب مواد غذایی شناخته می‌شود به‌گونه‌ای‌که افزایش آن می‌تواند منجر به ممانعت از جذب مواد غذایی به‌دلیل افزایش فشار اسمزی محلول خاک شود (Ding et al., 2018). نتایج این پژوهش مشخص کرد که مورد گونه‌ای است که به‌شدت نیازمند خاک‌های غیرشور است. در تمام مناطق مورد بررسی، رسانایی الکتریکی خاک در دامنه ۱/۲ تا ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بود که نشان‌دهنده غیرشوربودن خاک‌ها است.

توده‌های مورد در مناطق مورد بررسی در خاک‌های شنی و غنی عناصر غذایی گسترش داشتند. در پژوهش حاضر کلاس‌های بافت خاک عموماً لوم، لوم شنی، و لوم سیلت بود، دیگرپژوهشگران در استان‌های ایلام (Rostami and Ghorbani, 2017) و لرستان (Mirazadi and Pilehvar, 2014) نیز پراکنش توده‌های مورد در خاک‌های با بافت‌های لومی و رسی، را گزارش داده‌اند. منطقه دزفول بیش‌ترین چگالی ظاهری خاک (۱/۵۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) را دارا بود که نشان‌دهنده کم‌تربودن تخلخل خاک در این منطقه نسبت به دیگر مناطق

جدول ۶. نتایج آزمون *t* برای بررسی تفاوت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در توده‌های مورد نسبت به مناطق مجاور (متغیرهای مشخص‌شده دارای تفاوت معنی‌داری بین دو گروه بودند)

Table 6. Soil physical and chemical properties in the *M. communis* and vicinity stands based on independent sample *t*-test (Bold variables are significantly different between two groups)

	t	df درجه آزادی	Sig. (2-tailed) معنی‌داری (دو طرفه)	Mean Difference تفاوت میانگین	Std. Error Difference خطای استاندارد
Electrical conductivity رسانایی الکتریکی	–1.441	36	0.159	–0.19669	0.13646
pH واکنش	–0.881	36	0.384	–0.05022	0.05698
Organic carbon کربن آلی	3.646	36	0.001	2.16189	0.59295
Nitrogen نیتروژن	3.634	36	0.001	0.15048	0.04141
Phosphorus فسفر	2.781	36	0.009	9.99768	3.59506
Potassium پتاسیم	4.519	36	0.000	172.68111	38.20979
Calcium carbonate equivalent کربنات کلسیم معادل	–1.524	36	0.137	–5.66768	3.71932
Bulk density چگالی ظاهری	–3.863	36	0.000	–0.08666	0.02243
Clay رس	3.204	36	0.003	5.42415	1.69267
Silt سیلت	5.103	36	0.000	13.77090	2.69852
Sand شن	–5.047	36	0.000	–19.19505	3.80319

است (Forogh Nasab et al., 2020). با توجه به این‌که منطقه دزفول بیش‌ترین مقدار شن خاک را داشت شاید بیشتر بودن چگالی ظاهری خاک در این منطقه مربوط به مقدار شن بیش‌تر باشد چراکه رابطه مثبت مستقیمی بین مقدار شن و چگالی ظاهری خاک وجود دارد. چگالی ظاهری خاک توده‌های مورد در استان ایلام در دامنه ۱/۱۵ تا ۱/۳۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب متغیر بود (Rostami and Ghorbani, 2017). دلیل تفاوت مقادیر چگالی ظاهری خاک در ایلام با مناطق فارس، کیکیلویه و خوزستان می‌تواند ناشی از تفاوت در بافت خاک باشد. زیرا در استان ایلام بافت خاک لوم رسی (ریزتر) بود ولی در مناطق مورد بررسی در پژوهش حاضر لوم و لوم شنی (درشت‌تر) است.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، می‌توان گفت درختچه مورد گونه‌ای است که در خاک‌های درشت‌بافت و غنی از عناصر غذایی رویش دارد که pH خاک حدود ۷/۵ را می‌طلبد. ویژگی‌های فیزیکی خاک نقش مهمی در پراکنش این‌گونه دارد که در تحلیل PCA نیز مشخص شد. دیگر پژوهشگران نیز در رابطه با برخی گونه‌ها مانند کهور ایرانی، انارشیطان و مورینگا،

ویژگی‌های فیزیکی خاک را یک عامل مهم در پراکنش آن‌ها دانسته‌اند (Keneshloo et al., 2013; Zolfaghari et al., 2017; Ebrahimi Askari et al., 2019).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌خوبی قادر به تفکیک مناطق چهارگانه مورد بررسی در سه استان بود (شکل ۲). همچنین PCA مشخص کرد که مهم‌ترین متغیرهای خاکی مؤثر بر پراکنش درختچه مورد در مناطق لنده و دزفول شامل چگالی ظاهری، و مقادیر شن، رس، سیلت و کربنات کلسیم معادل است که از بین آن‌ها چگالی ظاهری بیش‌ترین تأثیر را دارد (جدول ۵). به عبارت دیگر می‌توان گفت بافت خاک نقش مهمی در پراکنش این‌گونه دارد. اما متغیرهای کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک نقش مهم‌تری در رشد و پراکنش درختچه مورد در شهرستان نورآباد ممسنی داشته‌اند. (شکل ۲) در یافته‌های پژوهشگران دیگر نیز به اهمیت بافت و درصد نیتروژن خاک در پراکنش گونه‌های درختی اشاره شده است (Khodakarami et al., 2011; Zolfaghari et al., 2017; Ebrahimi Askari et al., 2019).

در مقایسه با توده‌های بلوط ایرانی، زمین‌های کشاورزی و همچنین زمین بایر، می‌توان این‌گونه بیان کرد که درختچه مورد باعث حاصلخیزی بیش‌تر خاک شده است. چرا که آزمون مقایسه میانگین نشان داد خاک‌های توده‌های مورد وضعیت حاصلخیزی بهتری نسبت به زمین‌های مجاور خود دارند. این مسئله می‌تواند ناشی از فرایند لاشبرگ‌ریزی و همچنین حفاظت از این توده‌ها باشد. زیرا توده‌های مورد نظر به‌عنوان ذخیره‌گاه حفاظت شده‌اند که این خود نقش مهمی در جلوگیری از تخریب و در نتیجه کاهش حاصلخیزی خاک آن‌ها دارد (Jorfi et al., 2022).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص شد که درختچه‌های مورد در خاک‌های درشت‌بافت و لومی با pH نزدیک به خنثی یا کمی قلیایی رشد بهتری دارند. همچنین به‌لحاظ ماده آلی، این گونه در خاک‌های حاصلخیز پراکنش دارد. بنابراین مهم‌ترین عوامل خاکی مؤثر بر پراکنش مورد را می‌توان به‌ترتیب چگالی ظاهری، مقادیر شن، رس، سیلت، ماده آلی، نیتروژن و فسفر خاک دانست. به عبارت دیگر در مناطقی که چنین شرایطی را داشته باشند، به همراه دیگر ملاحظات که در این پژوهش دیده نشده است، می‌توان اقدام به گسترش این‌گونه با ارزش کرد. همچنین توده‌های مورد در مقایسه با توده‌های بلوط ایرانی، زمین کشاورزی و زمین بایر حاصلخیزی بیش‌تری دارند.

تشکر و سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از حمایت‌های مالی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان در اجرای این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند. همچنین از پرسنل یگان حفاظت منابع طبیعی استان خوزستان که در اجرای این پژوهش کمک شایانی داشتند کمال تشکر را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

منابع مورد استفاده

References

1. Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition, Agronomy Monograph No. 9, ASA/SSSA, Madison, WI, pp. 363–382.
2. Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen total. In: Miller R.H., Kieney, D.R. (Eds.), Method of Soil Analysis: Part 2. Chemical and Microbiological Methods. Agronomy Monograph No. 9, ASA/SSSA, Madison, WI, pp. 595–624.
3. Burt, R., 2014. Soil Survey Staff. Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report 51 (2.0) Soil Survey Staff (ed). US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
4. Ding, X., Jiang, Y., Zhao, H., Guo, D., He, L., Liu, F., Yu, J., 2018. Electrical conductivity of nutrient solution

influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. Chinensis) in a hydroponic system. PloS One 13(8), e0202090. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202090
5. Ebrahimi Askari, A., Moradi, M., Basiri, R., Mirzaei, J., Ghasemi, A., 2019. Evaluation of soil physiochemical properties and regeneration of *Prosopis cineraria* (L.) Druce stands in southern Iran. Iran J. For. 11(2), 255–267. (In Persian with English abstract)
6. Faten Ibrahim, M., Fouad, R., El-Hallouty, S., Hendawy, S.F., Omer, E.A., Mohammed, R.S., 2021. Egyptian *Myrtus communis* L. essential oil potential role as invitro antioxidant, cytotoxic and α-amylase inhibitor. Egypt. J. Chem. 64(6), 3005–3017. https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.57354.3245
7. Forogh Nasab, M., Moradi, M., Moradi, G., Taghizadeh-Mehrjardi, R., 2020. Topsoil carbon stock and soil physicochemical properties in riparian forests and agricultural lands of southwestern Iran. Eurasian Soil Sci. 53, 1389–1395. https://doi.org/10.1134/S1064229321300013
8. Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods, Agronomy Monograph No. 9, ASA/SSSA, Madison, WI, pp. 383–411.
9. Horváth, B., Opara-Nadi, O., Beese, F., 2005. A simple method for measuring the carbonate content of soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 69(4), 1066–1068. http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2004.0010
10. Kammesheidt, L., 2000. Some autecological characteristics of early to late successional tree species in Venezuela. Acta Oecol. 21(1), 37–48. https://doi.org/10.1016/S1146-609X(00)00108-9
11. Keneshloo, H., Damizadeh, G., Achak, M.Y., 2013. Investigation on some autecology characteristics of *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori in south of Iran. Iran J. For. Poplar Res. 21(3), 481–494. https://doi.org/10.22092/IJFPR.2014.4727. (In Persian with English abstract)
12. Khodakarami, Y., Khanhasani, M., Sagheb Talebi, K., Zohrevandi, A., Poureza, M., Mashayekhi, S., 2011. The study of some ecological factors on *Acer monspesulanum* distribution in Kermanshah forests. Nat. Eco. Iran 1(4), 63–69. (In Persian with English abstract)
13. Maleki, S., Pilehvar, B., Mahmoodi, M.A., 2024. Comparison of soil organic matter in pure and mixed types of oak in North Zagros (case study: Armardeh Baneh forests). Ecol. Iran For. 12(23), 1–12. https://doi.org/10.22059/JNE.2023.366981.2609. (In Persian with English abstract)
14. Merwin, H., Peach, M., 1951. Exchangeability of soil potassium in the silt and clay fractions as influenced by the nature of the complementary exchangeable cations. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 15, 152–128.
15. Mirazadi, Z., Pilehvar, B., 2014. An explanatory investigation of relation between Myrtle "*Myrtus communis* L." site ecological factors with different essential oil composition in Lorestan province. Iran. J. For. 5(4), 399–410. (In Persian with English abstract)
16. Mohammadi, M., Mirzaei, J., Moradi, M., Naji, H.R., 2017. Soil physicochemical properties of Tamarisk (*Tamarix ramosissima* Ledeb.) sites in Ilam province. Iran. J. For. Poplar Res. 25(3), 419–430. https://doi.org/10.22092/IJFPR.2017.112876. (In Persian with English abstract)
17. Moradi, M., Imani, F., Naji, H.R., Moradi Behbahani, S., Ahmadi, M.T., 2017. Variation in soil carbon stock and nutrient content in sand dunes after afforestation by *Prosopis juliflora* in the Khuzestan province (Iran). iForest 10, 585–589. https://doi.org/10.3832/ifor2137-010
18. Moradi, M., Jorfi, M.R., Basiri, R., Yusef Naanaei, S., Heydari, M., 2022. Beneficial effects of livestock exclusion on tree regeneration, understory plant diversity, and soil properties in semiarid forests in Iran. Land Degrad. Develop. 33(2), 324–332. https://doi.org/10.1002/ldr.4154.
19. Moslemi Seyed Mahalle, S.M., Jalali, S.G., Hojjati, S.M., Kooch, Y., 2019. The effect of different forest types on soil properties and biodiversity of grassland cover and regeneration in central hyrcanian forests (Case Study: Seri-Alandan-Sari). Ecol. Iran For. 7(14), 10–21. https://doi.org/10.29252/ifej.7.14.10. (In Persian with English abstract)
20. Msimbira, L.A., Smith, D.L., 2020. The roles of plant growth promoting microbes in enhancing plant tolerance to acidity and alkalinity stresses. Front. Sustain. Food Syst. 4, 106. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00106.
21. Neina, D., 2019. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. Appl. Environ. Soil Sci. 1–9. https://doi.org/10.1155/2019/5794869.
22. Olsen, S.R., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture.
23. Parnian Kalayeh, S., Moradi, M., Sefidi, K., Basiri, R., 2020. Coarse and fine woody debris and mortality rate of Persian oak estimation in relation to some environmental factors in Zagros Oak forest (Case study: Tange Alamdar, Behbahan). Iran J. For. 11(4), 519–532. (In Persian with English abstract)
24. Rostami, A., Ghorbani, M., 2017. Habitat conditions study of *Myrtus communis* L. in forests reserves of Ilam province. J. Plant Res. (Iran J. Biol). 30(2), 367–378. https://doi.org/20.1001.1.23832592.1396.30.2.12.3. (In Persian with English abstract)
25. Skandari, F., Basiri, R., Moradi, M., 2020. Effect of *Quercus brantii* Lindl and *Cupresss sempervirens* L. var. horizontahis on soil physical and chemical properties in Kohgiluyeh and boyerahmad. J. Plant Res. (Iran J. Biol.). 33(4),

770–780. https://doi.org/20.1001.1.23832592.1399.33.4.12.8. (In Persian with English abstract)
26. Walkley, A., 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 Sci. 37(1), 29–38. http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003.
27. Zarafshar, M., Vincent, G., Korboulewsky, N., Bazot, S., 2024. The impact of stand composition and tree density on topsoil characteristics and soil microbial activities. Catena 234, 107541. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107541.
28. Zolfaghari, Z., Moradi, M., Basiri, R., Ghasemi, A., 2017. Evaluation of soil physicochemical properties of *Tecomella undulata* in Busher province. For. Wood Pro. 70(2), 273–280. https://doi.org/10.22059/JFWP.2017.62484. (In Persian with English abstract)