Iranian Journal of Soil and Water Research
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir
ISNN: 2423-7833

# Rainwater Retention as Affected by the Land Use Change in Some Soils of a Semi-Arid Region, North West of Iran

**Ali Reza Vaezi**[✉1] | **Khadijeh Sahandi**[2] | **Fereshteh Haghshenas**[3]

1. Corresponding Author, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture. University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: vaezi.alireza@gmail.com
2. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.E-mail: khadijehsahandi@gmail.com
3. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.E-mail: fereshtehh74@gmail.com

## Article Info

**Article type:** Research Article

**Article history:**

**Received:** Sep. 7, 2025

**Revised:** Dec. 13, 2025

**Accepted:** Sep. 1, 2026

**Published online:** Nov. 23, 2026

**Keywords**:
***Aggregate size,***
***Soil texture,***
***Runoff,***
***Rainfed wheat,***
***Hydraulic conductivity***.

## ABSTRACT

Water scarcity which is a major challenge for agricultural production in rainfed lands of semi-arid regions can be affected by management methods. This study was conducted to investigate the effect of land use change on soil structure and soil water- retention capacity in some semi-arid areas. The experiment was conducted in seven areas with two types of land uses (pasture and cultivated land). In total twenty-one soil samples (0-30 cm depth) were collected from study area and soil physical properties consist of particle size distribution, aggregate size and stability, bulk density, macroporosity, and hydraulic conductivity were determined in the lab. Rainwater retention was measured in erosion flumes (0.5 m × 1 m) under simulated rainfalls with 50 mm h-1 in intensity for 60 min. Based on the results, the study soils were classified seven textures including clay loam, silty clay loam, sandy clay loam, silt loam, loam, sandy loam, and loamy sand. Land use change led to the loss of soil structure properties and the reduction of rainwater retention, especially in medium-textured soils such as loam, silt loam, and sandy loam. The lowest variation in rainwater retention was in loamy sand (0.1%) and the highest value was in silt loam (5.4%). There was a significant correlation between rainwater retention and soil hydraulic conductivity (r= 0.49). This research showed that the consequence of the converting pastures to rainfed lands aren't the same in different soils. The land use change degrades soil structure and decreases soil infiltration as well as rainwater retention in semi-arid areas, particularly in the lands with medium soil textures.

Cite this article: Vaezi, A.R., Sahandi, Kh., Haghshenas, F., (2026). Rainwater Retention as Affected by the Land Use Change in Some Soils of a Semi-Arid Region, North West ofn Iran, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 57 (9), 2267-2282. https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.401933.670003
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.401933.670003

© The Author(s).

# EXTENDED ABSTRACT

**Background and purpose:**

Water retention in soil is a crucial factor for plant growth and sustainable water resource management, especially in arid and semi-arid regions. Water scarcity in soil affects strongly on crop production in vegetation ecosystems in these areas. Semi-arid regions, which are characterized by low soil productivity are susceptible to soil degradation by natural and anthropogenic factors. Land use change is one of the main anthropogenic factors driving climate change and biodiversity loss in these areas and causes modifications in ecosystem structure and function. Some pastures located on steep slopes are mostly converted to agricultural land in wetted years. Conversion of native pasture to agriculture is reported as cause of important shifts in the soil susceptibility to water erosion processes, such as decreases in soil resistance and permeability and productivity, increases in runoff production and water erosion, and loss of biodiversity. Physical and hydraulic soil properties are the most important factors that determine the soil susceptibility to water erosion processes. Little information is available on the effect of land use change on soil Properties and rainwater retention in semi-arid regions. Therefore, studies analyzing the derived impacts of land use changes on soil properties are extremely important for the conservation of soil and water in these areas.

**Materials and methods:**

The experiment was conducted in seven areas encompassing two land uses (pasture and cultivated) within a semi-arid region in Zanjan province, located in North West of Iran. The area has a semi-arid climate with an average annual precipitation of 340 mm and a mean annual temperature of 11.7 °C. Pastures which are the main land uses in the area including about 62% of the surface area have often poor vegetation cover. Soils in the area are usually calcareous with low organic matter content. Rainfed agricultural lands cover about 32% of the surface area and are mostly used for winter wheat production. Water scarcity in the soil is the most factor controlling grain production in these lands and affects steadily on crop production particularly during dry years. Soil physical properties including particle size distribution (PSD), organic matter, aggregate size, aggregate stability, bulk density, macro porosity, and saturated hydraulic conductivity, were determined in the samples. Water retention in the soils was determined in the soil erosion flume (0.6 m × 1 m) under simulated rainfalls with 50 mm h-1 for 60 min. The Tukey's test was used for analyzing the difference between the two land uses and the differences among the seven area with regarding each soil variables were analysed using the Tukey's test at 95% statistical level.

**Results**

With regarding the PSD analysis, the area's soils are classified into seven textures: clay loam, silty clay loam, sandy clay loam, silt loam, loam, sandy loam, and loamy sand. The soils have lower organic matter content ranging from 0.34% in sandy clay loam to 0.960% in silt loam. Land use change in the areas resulted in substantial variation in soil properties. The most decrease in the aggregate size (92%) and aggregate stability (83%) by the land use change was in sandy clay loam, while the most variation in bulk density, macrospores and hydraulic conductivity were in loam (35%), sandy loam (29%) and silt loam (85%), respectively. In general, the most variation by the land use change were observed in in the areas with medium soil texture (loam, silt loam and sandy loam). Significant differences were found among the areas in soil properties and water retention by the land use change ($p< 0.05$). The most loss in water retention during rainfall event was in silt loam (5.4%). Significant relationship was found between rainwater retention and soil hydraulic conductivity ($r= 0.49$, $p< 0.05$). The decrease in the soil macrospores percentage by the degradation of soil structure by the land use change in the converted pastures affected negatively on soil hydraulic conductivity as well as water retention during rainfall.

**Conclusion**

Land use change in the semi-arid pastures causes substantial variation in soil physical properties. The most loss of soil physical properties occurs in medium soil textures. Soil structure characteristics (aggregate size and stability) have the highest deterioration among the soil properties. Water retention into the soil under rainfall event is affected by the land use change. This result is associated with the loss of soil macroporosity and hydraulic conductivity. Prevention of land use change in the pasture with medium soil textures and located in steep slopes is an important strategy to conserve soil and water in these areas.

**Author Contributions**

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

**Data Availability Statement**

Data available on request from the authors.

**Acknowledgements**

This study was supported by the University of Zanjan and is acknowledged. The authors thank the Soil Science Department of the University of Zanjan for different soil physicochemical analysis.

**Ethical considerations**

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

**Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۷، شماره ۹ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

# نگهداشت آب باران تحت تأثیر تغییر کاربری زمین در برخی خاک‌های منطقه نیمه‌خشک شمال غرب کشور

علی‌رضا واعظی [۱]✉ | خدیجه سهندی [۲] | فرشته حق‌شناس [۳]

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: vaezi.alireza@znu.ac.ir
۲. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: khadijehsahandi@gmail.com
۳. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: fereshtehh74@gmail.com

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:** مقالهٔ پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۴/۶/۱۶
**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۹/۲۲
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۵/۶/۱۰
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۵/۹/۱

**واژه‌های کلیدی:**
*اندازه خاکدانه،*
*بافت خاک،*
*رواناب،*
*گندم دیم،*
*هدایت هیدرولیکی خاک*

## چکیده

کمبود آب چالش اساسی برای تولید محصولات کشاورزی در کشتزارهای دیم در منطقه نیمه‌خشک است و می‌تواند تحت تأثیر روش‌های مدیریتی باشد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تغییر کاربری زمین بر ساختمان خاک و نگهداشت آب باران در برخی عرصه‌های مناطق نیمه‌خشک استان زنجان انجام شد. آزمایش در هفت عرصه تحت دو نوع کاربری زمین (مرتع و کشتزار دیم) انجام شد. در مجموع ۲۱ نمونه خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) برای تعیین ویژگی‌های خاک و نگهداشت آب باران از عرصه‌ها برداشت شد و ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند توزیع اندازه ذرات، اندازه و پایداری خاکدانه، چگالی ظاهری، تخلخل درشت و هدایت هیدرولیکی در آزمایشگاه تعیین شدند. نگهداشت آب در فلوم‌های فرسایشی به ابعاد ۰/۵ متر در ۱ متر تحت باران‌های شبیه‌سازی شده با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت به مدت ۶۰ دقیقه اندازه‌گیری شد بر اساس نتایج، بافت خاک عرصه‌ها شامل لوم رسی، لوم رس سیلتی، لوم رس شنی، لوم سیلتی، لوم، لوم شنی و شن لومی بود. تغییر کاربری زمین، به‌ویژه در خاک‌های با بافت متوسط مانند لوم، لوم سیلتی و لوم شنی منجر به تضعیف ساختمان خاک و کاهش نگهداشت آب باران شد. کمترین تغییر نگهداشت آب باران در خاک شن لومی (۰/۱ درصد) و بیشترین آن در خاک لوم سیلتی (۵/۴ درصد) بود. همبستگی مستقیمی بین نگهداشت آب باران و هدایت هیدرولیکی خاک وجود داشت (r= ۰/۴۹). این پژوهش نشان داد که پیامدهای تغییر کاربری مراتع به کشتزارهای دیم در خاک‌های مختلف یکسان نیست. مراتعی که از خاک‌های با ساختمان نسبتاً مناسب و پایدار برخوردارند هدایت هیدرولیکی بیشتری دارند و بیشترین آسیب را در اثر تغییر کاربری به زراعت دیم می‌بینند. اثرات تغییر کاربری زمین در خاک‌های با بافت متوسط بمانند خاک لوم سیلتی بیشترین است.

استناد: واعظی؛ علی‌رضا، سهندی؛ خدیجه، حق‌شناس؛ فرشته، (۱۴۰۵) نگهداشت آب باران تحت تأثیر تغییر کاربری زمین در برخی خاک‌های منطقه نیمه‌خشک شمال غرب کشور، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۷ (۹)، ۲۲۸۲-۲۲۶۷. https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.401933.670003

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.401933.670003

## مقدمه

آب یکی از ارزشمندترین سرمایه‌های طبیعی برای انسان و گیاهان و در نتیجه برای توسعه اقتصادی–اجتماعی جوامع است (Haile and Suryabhagavan, 2019). کمبود آب شیرین، یک مشکل اساسی برای توسعه پایدار است؛ به‌طوری‌که جوامع برای تأمین نیازهای آبی برای انسان و جانداران و رفع نیازهای کشاورزی و صنعت با مشکل مواجه هستند. در نتیجه، مدیریت دقیق منابع آب شیرین امری ضروری است (Huang et al., 2019). بارندگی به‌عنوان یک پدیده اقلیمی، مستقیماً بر خشک‌سالی، تأمین آب و سیل تأثیر می‌گذارد (Tariq and Qin, 2023). تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از چالش‌های بزرگ قرن حاضر، اثرات گسترده‌ای بر سیستم‌های طبیعی و انسانی داشته است که یکی از مهم‌ترین آن‌ها تغییرات در الگوهای بارندگی است. کاهش بارندگی در دوره‌های طولانی و افزایش شدت بارش در دوره‌های کوتاه‌مدت، به‌طور مستقیم بر منابع آب تأثیر گذاشته و پیامدهای جدی برای بخش کشاورزی به همراه داشته است. کاهش بارندگی و افزایش تبخیر ناشی از افزایش دما، منجر به کاهش رطوبت خاک و کاهش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. این امر، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، خطر خشک‌سالی را افزایش داده و دسترسی به آب برای کشاورزی را محدود می‌کند. از سوی دیگر، افزایش شدت بارش‌ها، باعث افزایش رواناب سطحی و فرسایش خاک می‌شود. این امر، علاوه بر کاهش نفوذ آب به داخل خاک و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، موجب تخریب خاک و کاهش باروری آن می‌شود. در دهه گذشته، تغییرات در میانگین دما و بارندگی به‌عنوان عوامل اضافی که مانع استفاده کارآمد از آب می‌شوند، شناخته شده‌اند. انتظار می‌رود این موضوع در دهه‌های آینده بر فعالیت‌های کشاورزی از نظر شکل و مقیاس مکانی و زمانی تأثیر بگذارد (Kurukulasuriya and Rosenthal, 2003).

تأمین آب و تولید محصول به‌شدت با رواناب سطحی و فرسایش خاک مرتبط است. توانایی نفوذ آب به خاک یا نفوذپذیری خاک نقش مهمی در افزایش ذخیره و نگهداری آب خاک دارد. این ویژگی فیزیکی خاک تحت تأثیر برهمکنش طیف وسیعی از ویژگی‌های دیگر خاک مانند چگالی ظاهری، تخلخل، توزیع اندازه ذرات، مواد آلی، پایداری خاکدانه و محتوای آب است (Shi et al., 2022). محتوای رطوبتی خاک نیز با کاهش شیب هیدرولیکی میان سطح خاک و عمق خیس شدگی خاک باعث کاهش سرعت نفوذ آب به خاک می‌شود (Vaezi et al., 2018). نفوذپذیری بالای خاک باعث نفوذ مؤثر آب باران به درون خاک شده و در نتیجه، رواناب سطحی و فرسایش خاک را به شکل چشم‌گیری کاهش می‌دهد (Sheng and Dong, 2016). نفوذ آب به خاک، فرایندی حیاتی در تعدیل رواناب سطحی، کاهش فرسایش و تغذیه آب‌های زیرزمینی در مناطق نیمه‌خشک است. تغییرات ساختمان خاک در این مناطق، به‌طور مستقیم بر این فرایندها و درنتیجه بر کیفیت محیط‌زیست تأثیرگذار است(Jia et al., 2024). در چنین مناطقی، به دلیل عواملی همچون بارندگی کم، تبخیر شدید و پوشش گیاهی اندک، میزان نگهداشت آب در خاک پایین است. نفوذ باران برای تأمین نیاز آبی گیاه، بهبود پوشش گیاهی، کاهش تخریب زمین و تغذیه آب‌های زیرزمینی اثر می‌گذارد (Cui et al., 2019). نفوذ آب باران در کنار ویژگی‌های باران مانند شدت و مدت تحت تأثیر عوامل زمینی مانند شیب، پوشش گیاهی و نوع خاک قرار می‌گیرد. مطالعات Jia et al., (2024) بر روی تأثیر عوامل مختلف بر میزان نفوذ آب در منطقه کوهستانی آسیای مرتفع نشان داد که شیب زمین، پوشش گیاهی، ویژگی‌های فیزیکی خاک بر میزان نفوذ آب اثرگذار هستند. شیب تند باعث کاهش نفوذ آب می‌شود، درحالی‌که پوشش گیاهی درختچه‌ای و درختی به افزایش نفوذ آب کمک می‌کند. افزایش تخلخل خاک و کربن آلی نیز به بهبود نفوذ آب کمک می‌کند. تحقیقات انجام شده توسط Flammini et al., (2022) نشان دادند که با افزایش شیب سطح زمین، ظرفیت نفوذ آب به خاک کاهش می‌یابد و رواناب سطحی افزایش می‌یابد. Liu et al., (2011) دریافتند که شدت بارش و تأثیر قطرات باران موجب فشردگی و تشکیل سله سطحی در خاک شده و نفوذ را به طور معناداری محدود می‌سازد. همچنین یافته‌های Beiranvand et al., (2025) نشان داد که افزایش پوشش گیاهی (بیش از ۶۵ درصد) در اراضی، به‌طور قابل توجهی رواناب سطحی را کاهش داده و نفوذ آب در خاک را افزایش می‌دهد.

رشد جمعیت و نیاز فزاینده به مواد غذایی باعث گسترش سطح اراضی کشاورزی از طریق تغییر کاربری مراتع و جنگل‌ها شده است. در اغلب موارد تغییر کاربری زمین با تخریب ویژگی‌های خاک و افت باروری آن همراه بوده است (Safaei et al., 2019). تغییر کاربری زمین، به‌ویژه تبدیل اراضی طبیعی مانند مراتع به اراضی کشاورزی، اثرات قابل‌توجهی بر رژیم هیدرولوژیکی این مناطق اعمال می‌کند (Kuule et al., 2022). عملیات کشاورزی همچون شخم که با هدف آماده‌سازی زمین برای کشت انجام می‌شود، باعث تخریب ساختمان خاک، افزایش چگالی ظاهری خاک و کاهش تخلخل درشت آن می‌شود. این تغییرات، نفوذپذیری خاک را کاهش داده و حساسیت خاک به فرسایش آبی را افزایش می‌دهند. همچنین، حذف پوشش گیاهی طبیعی که به‌عنوان یک سپر محافظتی عمل می‌کند، منجر به افزایش

برخورد قطرات باران به سطح خاک و درنتیجه تشدید تولید رواناب سطحی می‌شود. علاوه بر این، از دست رفتن پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق را افزایش داده، منجر به کاهش رطوبت خاک می‌شود. از سوی دیگر، شخم‌زنی مکرر و مدیریت نامناسب خاک می‌تواند به تشکیل خاکدانه‌های آب‌گریز منجر شود که ظرفیت نگهداری آب خاک را کاهش داده و رواناب سطحی را تشدید می‌کند (Patiño-Gutiérrez et al., 2024).

تأثیر تغییر کاربری زمین‌بر نگهداشت آب باران در خاک موضوعی مهم در زیست‌بوم‌های گیاهی از جمله در مناطق نیمه‌خشک است. نگهداشت آب باران که توانایی خاک را در نگهداری آب نشان می‌دهد به ویژگی‌های مختلف خاک به‌ویژه توزیع اندازه ذرات و ساختمان آن مرتبط است. روش‌های مدیریتی مانند نوع کشت با تأثیر بر ویژگی‌های ساختمانی خاک بر نفوذ آب و نگهداشت آب باران اثر می‌گذارند (Alagele et al., 2020). Peng et al., (2024) در پژوهشی به بررسی ویژگی‌های فیزیکی خاک و نقش آن‌ها در فرآیند نفوذ آب در جنگل‌های مختلف پرداختند. نتایج نشان داد که تخلخل کل، چگالی ظاهری، اندازه و شکل منافذ، میزان ماده آلی و ساختمان خاک به شکل مستقیم بر نرخ نفوذ آب تأثیرگذارند. همچنین دریافتندکه افزایش تخلخل و کاهش چگالی ظاهری خاک به طور قابل‌توجهی ظرفیت نفوذ و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را افزایش می‌دهد. Wang et al., (2024) اثر ویژگی‌های فیزیکی خاک بر میزان نفوذ آب در جنگل‌های کاج، بلوط و بامبو را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که نرخ نفوذ آب در جنگل‌های کاج بیشتر از بلوط و بامبو است. همچنین، تخلخل کل خاک، ظرفیت نگهداری آب و محتوای اولیه آب خاک به‌طور مثبت و چگالی ظاهری خاک به‌طور منفی با میزان نفوذ آب مرتبط هستند. تحلیل‌ها نشان داد که تخلخل کل خاک مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده نفوذ آب است.Mohammadi et al., (2020) با تحلیل داده‌های سنجش از دور در مناطق شهری نشان داد که افزایش ساخت‌وساز شهری، کاهش چشمگیر پوشش گیاهی سنتی را به دنبال داشته و همین امر منجر به کاهش میزان نفوذپذیری و نگهداشت آب باران در خاک‌ها شده است.Chalise et al., (2019) بر روی تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و پوشش گیاهی سبز بر ویژگی خاک و عملکرد محصول سویا انجام گردید. نتایج نشان داد که برگرداندن بقایای گیاهی به خاک و کاشت گیاهان پوششی می‌تواند منجر به کاهش چگالی ظاهری خاک، افزایش ماده آلی خاک و بهبود نفوذپذیری آب و افزایش عملکرد محصولات زراعی کمک کند. Kiani-Harchegani et al., (2019) در مطالعه‌ای تأثیر انواع کاربری زمین شامل مزارع آبی، مزارع دیم، مراتع و باغات را بر ویژگی‌های خاک در حوضه شازند بررسی کردند. نتایج نشان داد که نرخ نگهداشت آب خاک، تخلخل و کیفیت خاک تحت تأثیر مستقیم نوع کاربری قرار دارد. در این پژوهش مشخص شد مزارع آبی و باغات ظرفیت نگهداری آب باران بالاتری نسبت به مراتع دارند. در پژوهشی de Almeida et al. (2018) نشان دادند که نوع پوشش گیاهی و روش کشت، نقش بسیار مهمی در حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از رواناب سطحی دارند. همچنین وجود پوشش گیاهی، به‌خصوص درروش کشت مستقیم، باعث می‌شود آب باران به راحتی‌تر وارد خاک شود و درنتیجه، رطوبت خاک افزایش یابد. Zarinabadi and Vaezi, (2016) نقش تغییر کاربری زمین و جهت شخم را بر تولید رواناب و هدر رفت خاک در مراتع با پوشش گیاهی ضعیف در شمال غرب ایران بررسی کردند. نتایج نشان داد که تبدیل کاربری مرتع به زراعت گندم دیم منجر به افزایش ۱۳ برابری رواناب و ۶۰ برابری هدر رفت خاک شده بود.

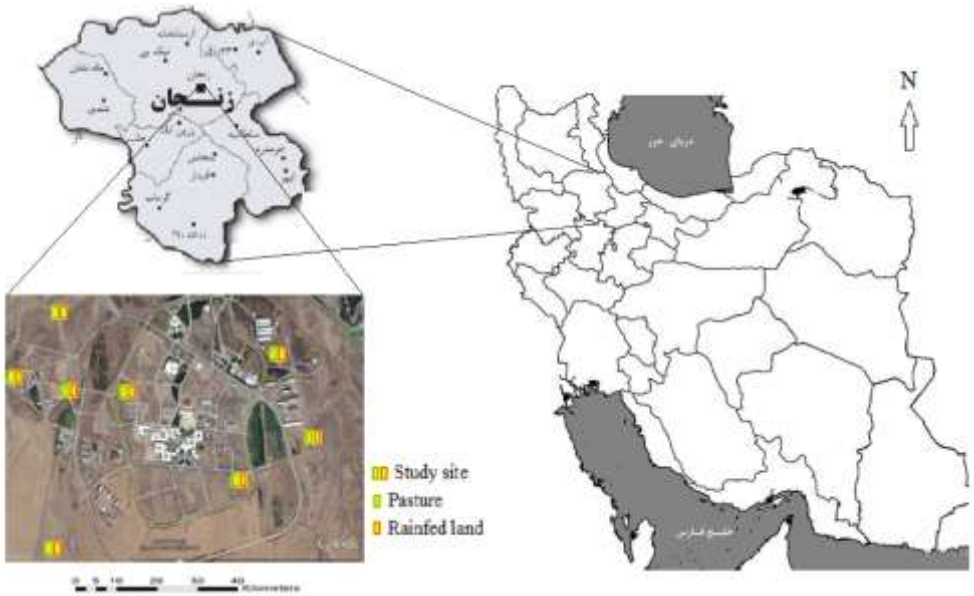
نواحی نیمه‌خشک ایران با متوسط بارندگی سالانه بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر، ازجمله مناطق با محدودیت منابع آبی به شمار می‌آیند. در این مناطق، کمبود و توزیع نامناسب بارندگی و در نتیجه ضعف پوشش گیاهی منجر به شکل‌گیری خاک‌هایی با ساختمان ضعیف شده است. در این شرایط به دلیل تشکیل پوسته‌های سخت سطحی، نفوذپذیری خاک سریعاً کاهش می‌یابد و زمینه برای تشکیل رواناب فراهم می‌شود (Rhoades, 1982). در این مناطق، پوشش گیاهی غالباً به‌صورت مراتع متوسط و ضعیف است. تغییر کاربری این عرصه‌ها در زمان‌های ترسالی یکی از مشکلات اساسی در این مناطق است. اراضی تغییر کاربری یافته معمولاً تحت کشت محصولات به‌صورت دیم قرار می‌گیرند. با این حال کشت دیم غلاتی مانند گندم به دلیل کمبود بارندگی، با چالش‌های جدی مواجه است. آگاهی از چگونگی تأثیر تغییر کاربری زمین بر ویژگی‌های خاک در این مناطق برای اتخاذ راه‌کارهای مدیریتی جهت بهبود ذخیره رطوبتی خاک ضروری است (Piri Moghadam and Vaezi, 2019). ازاین‌رو این پژوهش باهدف بررسی اثر تغییر کاربری زمین بر ویژگی‌های خاک و نگهداشت آب باران در برخی اراضی مرتعی تحت تغییر کاربری به کشتزار دیم انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد بررسی

منطقه مطالعاتی بخشی از خاک‌های منطقه نیمه‌خشک استان زنجان واقع در شمال غرب ایران بود. این منطقه با وسعت ۲۲،۱۶۴

کیلومترمربع در طول بین شمال غرب کشور بین عرض‌های جغرافیایی "۰۱'۴۱ °۳۶ تا "۰۳ '۴۱ °۳۶ و بین طول‌های جغرافیایی"۴۹'۲۴ °۴۸ تا "۵۲ '۲۴ °۴۸ شرقی قرار گرفته است. این استان از اقلیم نیمه‌خشک با متوسط بارندگی سالانه ۳۴۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۱/۷ درجه سلسیوس برخوردار است. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک‌های منطقه به ترتیب زریک و مزیک است. بیشتر خاک‌ها بر اساس روش طبقه‌بندی خاک آمریکا (USDA) در زیررده کلسی زرپت قرار می‌گیرند (Vaezi et al., 2017). این منطقه پستی‌وبلندی‌های زیادی دارد و بیشترین وسعت آن را مناطق کوهستانی و تپه‌ماهورها فراگرفته است (Abdinejad et al., 2018). کمبود بارندگی و پراکنش غیریکنواخت آن طی سال، منجر به تشکیل پوشش گیاهی مرتعی پراکنده و غیردائمی شده است.خاک‌های منطقه عموماً دارای بافت سنگین و نیمرخ توسعه‌نیافته بوده و از نظر مواد آلی بسیار فقیر هستند (کمتر از ۱٪). ساختمان ضعیف خاک‌ها و میزان بالای حساسیت آن‌ها به عوامل تخریبی فیزیکی در اثر ضربه قطرات باران و عملیات خاک‌ورزی، این منطقه را مستعد فرسایش و تخریب خاک قرار می‌دهد (Vaezi et al., 2025). هفت عرصه که در هرکدام کاربری مرتع و کشتزار دیم یک‌جا بودند و تغییر کاربری در طی ۲۵ سال گذشته داشته‌اند در سطح منطقه شناسایی شد. در هر عرصه، نمونه‌های خاک از دو کاربری زمین (مرتع و کشتزار دیم) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برداشت شدند تا تأثیر تفاوت نوع کاربری زمین بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و نگهداشت آب باران مورد بررسی قرار گیرد. انتخاب این عمق از خاک به دلیل گسترش ریشه گیاهان مرتعی و نیز گیاهان زراعی (گندم دیم) در آن بود. نمونه‌های دست‌خورده از الک ۲ میلی‌متر گذرانده شده، برای اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات اولیه و ماده آلی و نمونه‌های دست‌نخورده برای تعیین ویژگی‌های ساختمانی، چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع به‌طور جداگانه برداشت شدند.




**شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه در استان زنجان، شمال غربی ایران.**

**تعیین ویژگی‌های خاک‌ها**

برای اندازه‌گیری متوسط اندازه خاکدانه‌ها در هر خاک، نمونه‌ای از خاک با جرم معین از سری الک‌های ۵/۶، ۲، ۱/۱۸، ۰/۶، ۰/۲۵ و ۰/۱۵ میلی‌متر عبور داده شد و بر اساس روش میانگین‌گیری وزنی، متوسط اندازه خاکدانه‌ها برای هر خاک با استفاده از رابطه زیر حساب شد:

$$MWD_{Ag.} = \sum_{i=1}^{n} w_i . \bar{x}_i$$ رابطهٔ ۱)

که در آن: $MWD_{Ag.}$ اندازه خاکدانه (میلی‌متر)، $w_i$ جرم نسبی خاکدانه‌ها روی الک i ام و $\bar{x}_i$ میانگین قطر خاکدانه‌ها (میلی‌متر) است. برای تعیین پایداری خاکدانه‌ها از روش الک تر استفاده شد. برای این منظور، ابتدا ۱۰۰ گرم خاکدانه با قطر ۵/۶ تا ۸ میلی‌متر جدا شدند؛ و در محفظه آب مقطر از سری الک‌های ۵/۶، ۲، ۱/۱۸، ۰/۶، ۰/۲۵ و ۰/۱۵ میلی‌متر عبور داده شدند. درنهایت با استفاده از روابط (۲) و (۳)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت (MWDwet) برحسب میلی‌متر از رابطه زیر محاسبه شد (Kemper and Rosenau, 1986):

$$MWD_{wet} = \sum_{i=1}^{n} w_i . \bar{x}_i$$ رابطهٔ ۲)

$$100.=\frac{w_i\ (a+s)-\ w_i\ (s)}{\sum_{i=1}^{n} w_i\ (a+s)-\sum_{i=1}^{n} w_i\ (s)}\ w_i$$ رابطهٔ ۳)

که در آن: Wi(a+s) جرم خاک باقی‌مانده روی هر الک برحسب گرم، $W_i(s)$ جرم شن روی هر الک و $X_i$ میانگین قطر خاکدانه‌ها روی هر الک برحسب میلی‌متر است.

در پیرامون نقاط نمونه‌برداری خاک، نمونه خاک دست‌نخورده به‌وسیله سیلندر فلزی (به قطر ۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ سانتی‌متر) برداشته شد و چگالی ظاهری خاک از نسبت جرم خشک به حجم نمونه تعیین شد (Blake and Hartge, 1986). تخلخل درشت خاک (بزرگ‌تر از ۳۰ میکرون) با استفاده از رابطه‌ی زیر به دست آمد (Alakukku, 1996):

تخلخل درشت = رطوبت اشباع - رطوبت ظرفیت مزرعه (مکش ۳۳ کیلو پاسکال) رابطهٔ ۴)

هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌ها به روش بار ثابت (McKenzie et al., 2002) محاسبه شد. برای این منظور ستونی از خاک دست نخورده به ارتفاع ۱۲ سانتیمتر و قطر ۷ سانتیمتر با استفاده از استوانه فلزی برداشت شد و تحت ستونی از آب با ارتفاع ثابت ۸ سانتی‌متر و قطر ۷سانتی‌متر قرار گرفت. زمانی که شدت نفوذ آب به خاک در ستون به مقدار ثابت رسید به‌عنوان هدایت هیدرولیکی اشباع در نظر گرفته شد.

**تعیین تغییرات ویژگی‌های فیزیکی**

ویژگی‌های فیزیکی خاک (اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه، چگالی ظاهری، تخلخل درشت و هدایت هیدرولیکی اشباع) در نمونه‌های خاک هر عرصه که شامل دو کاربری زمین (۱- مرتع و ۲- کشتزار دیم گندم) بود، اندازه‌گیری شدند. با مقایسه مقدار هر متغیر در دو کاربری زمین، میزان تغییرات (افزایش یا کاهش) ویژگی‌های فیزیکی خاک و نگهداشت آب باران با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\Delta A=\frac{A_2-A_1}{A_1}\times 100$$ رابطهٔ ۵)

که در آن: $A_1$ مقدار ویژگی خاک در مرتع (برحسب درصد) و $A_2$ مقدار ویژگی در کشتزار دیم و $\Delta A$ میزان تغییر آن ویژگی است.

**اندازه‌گیری نگهداشت آب باران**

برای اندازه‌گیری نگهداشت آب باران، نمونه‌های خاک درون فلوم ریخته شده و تحت باران شبیه‌سازی شده قرار گرفتند. برای این منظور از یک دستگاه شبیه‌ساز باران به ارتفاع ۳ متر و ابعاد ۱ متر در ۱/۵ متر و فلوم‌هایی به ابعاد ۶۰ سانتیمتر در ۱۰۰ سانتی‌متر استفاده شد. ابتدا مقدار خاک مورد نیاز برای پر کردن فلوم تا ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر محاسبه و درون فلوم ریخته شد. در هر فلوم سه شیار به ابعاد ۲۰ سانتی‌متر در ۱۰۰ سانتی‌متر با عمق ۵ سانتی‌متر مشابه با شیارهای کشت دیم ایجاد شدند. پیش از اعمال باران، سطح خاک‌ها با گونی نخی پوشانده شد و با آبیاری مقدار رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. این کار در دو مرحله برای تثبیت شرایط ساختمانی خاک و یکنواختی رطوبت خاک انجام گرفت. سپس خاک درون فلوم در معرض بارانی با شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت به مدت ۶۰ دقیقه قرار گرفت. چنین بارانی به عنوان باران فرساینده در منطقه بوده که در اوایل بهار احتمال وقوع آن در منطقه هست. نتایج پیش آزمایش با استفاده از باران‌های با شدت پایین نشان داد که چنین باران‌هایی با وجود تخریب ساختمان خاک منجر به رواناب نمی‌شوند. از زمان آغاز رواناب در هر خاک، مقدار رواناب به‌طور پیوسته درون ظروف مدرج جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد (Han et al., 2019). مقدار نگهداشت آب باران، از تفاوت مقدار باران و مقدار رواناب به دست آمد. با مقایسه مقدار نگهداشت آب باران میان دو کاربری زمین (رابطه ۵)، میزان تغییر نگهداشت آب باران به دست آمد.

**تجزیه و تحلیل داده‌ها**

به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو- ویلک (Shapiro and Wilk, 1965) استفاده شد. برای مقایسه بین خاک‌ها از نظر ویژگی‌های فیزیکی و نگهداشت آب باران از روش تجزیه واریانس استفاده شد. جهت مقایسه بین دو شرایط کاربری زمین (مرتع و کشتزار دیم) از نظر تخریب ساختمان و نیز نگهداشت آب باران از آزمون t نمونه‌های جفتی استفاده شد. برای مقایسه میان هفت عرصه با خاک مختلف از نظر تغییرات ویژگی‌های خاک و نگهداشت آب باران از روش تجزیه واریانس با آزمون توکی استفاده شد. برای بررسی وابستگی نگهداشت آب باران به تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک در اثر تغییر کاربری زمین از روش ماتریس همبستگی استفاده شد. از برنامه Excel نسخه ۲۰۱۰ برای رسم نمودارها و از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ برای تحلیل‌های آماری استفاده شد.



**شکل ۲- جمع‌آوری رواناب به منظور تعیین نگهداشت آب باران**

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های خاک‌ها

نتایج تعیین ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است. چگالی ظاهری خاک‌ها به‌شدت تحت تأثیر توزیع اندازه ذرات معدنی بود؛ به‌طوری که کمترین و بیشترین مقدار آن به‌ترتیب در خاک لوم رسی (۱/۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و لوم شنی (۱/۴۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود. خاک لوم سیلتی از بیشترین اندازه خاکدانه (۲/۵۳ میلی‌متر) و پایداری خاکدانه (۰/۹۸ میلی‌متر) برخوردار است. تشکیل ساختمان و پایداری آن در خاک‌های منطقه به‌نوبه خود تحت تأثیر مقدار ماده آلی است به‌طوری که خاک‌هایی مانند لوم رسی و لوم شنی از خاکدانه‌های ریز (۱/۰۷ و ۰/۸ میلی‌متر) و ناپایدار (۰/۵۲ و ۰/۹۲ میلی‌متر) برخوردارند. تخلخل درشت در خاک‌های درشت‌بافت مانند شن لومی (۳۴ درصد) و لوم شنی (۳۲ درصد) بیشتر از خاک‌های ریزبافت مانند لوم رسی (۲۴ درصد) و لوم رس سیلتی (۲۳ درصد) است. هدایت هیدرولیکی اشباع تحت تأثیر هم‌زمان توزیع اندازه ذرات و ساختمان است و مقدار آن در خاک‌های با بافت نسبتاً درشت مانند لوم شنی (۱۳/۹ سانتی‌متر بر ساعت) و خاک‌های با ماده آلی بیشتر و ساختمان مناسب‌تر مانند لوم سیلتی (۱۰/۲ سانتی‌متر بر ساعت) بیشتر است. وجود بافت درشت‌دانه از یک‌سو و خاکدانه‌های درشت از سوی دیگر می‌تواند نقش مهمی در افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش تولید رواناب ایفا کند. تحقیقات نشان می‌دهد که بافت و ساختمان خاک نقش بسیار مهمی در نفوذ آب و تولید رواناب دارند. خاک‌های با بافت درشت و با خاکدانه‌های بزرگ، به‌واسطه افزایش نفوذ آب، رواناب کمتری دارند (Vaezi and Haghani, 2021).

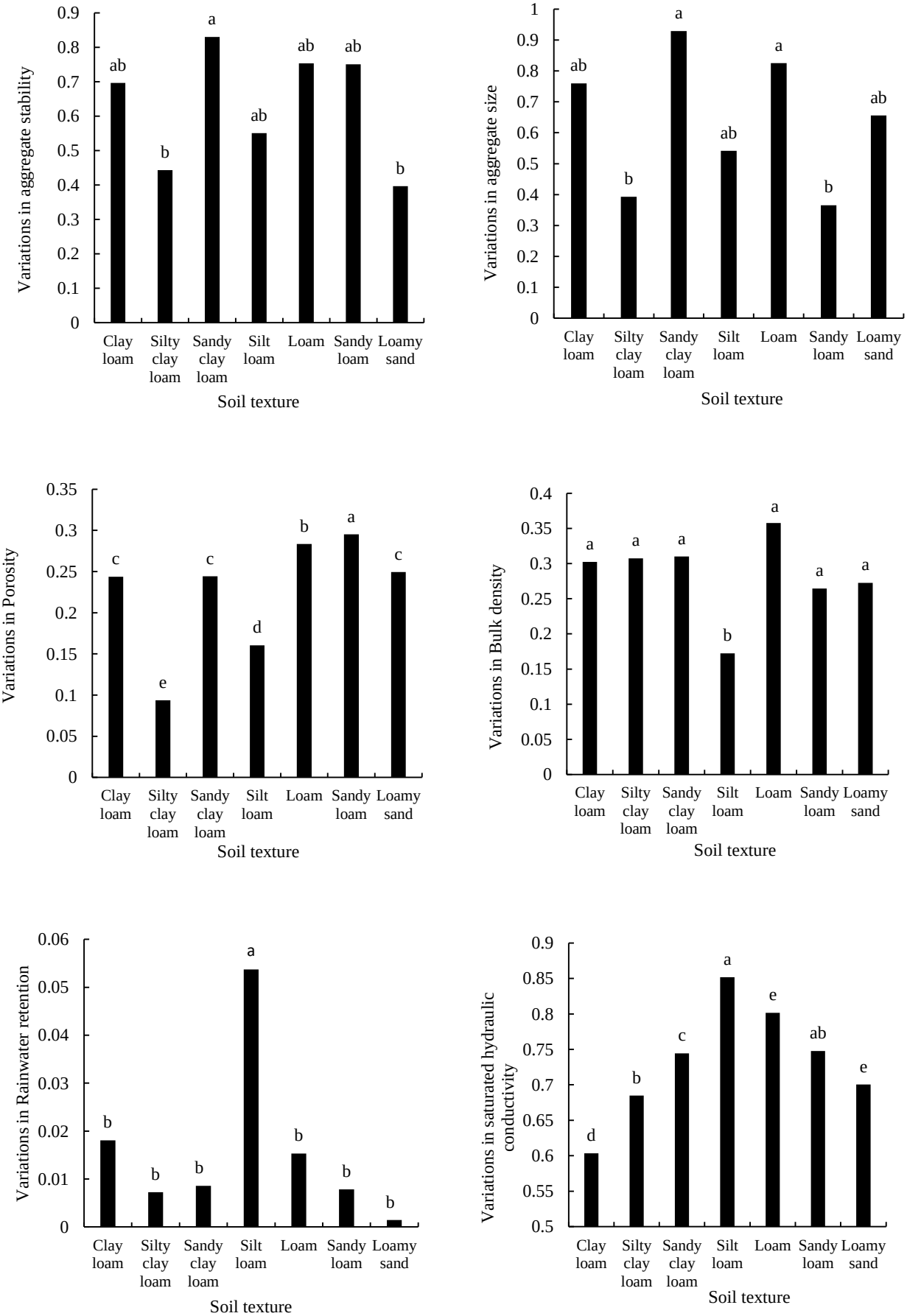
**جدول ۱-ویژگی‌های فیزیکی خاک کشتزارها**

| Soil characteristics | Soil texture | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Clay loam | Silty clay loam | Sandy clay loam | Silt loam | loam | Sandy loam | Loamy sand |
| Sand(٪) | ۲۶/۸۸ | ۱۹/۰۱ | ۵۵/۰۰ | ۳۳/۹۰ | ۴۵/۷۲ | ۶۷/۱۷ | ۷۵/۰۰ |
| Silt(٪) | ۳۵/۶۰ | ۴۳/۴۸ | ۲۲/۵۰ | ۵۳/۶۰ | ۳۶/۷۷ | ۲۵/۳۲ | ۱۷/۵۰ |
| Clay (٪) | ۳۷/۵۰ | ۳۷/۵۰ | ۲۲/۵۰ | ۱۲/۵۰ | ۱۷/۵۰ | ۷/۵۰ | ۷/۵۰ |
| Organic matter(٪) | ۰/۴۴ | ۰/۳۳ | ۰/۳۴ | ۰/۹۶ | ۰/۵۸ | ۰/۸۱ | ۰/۷۳ |
| Bulk density ($g.cm^3$) | ۱/۱۷ | ۱/۲۳ | ۱/۲۹ | ۱/۲۸ | ۱/۲۰ | ۱/۴۰ | ۱/۲۹ |
| Aggregate size (mm) | ۱/۰۷ | ۱/۵۴ | ۲/۴۳ | ۲/۵۳ | ۲/۲۲ | ۰/۸۰ | ۱/۶۸ |
| Aggregate stability (mm) | ۰/۵۲ | ۰/۴۴ | ۰/۹۷ | ۰/۹۸ | ۰/۹۷ | ۰/۹۲ | ۰/۷۶ |
| Porosity (٪) | ۲۴/۰۰ | ۲۳/۰۰ | ۳۱/۰۰ | ۳۰/۰۰ | ۳۱/۰۰ | ۳۲/۰۰ | ۳۴/۰۰ |
| Saturated hydraulic conductivity (cm/h) | ۵/۳۴ | ۶/۴۸ | ۸/۲۲ | ۱۰/۲۰ | ۲/۸۲ | ۱۳/۸۶ | ۳/۲۴ |

### تغییرات ویژگی‌های فیزیکی

تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون t نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری در هر یک از عرصه‌ها (کلاس‌های بافت خاک) میان دو کاربری زمین (مرتع و کشتزار دیم) از نظر اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه، چگالی ظاهری، تخلخل درشت و هدایت هیدرولیکی وجود دارد. نتایج حاصل از بررسی میانگین تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها پس از تغییر کاربری زمین در عرصه‌های مورد بررسی در شکل (۳) نشان داده شده است. مقایسه‌های میانگین داده‌ها نشان داد که کلاس‌های بافت خاک در گروه‌های مختلف آماری از نظر میزان تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک و نگهداشت آب باران قرار می‌گیرند. بیشترین تغییرات اندازه خاکدانه (۹۲ درصد) در اثر تغییر کاربری زمین، در خاک لوم رس شنی بود. با این حال با خاک‌های لوم، لوم رسی، شن لومی و لوم سیلتی در یک گروه آماری قرار دارند؛ در حالی که کمترین تفاوت‌ها در خاک لوم شنی (۳۶ درصد) و لوم رس سیلتی (۳۹ درصد) بود. بیشترین تغییرات پایداری خاکدانه (۸۳ درصد) در اثر تغییر کاربری زمین نیز در خاک لوم رس شنی بود. همچنین بیشترین تغییرات ویژگی‌های دیگر خاک شامل چگالی ظاهری، تخلخل درشت و هدایت هیدرولیکی اشباع به ترتیب در خاک لوم (۳۵ درصد)، لوم شنی (۲۹ درصد) و لوم سیلتی (۸۵ درصد) بود. این نتایج نشان می‌دهد که خاک‌های بافت متوسط (لوم، لوم سیلتی و لوم شنی) بیشترین تخریب ساختمان و تغییر ویژگی‌های فیزیکی را در اثر تغییر کاربری زمین (از مرتع به زراعت) نشان دادند. این نتایج نشان می‌دهد که تغییر کاربری زمین از مرتع به زراعت دیم، موجب تغییرات قابل توجهی در بیشتر ویژگی‌های فیزیکی خاک شده است. کاهش اندازه و پایداری خاکدانه‌ها پس از تغییر کاربری، در خاک‌های با بافت متوسط مانند لوم، لوم سیلتی و لوم شنی بیشتر بوده و افت کیفیت ساختمان خاک در این بافت‌ها مشهودتر است، این نتایج با یافته‌های مطالعات Safaei et al., (2019) نیز همخوانی دارد که تأکید می‌کنند تغییر کاربری مراتع به زراعت دیم موجب افت بارز در پایداری، اندازه خاکدانه، تخلخل و ظرفیت نگهداری آب خاک می‌شود.

نگهداشت آب باران در خاک‌ها نیز ویژگی مهم دیگری بود که تحت تأثیر تغییر کاربری زمین قرار گرفت. نتایج مقایسه‌های میانگین نشان داد که تفاوت‌های اساسی میان خاک‌ها از این نظر وجود دارد. خاک شن لومی کمترین مقدار تغییرات نگهداشت آب باران در اثر تغییر کاربری زمین (۰/۰۰۱ درصد) برخوردار بود و از این نظر تفاوتی با خاک‌های دیگر به‌جز خاک لوم سیلتی نداشت. خاک لوم سیلتی بیشترین مقدار تغییرات نگهداشت آب باران (۰/۰۵۴ درصد) داشت. یکی از مهم‌ترین اثرات تغییر کاربری زمین، خرد شدن خاکدانه‌ها و کاهش اندازه آن‌ها در اثر عملیات خاک‌ورزی است. این کار باعث کاهش پایداری ساختمان خاک و در نتیجه مقاومت خاک در برابر فرسایش می‌شود. با کوچک‌تر شدن اندازه خاکدانه‌ها و در نتیجه اندازه منافذ خاک، سرعت نفوذ آب به خاک کاهش‌یافته و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک کاهش پیدا می‌کند. کاهش نفوذپذیری خاک به‌نوبه خود موجب افزایش رواناب سطحی و در نهایت منجر به کاهش ذخیره آب در خاک می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که تغییر کاربری زمین بر ویژگی‌های خاک اثر می‌گذارد. این عامل مدیریتی می‌تواند منجر به کاهش کیفیت خاک و افزایش تخریب خاک شود (Abdolmohammadi et al., 2019). بررسی‌ها نشان داد که تغییر کاربری زمین به‌طور چشمگیری بر سطح آب‌های زیرزمینی اثر می‌گذارد، به‌طوری‌که تبدیل مراتع به کشاورزی دیم منجر به افزایش ۳۶ درصدی متوسط جریان و کاهش ذخیره آب زیرزمینی می‌شود (Ziaei et al., 2021). علاوه بر این، Saha and Kukal (2015) نتایج نشان دادند که تبدیل جنگل‌ها و مراتع به زمین‌های کشاورزی منجر به کاهش پایداری خاکدانه، اندازه خاکدانه، افزایش چگالی ظاهری، کاهش تخلخل و کاهش ظرفیت نگهداری آب می‌شود. مطالعه Eze et al., (2020) دریافتند که روش‌های مدیریت حفاظتی خاک، از جمله کاهش خاک‌ورزی، می‌تواند به‌طور چشمگیری ساختمان خاک را بهبود بخشیده، نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب را افزایش دهد و در نتیجه، مقاومت خاک در برابر خشک‌سالی را بهبود بخشد. Wang et al., (2020) نیز نشان دادند که استفاده از روش‌های بدون خاک‌ورزی و شخم زیرسطحی ذخیره آب خاک را افزایش داده و به بهبود عملکرد محصول و راندمان مصرف آب کمک می‌کند.




شکل ۳- میانگین تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها و نگهداشت آب باران در اثر تغییر کاربری زمین در کشتزارهای دیم.

**وابستگی نگهداشت آب باران به تغییرات فیزیکی خاک**

نتایج بررسی وابستگی نگهداشت آب باران به تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک در اثر تغییر کاربری زمین با استفاده از روش ماتریس همبستگی نشان داد که بین تغییرات پایداری خاکدانه و اندازه ساختمان خاک در اثر تغییر کاربری زمین همبستگی قوی وجود دارد ($p<۰/۰۱$ و $r=۰/۶۴$)؛ به عبارت دیگر، خاکدانه‌های درشت‌تر از پایداری بیشتری در آب برخوردارند. تخریب ساختمان خاک در اثر تغییر کاربری زمین باعث خرد شدن خاکدانه‌ها و در نتیجه کاهش مقاومت آن‌ها در برابر قطرات باران می‌شود. این امر موجب کاهش تخلخل درشت و افزایش تراکم خاک می‌شود. کاهش تخلخل درشت خاک در اثر تغییر کاربری زمین منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی خاک شد؛ به طوری که همبستگی منفی میان این دو ویژگی فیزیکی خاک وجود داشت ($p<۰/۰۵$ و $r= -۰/۴۴$). کاهش هدایت هیدرولیکی خاک، افت نفوذ آب باران در خاک را به دنبال دارد (جدول ۲). در نتیجه، بخش عمده‌ای از بارندگی به صورت رواناب سطحی از دست رفته، نگهداشت آب باران کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد میان نگهداشت آب باران و هدایت هیدرولیکی خاک رابطه‌ای مستقیم وجود دارد ($p<۰/۰۵$ و $r=۰/۴۹$)؛ بنابراین، تخریب ساختمان خاک به واسطه کاهش اندازه خاکدانه‌ها و پایداری آن‌ها منجر به افت کیفیت فیزیکی خاک و نگهداشت آب باران در کشتزارهای دیم می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که تغییر کاربری زمین اثر قابل توجهی بر ساختمان خاک و قابلیت نگهداری آب دارد. Ziaei et al., (2021) نشان دادند که تغییر کاربری از مرتع به زراعت دیم، باعث افزایش رواناب سطحی و کاهش نفوذ آب باران می‌شود. حسینی و همکاران نشان دادند که کاهش کیفیت مراتع و تغییر کاربری مراتع به زمین‌های کشاورزی باعث افزایش پتانسیل تولید رواناب و افزایش سیل‌خیزی حوضه می‌شود. ذوالفقاری و حاج عباسی (۲۰۰۸) با بررسی اثرات تغییر کاربری مراتع و جنگل‌ها در ویژگی‌های خاک‌نشان دادند که باعث افت برخی ویژگی‌های خاک و وقوع پدیده آب‌گریزی می‌شود.

**جدول ۲- ماتریس همبستگی میان تغییر نگهداشت آب باران و تغییرات ویژگی‌های خاک در اثر تغییر کاربری زمین در منطقه مطالعاتی**

| Variables | Variation in aggregate size | Variation in aggregate stability | Variation in Bulk density | Variation in Porosity | Variation in saturated hydraulic conductivity | Variation in Rainwater retention |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Variation in aggregate size** | ۱ | | | | | |
| **Variation in aggregate stability** | ۰/۶۴** | ۱ | | | | |
| Variation in Bulk density | -۰/۰۸ | ۰/۳۴ | ۱ | | | |
| **Variation in Porosity** | ۰/۰۹ | ۰/۴۲ | -۰/۱۷ | ۱ | | |
| **Variation in saturated hydraulic conductivity** | -۰/۱۶ | ۰/۰۱ | ۰/۳۴ | -۰/۴۴* | ۱ | |
| **Variation in Rainwater retention** | -۰/۲۳ | -۰/۱۴ | -۰/۳۳ | ۰/۳۱ | ۰/۴۹* | ۱ |

***: معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد ($p<۰/۰۵$) و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد ($p<۰/۰۱$) است.**

## نتیجه‌گیری

بررسی تغییرات ویژگی‌های خاک و نگهداشت آب باران در کشتزارهای دیم گندم که از طریق تغییر کاربری مرتع به وجود آمده بودند نشان داد که تغییر کاربری زمین باعث تغییر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل اندازه خاکدانه، پایداری خاکدانه، تخلخل درشت، چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع شد. تغییر کاربری زمین باعث خرد شدن خاکدانه‌ها و کاهش اندازه آن‌ها شد که این موضوع افت پایداری آن‌ها را نیز به دنبال دارد. این موضوع همچنین باعث کاهش تخلخل درشت خاک و افزایش تراکم خاک شد که منجر به افت هدایت هیدرولیکی خاک‌ها شد. نگهداشت آب باران نیز تحت تأثیر تغییر کاربری زمین قرار گرفت و در کشتزارهای دیم نسبت به مرتع کاهش یافت که علت آن افت ویژگی‌های ساختمانی و هدایت هیدرولیکی خاک بود. شدت تغییرات ویژگی‌های مذکور در هفت عرصه مورد بررسی که از خاک با بافت مختلف برخوردار بودند، متفاوت بود. بیشترین تغییرات اغلب در خاک‌های با بافت متوسط (لوم، لوم سیلتی و لوم شنی) بود و در این میان خاک با بافت لوم سیلتی بیشترین آسیب را از نظر هدایت هیدرولیکی و نگهداشت آب باران نشان داد. به طور کلی، این پژوهش نشان می‌دهد که جلوگیری از تغییر کاربری زمین در مراتع نیمه‌خشک در حفظ ساختمان خاک و افزایش نگهداشت آب باران به‌ویژه در خاک‌های با بافت متوسط بسیار حائز اهمیت است.

## پیشنهادها

بر اساس یافته‌های این پژوهش، جلوگیری از تغییر کاربری مراتع در منطقه نیمه‌خشک به ویژه در خاک‌های با بافت متوسط برای حفظ پایداری خاک ضروری است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده پیامدهای تغییر کاربری مراتع به زراعت دیم از نظر فرسایش خاک مورد بررسی قرار گیرد.

## ملاحظات اخلاقی

**حامی مالی**

مقاله حاضر با با پشتیبانی تجهیزاتی گروه علوم و مهندسی خاک و حمایت مالی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه زنجان انجام شد.
حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه زنجان دانشکده کشاورزی در قالب پژوهانهٔ پایان‌نامه دانشجویی انجام شده است.

**مشارکت نویسندگان**

جمع‌آوری داده‌ها تهیه گزارش پژوهش تحلیل داده‌ها نویسندگان به طور مساوی در کلیهٔ مراحل طراحی و انجام پژوهش، گردآوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله مشارکت داشتند.

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از پایان‌نامه تقریباً به شکل زیر باشد:

نویسنده اول: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله نویسنده دوم و سوم : دانشجو: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله

**اعلامیه هوش مصنوعی مولد و فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در فرایند نگارش**

این مقاله حاصل پژوهش صحرایی و نگارش مستقیم نویسندگان مقاله است و از هوش مصنوعی در هیچ مرحله ای بهره گرفته نشده است. نویسندگان مسئولیت کامل محتوای مقاله را بر عهده می‌گیرند.

**بیانیه دسترسی به داده‌ها**

داده‌هایی پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان قابل دسترسی است.

**سپاسگزاری**

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه زنجان به خاطر پشتیبانی مالی در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.
نگارندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری و حمایت‌های گروه علوم و مهندسی خاک و به‌ویژه آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه زنجان و همچنین از داوران محترم این مقاله که با نظرات و پیشنهادهای خود در ارتقای علمی آن تلاش می‌کنند، صمیمانه قدردانی نمایند.

**پیروی از اصول اخلاق پژوهش**

این پژوهش در شورای گروه خاکشناسی و شورای دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان مطابق مصوبه شورای دانشکده دریافت کرده است.
نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

**تعارض منافع**

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

## منابع

اسکندری دامنه، حامد؛ خسروی، حسن و ابوالحسنی، اعظم. (۱۳۹۸). ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت زرند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و زمین‌آمار. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۸(۲۰): ۶۷-۸۲.

پیری مقدم، لیدا و واعظی، علی‌رضا. (۱۳۹۸). اثرات خاک‌ورزی برهدررفت نیتروژن و فسفر از خاک و جذب آنها توسط گندم در شرایط دیم. *نشریه علوم خاک و آب*، ۲۳(۴): ۶۹-۸۲.

حسینی،یاسر؛ رمضانی مقدم، جواد و عبدالعلی‌زاده،زهرا. (۱۳۹۷). بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر سیل خیزی و دبی رواناب حوضه آبخیز عموقین. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، ۸ (۲۲): ۱۴۵-۱۶۳.

ذوالفقاری، علی اصغر و حاج‌عباسی، محمد علی. (۱۳۸۷). تاثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی و آبگریزی خاک در مراتع شهر و جنگل‌های لردگان. *آب و خاک*، ۲۲(۲): ۲۵۱-۲۶۲.

ضیایی، خدایار؛ اسمعلی، اباذر؛ مصطفی زاده، رئوف و گلشن، محمد. (۱۴۰۰). ارزیابی سناریوهای بهینه تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر واکنش هیدرولوژیک جریان در حوزه آبخیز اهل ایمان. *هیدروژئومورفولوژی*، ۲۷: ۱۲۳-۱۳۸.

عبدالمحمدی، شهره؛ ایلدرمی، علیرضا و حشمتی، مسیب. (۱۳۹۹). اثر تغییر کاربری اراضی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک حوزه آبخیز هلشی، کرمانشاه. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵(۷۵):۱۷۱-۱۸۰.

عبدی نژاد، پرویز؛ فیض نیا؛ سادات، پیروان؛ حمیدرضا، فیاضی، فرج اله و طباخ شغبانی، امیرعلی.(۱۳۹۷). بررسی مهم‌ترین خصوصیات فیزیک‌وشیمیایی موثر در طبقه‌بندی واحدهای مارنی استان زنجان با استفاده از تحلیل عاملی. *پژوهش‌های دانش زمین*،۹(۲):۹۷-۱۱۳.

واعظی، علی‌رضا؛ سهندی، خدیجه و حق‌شناس، فرشته. (۱۴۰۳). تغییرات ویژگ‌های فیزیکی خاک در اثر خاکورزی سنتی در کشتزارهای دیم در منطقه نیمه خشک. *مجله حفاظت منابع آب و خاک*، ۱۵(۱): ۳۳-۴۵.

واعظی، علی‌رضا و حقانی، زهرا. (۱۴۰۰). تأثیر محتوای رطوبت خاک بر تولید رواناب و هدررفت خاک از شیارها در کرت‌های آزمایشی صحرایی در دامنه‌های با شیب مختلف. *نشریه علوم آب و خاک*، ۳۱(۱)، ۳۱-۴۳.

واعظی، علی‌رضا، بهتری، مهران.، فرومدی، مجید. (۱۳۹۸). تغییرات زمانی نفوذ باران به خاک تحت تأثیر رطوبت اولیه خاک. *مجله آبیاری و زهکشی ایران*، ۳(۱۳): ۵۷۵-۵۸۷.

زرین‌آبادی، احسان و واعظی، علی‌رضا. (۱۳۹۴). تولید رواناب و هدررفت خاک در مراتع کم پوشش تحت تأثیر تغییر کاربری اراضی و جهت شخم. تحقیقات خاک و آب ایران، ۴۷ (۱): ۸۷-۹۷.

## REFERENCES

Abdinejad, P., Feiznia, S., Peyrovan, H., Fayazi, F., & Tabakhi Shabani, A.A. (2018). Investigating the most important physicochemical properties effective in classifying marly units of Zanjan province using factor analysis, *Earth Science Research*, 97-113. (in Persian).

Abdolmohammadi, Sh., Ildarmi, A.R., & Heshmati, M. (2019). The effect of land use change on the physical and chemical properties of soil in the Halshi watershed, Kermanshah. *Journal of Geography and Planning*, 25(75):171-180. (in Persian).

Alagele, S. M., Anderson, S. H., & Udawatta, R. P. (2019). Biomass and buffer management practice effects on soil hydraulic properties compared to grain crops for claypan landscapes. *Agroforestry Systems*, 93(5): 1609-1625.

Alakukku, L. (1996). Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. I. Short-term effects on the properties of clay and organic soils. *Soil and Tillage Research*, 37(4): 211-222.

Beiranvand, N., Hasanvand, Sh., Sepahvand, A., Tarnian, F., & Arjmand., N. (2025). Modeling of infiltration rate in different vegetation types by various soft computing techniques (case study: Alashtar Watershed, Lorestan Province). *Journal Rangrland*, 18-4. (in Persian).

Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Particle density. Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods, 5:377-382.

Chalise, K. S., Singh, S., Wegner, B. R., Kumar, S., Pérez-Gutiérrez, J. D., Osborne, S. L., ... & Rohila, J. S. (2019). Cover crops and returning residue impact on soil organic carbon, bulk density, penetration resistance, water retention, infiltration, and soybean yield. *Agronomy Journal*, 111(1): 99-108.

Cui, Z., Wu, G. L., Huang, Z., & Liu, Y. (2019). Fine roots determine soil infiltration potential than soil water content in semi-arid grassland soils. *Journal of Hydrology*, 578: 124023.

de Almeida, W. S., Panachuki, E., de Oliveira, P. T. S., da Silva Menezes, R., Sobrinho, T. A., & de Carvalho, D. F. (2018). Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil and Tillage Research*, 175: 130-138.

Eze, S., Dougill, A. J., Banwart, S. A., Hermans, T. D., Ligowe, I. S., & Thierfelder, C. (2020). Impacts of conservation agriculture on soil structure and hydraulic properties of Malawian agricultural systems. *Soil and tillage Research*, 201: 104639.

Flammini, A., Dari, J., Saltalippi, C., Morbidelli, R., Corradini, C., & Govindaraju, R. S. (2022). Experimental evidence for modulation of slope effect on heterogeneous infiltrating surfaces by run-on. *Advances in Water Resources*, 169, 104318.

Liu, H. L. T. W., Lei, T. W., Zhao, J., Yuan, C. P., Fan, Y. T., & Qu, L. Q. (2011). Effects of rainfall intensity and antecedent soil water content on soil infiltrability under rainfall conditions using the run off-on-out method. *Journal of Hydrology*, 396(1-2), 24-32.

Haile, G., & Suryabhagavan, K. V. (2019). GIS-based approach for identification of potential rainwater harvesting sites in Arsi Zone, Central Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(1): 353-367.

Han, Z., Zhong, S., Ni, J., Shi, Z.& Wei, C. (2019). Estimation of soil erosion to define the slope length of newly reconstructed gentle-slope lands in hilly mountainous regions. *Scientific Reports*, 9(1): p.4676.

Hoseini, Y., Ramzani Moghaddam, J., & Abdolalizadeh, Z. (2019). Evaluating the Impact of Land Use Changes on Flooding and Flood Runoff in Amuqin Drainage Basin. *Journal Of Natural Environment Hazards*, 8(22): 145-163. (in Persian).

Huang, J., Gómez-Dans, J. L., Huang, H., Ma, H., Wu, Q., Lewis, P. E. & Xie, X. (2019). Assimilation of remote sensing into crop growth models: Current status and perspectives. A*gricultural and Forest Meteorology*, 276: 107609.

J Jia, Z., Weng, B., Yan, D., Peng, H., & Dong, Z. (2024). The effects of different factors on soil water infiltration properties in High Mountain Asia: A meta-analysis. *Catena*, 234: 107583. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107583.

Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods, 5: 425-442.

Kurukulasuriya, P., & Rosenthal, S. (2003). Climate change and agriculture. *World Bank Environment Department Paper*, 91: 1-106.

Kiani-Harchegani, M., Sadeghi, S. H., & Boor, S. (2019). Comparative analysis of soil variables in different land uses of the Shazand watershed, Iran. Agriculture & Forestry, 65(1): 81-87.

Kuule, D. A., Ssentongo, B., Magaya, P. J., Mwesigwa, G. Y., Okurut, I. T., Nyombi, K., ... & Tabuti, J. R. S. (2022). Land use and land cover change dynamics and perceived drivers in rangeland areas in central Uganda. *Land*, 11(9): 1402.

McKenzie, N., Coughlan, K., & Cresswell, H. (2002). Soil physical measurement and interpretation for land evaluation (Vol. 5). CSIRO publishing.

Mohammadi, A., Karimzadeh, S., Valizadeh Kamran, K., & Matsuoka, M. (2020). Extraction of land information, future landscape changes and seismic hazard assessment: A case study of Tabriz, Iran. *Sensors*, 20(24): 7010.

Patiño-Gutiérrez, S. E., Domínguez-Rivera, I. C., Daza-Torrez, M. C., Ochoa-Tocachi, B. F., & Oviedo-Ocaña, E. R. (2024). Effects of rainfall seasonality and land use change on soil hydrophysical properties of high-Andean dry páramo grasslands. *Catena*, 238: 107866.

Peng, J., Wu, Y., Geng, T., Zhang, C., Wang, J., & Cai, C. (2024). Soil pore dynamics and infiltration characteristics as affected by cultivation duration for Mollisol in northeast China. *Geoderma*, 449, 117021.

Piri Moghadam, L. & Vaezi, A.R. (2019). Nitrogen and phosphorous loss as affected by plough direction in rainfed wheat land of a semi- arid region. *Journal of Soil and Water Sciences*, 23(4): 69-82. (in Persian).

Rhoades, J. D. (1982). Soluble salts. Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and microbiological properties, 9: 167-179.

Safaei, M., Bashari, H., Mosaddeghi, M. R., & Jafari, R. (2019). Assessing the impacts of land use and land cover changes on soil functions using landscape function analysis and soil quality indicators in semi-arid natural ecosystems. *Catena*, 177: 260-271.

Saha, D., & Kukal, S. S. (2015). Soil structural stability and water retention characteristics under different land uses of degraded lower Himalayas of North-West India. *Land Degradation & Development*, 26(3): 263-271.

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4): 591-611.

Sheng & Dong, (2016). Influence of water quality on soil saturated hydraulic conductivity and infiltration properties. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 47(10): 108–114.

Shi, S., Zhao, F., Ren, X., Meng, Z., Dang, X., & Wu, X. (2022). Soil infiltration properties are affected by typical plant communities in a semi-arid desert grassland in China. *Water*, 14(20): 3301.

Tariq, A., & Qin, S. (2023). Spatio-temporal variation in surface water in Punjab, Pakistan from 1985 to 2020 using machine-learning methods with time-series remote sensing data and driving factors. A*gricultural Water Management*, 280: 108228.

Vaezi, A. R., Sahandi, Kh., & Haghshenas, F. (2025).Variations of soil physical properties as affected by conventional tillage in rainfed lands in semi-arid region. *Soil and Water Resources Conservation Journal*, 15(1): 33-45.(in Persian).

Vaezi, A.R., & Haghani, Z. (2021). Effect of soil water content on runoff production and soil loss from rills in field experimental plots in different slopes. *Water and Soil Science*, 31(1): 31-43. (in Persian).

Vaezi, A.R., Behtari,M., Foroumadi,M. (2018). Time variations of rainfall infiltration into the soil under the influence of soil initial moisture. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 3(13): 575-587. (in Persian).

Vaezi, A. R., Abbasi, M., Bussi, G., & Keesstra, S. (2017). Modeling sediment yield in semi-arid pasture micro-catchments, NW Iran. *Land Degradation & Development*, 28(4): 1274-1286.

Wang, D., Chen, J., Tang, Z., & Zhang, Y. (2024). Effects of soil physical properties on soil infiltration in forest ecosystems of Southeast China. *Forests*, 15(8): 1470. https://doi.org/10.3390/f15081470.

Wang, S., Wang, H., Hafeez, M. B., Zhang, Q., Yu, Q., Wang, R. & Li, J. (2020). No-tillage and subsoiling increased maize yields and soil water storage under varied rainfall distribution: A 9-year site-specific study in a semi-arid environment. *Field Crops Research*, 255: 107867.

Ziaei, Kh., Esmaali Auri, A., Mostafazadeh, R., & Golshan, M. (2021). Evaluation of optimal land use change scenarios and its impact on the hydrological response of flow in the Ahle Iman watershed. *Hydrogeomorphology*, 27: 123-138. (in Persian).

Zarinabadi, E. & Vaezi, A.R. (2016).Runoff production and soil loss in low-cover rangelands under the influence of land use change and plowing direction. *Iranian Soil and Water Research*, 47 (1):87 -97. (in Persian).

Zolfaghari, A.A. & Hajabbasi, M.A. (2008). The effects of land use change on physical properties and water repellency of soils in lordegan forest and freidunshar pasture. *Water and Soil*, 22(2): 251-262. (in Persian).