# رنگ خاک و بررسی رابطه آن با سن خاک‌ها در پادگانه‌های حوزه آبخیز طالقان

ابوالفضل معینی[1] و علیرضا صیامی

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران؛ **abmoeini@yahoo.com**

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران؛ **alireza.siami1368@gmail.com**

دریافت: **95/6/31** و پذیرش: **96/3/3**

## چکیده

**یکی از ویژگی‌های واضح خاک‌ها رنگ آن می‌باشد که معمولاً ارتباط زیادی با خصوصیات خاک دارد و برای بررسی تکامل خاک و اراضی، توالی‌های زمانی خاک می‌توان مورد استفاده قرار گیرد. به‌منظور بررسی رابطه سن و رنگ خاک در پادگانه‌های حوزه‌آبخیز طالقان، پس از مطالعات اولیه و تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و مشخص شدن مرز پادگانه‌ها، در مجموع سیزده پروفیل شاهد در پادگانه‌ها حفر، تشریح و سپس رنگ خاک به روش هلمز کمّی شد. برای آزمایش سن سنجی با روش تهییج حرارتی (گرمالیان)، به منظور نور ندیدن نمونه‌ها، نمونه‌برداری در شب انجام و در کیسه‌های مخصوص چند لایه قرار داده شد. سپس در آزمایشگاه، زیر نور قرمز با روش ریز دانه آماده گردید و با روش احیاء و افزایشی اندازه‌گیری شد. در نهایت نیز آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی بر روی نمونه‌های خاک صورت گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که سن خاک‌ها ممکن است از 4650 سال تا 100000 سال متغیر باشد. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش سن در پادگانه‌های طالقان از بخش پائینی به پادگانه بالایی، درصد کربن آلی و رس خاک در بعضی از خاک‌ها افزایش می‌یابند و بین پادگانه‌های مختلف از نظر درصد رس در سطح 5 درصد، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. پادگانه طالقان با اقلیم نیمه‌خشک و فراوانی کربنات کلسیم در پروفیل خاک تحت گذشت زمان، تغییراتی در بافت خود داشته است و افزایش نسبی میزان رس و کربن آلی با افزایش سن از پایین‌ترین پادگانه به بالاترین پادگانه، تأثیر قابل توجهی در میل نمودن رنگ خاک به قرمزی و افزایش امتیاز رنگ خاک داشته است. در نهایت، نتایج نشان داد که بین سن و رنگ خاک با ضریب تبیین 0/98 رابطه وجود داشته است. برای تأیید سن خاک‌ها در پادگانه‌های مذکور روش‌های دیگری نظیر لومینسنس نوری، روش کربن، روش رادیواکتیو و غیره نیز پیشنهاد می‌شود.**

**واژه‌های کلیدی**: سن سنجی خاک، روش هلمز، روش تهییج حرارتی

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات - دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی - گروه آبخیزداری

## مقدمه

بررسی سن خاک و ارتباط آن با خصوصیات ظاهری و تکاملی خاک در طول زمان از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. داده‌های خاکشناسی (همانند رنگ خاک و ترکیب کانی‌های موجود در خاک) به عنوان ابزاری ارزشمند برای تعیین سن رسوبات دوره کواترنری قابل استفاده هستند (هاردن و همکاران، 1991). ردیف‌های زمانی خاک، ابزار ارزشمندی برای بررسی میزان و جهت تکامل خاک و اراضی می‌باشند (هاگت، 1998) و تفاوت‌های مکانی بین خاک‌ها را به تفاوت‌های زمانی تبدیل می‌کنند. این تبدیل به روشی اشاره دارد که خاک و خصوصیات خاک در نواحی معین به مرور زمان تغییر می‌کنند (وینسنت و همکاران، 1994؛ بادیا و همکاران، 2015). ردیف‌های زمانی خاک شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی و بررسی نرخ و جهت تغییر خاکزائی هستند و اطلاعات با ارزشی را برای آزمایش‌های خاکزائی فراهم می‌کنند (بیرکلند، 1990).

سطوح ژئومورفولوژیکی پادگانه‌ها، برای مطالعه تأثیر زمان بر روی تکامل خاک بسیار با ارزش هستند. تأثیر زمان بر روی این واحدهانسبت به واحدهایی همچون پادگانه‌های دریایی، مخروط‌افکنه، دشت‌های سیلابی، جریان گدازه، یخرفت [1] و غیره (از اراضی قابل مطالعه ردیف زمانی) بیشتر مورد پژوهش قرار گرفته است (هاگت، 1998). پژوهشی که در ناحیه ریفتون نیوزلند در یک ردیف از پادگانه‌های رودخانه‌ای با استفاده از رنگ خاک صورت گرفته است، بیانگر تکامل پائین و جوان خاک‌های پادگانه‌های پائینی [2] تا تکامل نسبی در پادگانه‌های میانی [3] و حداکثر تکامل در پادگانه‌های بالایی [4] است (دیویس، 1999). به تازگی مطالعات زیادی بر روی سن‌سنجی پادگانه‌های کواترنر در جهان صورت گرفته است. از این میان می‌توان به ارزیابی تکامل خاک از طریق بررسی اختلاف بین سنسنجی به روش OSL در مواد مادری، اندازه‌گیری سن افق سطحی به روش کربن 14 (ژیادانگ، 2015) و تکامل خاک و زمین-منظر توسط مدل‌هایی مثل Lapsus، Milesp و Lorica اشاره کرد (آرنولد و همکاران، 2015). برگر و ویلیام (2003) روش تهییج حرارتی را برای سن‌سنجی افق آلی در خاک مدفون در کنیا مورد بررسی قرار دادند و انطباق خوبی بین سن‌سنجیبا روش تهییج حرارتی و سن‌سنجیبا کربن 14 گزارش کردند. مطالعات صورت گرفته بر روی سن مطلق خاک در ایران بسیار محدود است. پژوهش‌های دقیق سن‌سنجی پادگانه‌های دوره کواترنر طالقان برای نخستین بار توسط معینی (1388) با استفاده از روش تهییج حرارتی صورت گرفته است که بیانگر افزایش سن پادگانه‌های بالایی نسبت به پایین‌ترین پادگانه می‌باشد. بسیاری از فاکتورهای مورفولوژیکی خاک از جمله توالی افق‌ها، ضخامت افق‌ها، رنگ، بافت، ساختمان، تجمع املاح و نمک خاک، تحت تأثیر زمان، تغییر می‌کنند (وینسنت و همکاران، 1994). تغییرات برخی از این خصوصیات نسبتاً سریع است. در جنوب مرکزی ایالت آریزونا رنگ، بافت خاک و تجمع املاح با سرعت بیشتری نسبت به سایر خصوصیات تحت تأثیر زمان قرار گرفته‌اند (هاکلبری، 1997).

در خاکشناسی، رنگ همیشه از خصوصیات پایه در توصیف پروفیل بوده و با خصوصیات خاک ارتباط تنگاتنگی دارد (سوانسون و همکاران، 1993). الگوهای رنگ خاک در اوایل دهه 1930 توسعه پیدا کرد و مدل مانسل برای ارائه رنگ خاک معرفی شد (ویسکارا و همکاران، 2006). عمده‌ترین پارامترهای مؤثر بر رنگ خاک، اقلیم، بافت خاک، رطوبت خاک (برادی و همکاران، 2006)، آهن، درصد ماده آلی، گچ، آهک و ترکیب کانی‌شناسی است. خاک نواحی نیمه‌خشک به مقدار ضعیفی تکامل یافته‌اند و درصد ازت، فسفر و مقدار آهن معمولاً پائین بوده است و بر روی رنگ خاک تأثیرگذار نمی‌باشند (اسنسیو و همکاران، 2015). در تحقیقی که توسط بادیا و همکاران (2015) در منطقه ابرو [5] اسپانیا انجام شد حاکی از تبدیل شدن افق‌های آهکی به افق‌های حاوی پندانت و سپس افق پتروکلسیک است. شاخص رنگین شدن یا قرمز شدن خاک بیشتر در رژیم رطوبتی زریک با تابستان‌های بسیار گرم و خشک دیده می‌شود. در خاک‌های درشت دانه نسبت به خاک‌های ریزدانه رسی، روبیفیکاسیون [6] در درجه حرارت‌های پایین‌ترو مقادیر بارش سالیانه بالاتر رخ می‌دهد. به‌طور کلی در یک ردیف زمانی خاک، انتظار بر میل نمودن هیو به قرمزی است (ریندفلیچ و همکاران، 2013). مطالعات انجام شده در کلرادو ایالات متحده بر روی سه واحد کوهستان (واحد قدیمی)، پادگانه‌های میانی و پادگانه‌های پائینی، نشانگر افزایش هیو خاک در سطوح قدیمی نسبت به سطوح جوان‌تر است (هیو واحد کوهستان 2/5YR، پادگانه میانی 7/5YR-10YR و پادگانه پائینی 7/5YR). سطوح قدیمی همچون کوهستان نسبت به پادگانه پائینی قرمزتر و خاک‌های پادگانه‌های میانی و پائینی گرایش به زردی با هیو 10YR دارند، به خصوص در بخش بالایی

[1] Moraine
[2] Dystric fluvisols
[3] Dystric cambisols
[4] Podzol
[5] Ebro
[6] Rubification

پروفیل که تجمع آهک فراوان‌تر بوده است. حضور و یا عدم حضور کربنات پدوژنیک خاک در سطوح پادگانه‌ها متغیر بوده و ارتباط بر پایه سن به میزان آهک خاک بسیار دشوار می‌باشد (ریندفلیچ و همکاران، 2013). فرآیندهای پدوژنیکی نمک‌زایی [1]، قلیایی شدن [2]، نشست مواد [3]، گلی شدن [4] و میزان خصوصیات میکرومورفولوژیکی در خاک‌های مسن به میزان بیشتری رخ داده است (سینق و همکاران، 2006). از خصوصیاتی که با گذشت زمان در اثر تکامل خاک تشکیل شده‌اند می‌توان به افق‌زایی، افزایش ضخامت و مقدار رس در افق B، افزایش مقدار آهن، آلومینیوم و منگنز استخراج شده به روش CBD و تغییر در مینرالوژی رس که در پادگانه‌های رودخانه‌ایپنسلوانیا مشاهده شده است، اشاره کرد (انگل و همکاران، 1996). پارامترهایی هم‌چون بافت خاک، ازت کل، درصد فسفر، میزان سنگریزه تأثیر غیرمستقیم بر روی رنگ خاک دارند. بافت خاک، هیو و ولیو خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین افزایش درصد ذرات سیلت و رس در خاک باعث افزایش هیو نسبت به ذرات شن می‌شود (اسنسیو و همکاران، 2013). سایر اجزای خاک که برخی از آن‌ها در تغذیه گیاه نقش اساسی ایفا می‌کنند، همچون نیتروژن و فسفر در روشنایی خاک، تأثیرگذار هستند (کریستسن و همکاران، 2004). در مطالعه صورت گرفته توسط اسنسیو و همکاران (2013) تأثیر چهار متغیر، درصد رس، شن، کربن آلی و درصد آهک بر هیو خاک مورد بررسی قرار گرفت. با سه متغیر رس، شن و آهک، همبستگی منفی و با متغیر درصد کربن آلی، همبستگی مثبت مشاهده شد.

همبستگی مثبت به معنای میل نمودن رنگ خاک به زردی و همبستگی منفی بیانگر میل نمودن به قرمزی خاک می‌باشد. تاکنون در ایران مطالعه‌ای در ارتباط با سن سنجی خاک انجام نشده است و ارتباطی نیز بین سن و رنگ خاک بررسی قرار نگرفته است. از این‌رو، هدف از تحقیق حاضر، کمّی کردن رنگ خاک و بررسی رابطه بین سن و پارامتر رنگ خاک در یکی از مناطق نیمه‌خشک کشور می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

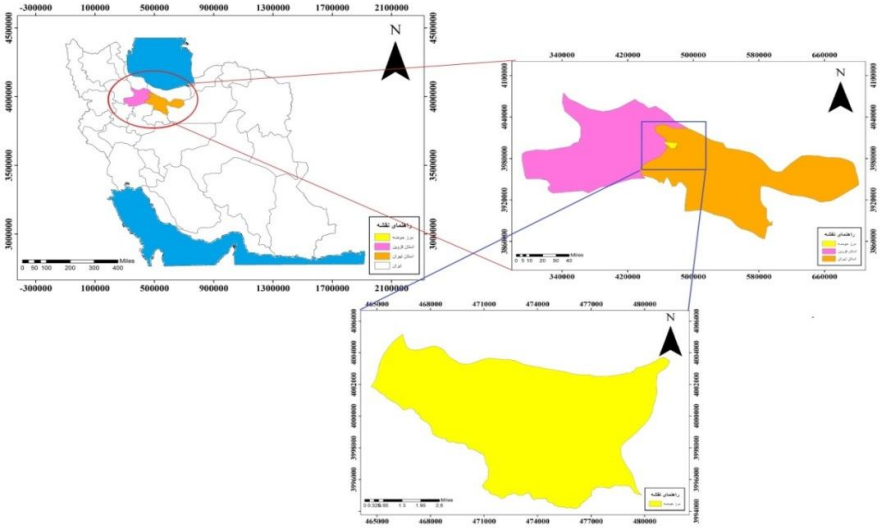
### تشریح وضعیت عمومی منطقه

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز طالقان، واقع در 100 کیلومتری شمال غرب تهران می‌باشد. منطقه مذکور با میانگین بارندگی سالیانه 690 میلی‌متر و میانگین درجه حرارت 10/86 درجه سانتی‌گراد دارای رژیم رطوبتی و حرارتی زریک و مزیک و دارای خاک‌های جوان، در حال تکامل و در بعضی قسمت‌ها کم عمق سنگریزه‌دار می‌باشد که در بخش رده‌بندی پروفیل‌ها مفصلاً به آن پرداخته خواهد شد. همچنین کاربری اراضی غالب منطقه زراعت، باغ و مرتع بوده و پوشش گیاهی حوضه بادام کوهی، زرشک کوهی، کلاه میرحسن، آویشن و گون می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر فیزیوگرافی ماهلر شامل دشت و تپه می‌باشد.

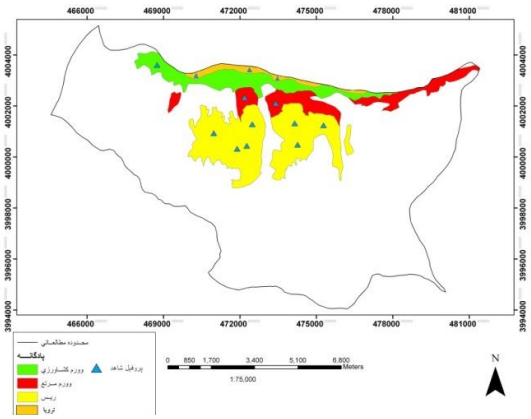
جهت مطالعات صحرایی، بررسی مقدماتی با استفاده از عکس هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی انجام پذیرفت و پادگانه‌های مختلف بر روی نقشه مشخص شدند. سپس با بازدیدهای میدانی، مرز بین پادگانه‌های مختلف $Q_3$-$Q_2$-$Q_1$ مشخص شد. آنگاه حفر پروفیل در نقاط معرف به صورت تصادفی صورت گرفت. همان‌طور که در شکل 2 مشخص است، در پادگانه $Q_1$، 7 پروفیل شاهد، در پادگانه $Q_2$، 3 پروفیل شاهد و در پادگانه $Q_3$، 3 پروفیل شاهد حفر گردید. پادگانه $Q_1$ در ارتفاع 1700 متری از سطح دریا قرار دارد و اغلب توسط درختان غیر مثمر پوشیده شده است. پادگانه $Q_2$ در محدوده ارتفاعی 1700 تا 1800 متر از سطح دریا واقع شده است که توسط اراضی کشاورزی در قسمت پائینی و پوشش گیاهان مرتعی در مناطق با شیب بیشتر اشغال شده است. پادگانه $Q_3$ نیز در محدوده ارتفاعی 1900 تا 2030 واقع شده کاربری مرتع دارد. در شکل 3 طبقات ارتفاعی منطقه ارائه شده است.

---

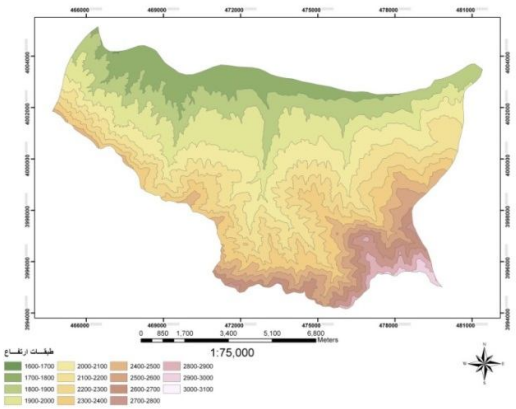
[1] salinization
[2] alkalinization
[3] illuviation
[4] gleynization



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه مطالعات صحرایی



شکل 2- موقعیت پروفیل‌های حفر شده



شکل 3- طبقات ارتفاعی حوضه

**مطالعات آزمایشگاهی**

پروفیل‌های شاهد تشریح و از هر افق یک نمونه جهت انجام آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. بافت، آهک و کربن آلی خاک به ترتیب با روش‌های هیدرومتری، کلیسیمتری و والکی-بلک تعیین شدند. به منظور سن سنجی به روش لومینسنس حرارتی[1]، با رعایت استانداردهایاین روش، برای جلوگیری از تماس نور با نمونه‌ها، نمونه‌برداری در شب انجام پذیرفت و در کیسه‌های سیاهرنگ چند لایه قرار گرفت و در نهایت به آزمایشگاه منتقل شد. پس از آن، آماده‌سازی و اندازه‌گیری نمونه‌ها در زیر نور قرمز انجام گرفت تا از هرگونه تأثیر احتمالی نور معمولی بر روی آن‌ها جلوگیری شود. مراحل انجام این آزمایش شامل: الف- جداسازی و آماده‌سازی نمونه‌ها به روش ذرات درشت و ریز، ب- اندازه‌گیری دز معادل با استفاده از دستگاه ELESK، ج- تعیین غلظت عناصر پرتوزا (اورانیوم، توریم، پتاسیم) در نمونه‌ها و د- سن‌یابی نمونه‌ها با استفاده از رابطه زیر:

(1)
$$kA=\frac{Gy}{(Gy/Ka)}$$

که در آن، Ka بیانگر سن، Gy دز معادل و Gy/Ka شاخص دز می‌باشد.

به‌منظور بررسی رابطه سن و رنگ خاک با استفاده از مدل هلمز و همکاران (2003) پارامترهای رنگ مانسل (هیو، ولیو و کروما) کمّی گردید. ولیو از 0 تا 9 متغیر است. کروما نیز در محدوده صفر تا هشت تغییر می‌کند. هیو به‌صورت زاویه (درجه) و در جهت عقربه‌های ساعت در نظر گرفته شد، به‌طوری که از رنگ زرد (در صفر درجه) تا رنگ قرمز (در 90 درجه) متغیر است.

برای وزن‌دهی برابر به سه پارامتر رنگ (هلمز و همکاران، 2003)، هیو را به‌صورت درجه بر 10 تقسیم می‌کنیم تا همه پارامترها در مقیاس9-0 قرار گیرند.

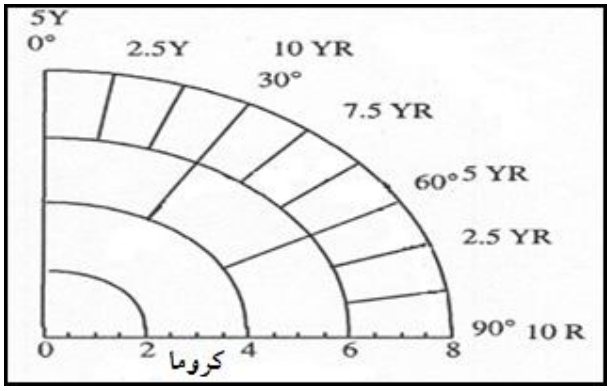
(2) رنگ ترکیبی = کروما + ( ولیو- 9) + $\frac{\text{هیو بر حسب درجه}}{10}$

## نتایج

نتایج سن‌سنجی هر بخش پادگانه و کمّی کردن رنگ خاک در افق سطحی پادگانه در جداول زیر به‌طور جداگانه آمده است:

طبق جدول 1، سن خاک پادگانه $Q_3$ از 4650 تا 5200 سال متغیر است. سن خاک پادگانه $Q_2$ از 9100 تا 15600 سال محاسبه شده و سن پادگانه $Q_1$ تا 54900 تخمین زده شده است. البته سن پروفیل شماره 13 بیش از 100 هزار سال تخمین زده می‌شود که این سن مربوط به رسوبات پادگانه $Q_1$ است. در این نمونه به‌علت اشباع شدن نمونه تعیین سن دقیق آن قابل محاسبه نمی‌باشد. در جداول 3، 4 و 5 تجزیه خاک‌های پروفیل‌های حفر شده در پادگانه‌های $Q_3$، $Q_2$ و $Q_1$ آورده شده است. با توجه به این جداول رنگ خاک‌ها در پادگانه $Q_3$ از قهوه‌ای(10YR4/3) تا قهوه‌ای مایل به زرد (10YR5/4)، در پادگانه $Q_2$ از قهوه‌ایمایل به زرد تیره (10YR3/4) تا قهوه‌ای مایل به زرد تیره (10YR4/5) و در پادگانه $Q_1$ نیز از خاکستری مایل به قرمز (5YR5/2) تا صورتی (7.5YR8/3) متغیر است.

[1] Thermoluminescence Dating




**شکل 4- کمّی کردن هیو بر حسب درجه**

**جدول 1- نتایج حاصل از سن سنجی افق‌های سطحی خاک در پادگانه حوضه طالقان**

| شماره پروفیل | افق | نوع پادگانه | U (ppm) (اورانیوم) | Th (ppm) (توریم) | K (%) (پتاسیم) | اشعه کیهانی (Gy/a) | سن (سال) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | $Q_3$ | 4/52 | 4/04 | 1/22 | 0/05 | 4650± 520 |
| 2 | A | $Q_3$ | 5/88 | 4/72 | 1/66 | 0/05 | 5000± 600 |
| 3 | A | $Q_3$ | 5/62 | 4/95 | 1/55 | 0/05 | 5200±680 |
| 4 | Ap | $Q_2$ | 7/01 | 6/19 | 1/12 | 0/05 | 9100± 800 |
| 5 | Ap | $Q_2$ | 4/22 | 4/15 | 1/24 | 0/05 | 9400 ± 950 |
| 6 | Ap | $Q_2$ | 4/69 | 4/96 | 1/29 | 0/05 | 15600± 2000 |
| 7 | A | $Q_1$ | 4/31 | 5/07 | 0/94 | 0/05 | 16200± 2000 |
| 8 | A | $Q_1$ | 4/81 | 3/92 | 0/88 | 0/05 | 18400±1500 |
| 9 | A | $Q_1$ | 4/12 | 6/29 | 0/80 | 0/05 | 25200±3000 |
| 10 | A | $Q_1$ | 5/96 | 2/51 | 0/89 | 0/05 | 27000±2400 |
| 11 | A | $Q_1$ | 0/9 | 2/50 | 0/82 | 0/05 | 43300+6250 |
| 12 | A | $Q_1$ | 0/6 | 2/9 | 0/55 | 0/05 | 54900+8700 |
| 13 | A | $Q_1$ | - | - | - | 0/05 | 100000> |

**جدول 2- نتایج حاصل از کمّی کردن رنگ افق‌های سطحی خاک در پادگانه حوضه طالقان**

| پادگانه $Q_1$ | | | پادگانه $Q_2$ | | | پادگانه $Q_3$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| امتیاز | رنگ | افق | امتیاز | رنگ | افق | امتیاز | رنگ | افق |
| 11/5 | 7/5YR6/4 | A | 12 | 10YR4/4 | Ap | 11 | 10YR4/3 | A |
| 12/5 | 7/5YR5/4 | A | 11 | 10YR4/3 | Ap | 11 | 10YR5/4 | A |
| 13/5 | 7/5YR4/4 | A | 13 | 10YR4/4 | Ap | 12 | 10YR4/4 | A |
| 13/5 | 7/5YR4/4 | A | 12 | میانگین امتیاز | | 11/33 | میانگین امتیاز | |
| 15/5 | 7/5YR4/6 | A | | | | | | |
| 12/5 | 7/5YR5/4 | A | | | | | | |
| 11/5 | 7/5YR6/3 | A | | | | | | |
| 12/92 | میانگین امتیاز | | | | | | | |

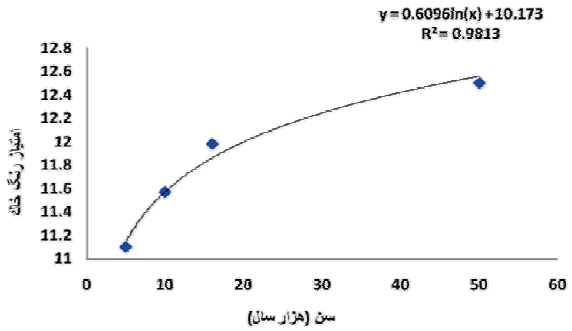
جدول 3- جدول تجزیه خاک پادگانه $Q_3$ حوضه طالقان

| پروفیل | ضخامت | افق | رنگ خاک | کلاس بافت خاک | درصد سیلت | درصد رس | درصد شن | درصد کرین آلی | درصد آهک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0-17 | A | 10YR4/3 | لومی شنی | 13 | 18/5 | 68/5 | 0/50 | 8/96 |
| | 17-85 | C | 10YR4/3 | لومی شنی | 13 | 18/5 | 68/5 | 0/00 | 10/00 |
| 2 | 0-28 | A | 10YR5/4 | لومی | 33 | 18/5 | 48/5 | 0/66 | 9/58 |
| | 28-75 | $C_1$ | 10YR5/4 | لومی | 35/5 | 16/5 | 48 | 0/24 | 11/25 |
| | 75-115 | $C_2$ | 10YR4/3 | لومی شنی | 5/5 | 6/5 | 88 | 0/02 | 10/83 |
| 3 | 0-23 | A | 10YR4/4 | لومی رسی شنی | 9/5 | 20/5 | 70 | 0/72 | 6/67 |
| | 23-68 | $C_1$ | 10YR5/4 | لومی شنی | 7/5 | 16/5 | 76 | 0/02 | 6/46 |
| | 68-87 | $C_2$ | 10YR4/3 | لومی شنی | 9/5 | 16/5 | 74 | 0/00 | 7/50 |

جدول 4- تجزیه خاک پادگانه $Q_2$ حوضه طالقان

| پروفیل | ضخامت | افق | رنگ خاک | کلاس بافت خاک | درصد سیلت | درصد رس | درصد شن | درصد کرین آلی | درصد آهک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 0-13 | A | 10YR4/4 | رسی | 29 | 46/5 | 24/5 | 1/04 | 10/42 |
| | 13-43 | $Bw_1$ | 10YR4/4 | رسی | 27 | 48/5 | 24/5 | 0/47 | 10/00 |
| | 43-95 | $Bw_2$ | 10YR3/4 | رسی | 27 | 48/5 | 24/5 | 0/26 | 13/75 |
| 5 | 0-25 | A | 10YR4/3 | لومی رسی | 37 | 37 | 26 | 1/01 | 14/17 |
| | 25-47 | $Bk_1$ | 10YR4/5 | لومی رسی | 33 | 37 | 30 | 0/97 | 14/38 |
| | 47-83 | $Bk_2$ | 10YR4/4 | رسی | 23 | 47 | 30 | 0/49 | 15/21 |
| 6 | 0-25 | A | 10YR4/4 | لومی رسی شنی | 25 | 23 | 52 | 0/87 | 6/88 |
| | 25-32 | BC | 10YR4/4 | لومی رسی شنی | 15 | 25 | 60 | 0/57 | 7/08 |
| | 32-55 | $Bk_1$ | 10YR4/5 | لومی رسی | 35 | 39 | 26 | 0/12 | 7/08 |
| | 55-96 | $Bk_2$ | 10YR4/5 | رسی | 35 | 47 | 18 | 0/00 | 5/21 |

شکل 5 رابطه رنگ و سن خاک را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است، ضریب تبیین 0/98 نشان‌دهنده رابطه بالای این دو عامل می‌باشد.




شکل 5- رابطه رنگ و سن خاک

**جدول 5- تجزیه خاک پادگانه $Q_1$ حوضه طالقان**

| پروفیل | ضخامت | افق | رنگ خاک | کلاس بافت خاک | درصد سیلت | درصد رس | درصد شن | درصد کربن آلی | درصد آهک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0-17 | A | 7/5YR6/4 | لومی رسی | 33 | 33 | 34 | 0/57 | 19/58 |
| | 17-45 | Bw | 7/5YR5/4 | رسی | 31 | 53 | 16 | 0/48 | 22/50 |
| | 45-98 | Bk | 5YR5/2 | رسی | 31 | 53 | 16 | 0/44 | 28/33 |
| | 98-109 | $C_K$ | 5YR8/2 | رسی شنی | 13 | 41 | 46 | 0/14 | 27/08 |
| 8 | 0-22 | A | 7/5YR5/4 | لومی رسی | 37 | 35 | 28 | 0/80 | 12/92 |
| | 22-55 | $Bk_1$ | 7/5YR4/4 | لومی رسی | 33 | 33 | 34 | 0/43 | 14/58 |
| | 55-80 | $Bk_2$ | 7/5YR5/4 | رسی | 21 | 43 | 36 | 0/27 | 16/25 |
| | 80-115 | $C_K$ | 7/5YR8/3 | لومی شنی | 15 | 15 | 70 | 0/00 | 25/00 |
| 9 | 0-17 | A | 7/5YR4/4 | لومی رسی | 27 | 29 | 44 | 0/98 | 16/25 |
| | 17-35 | $Bw_1$ | 7/5YR4/4 | لومی رسی | 29 | 31 | 40 | 0/28 | 19/58 |
| | 35-76 | $Bw_2$ | 7/5YR5/4 | لومی رسی شنی | 23 | 27 | 50 | 0/19 | 21/67 |
| | 76-115 | c | 7/5YR6/4 | لومی رسی شنی | 17 | 23 | 60 | 0/02 | 21/88 |
| 10 | 0-14 | A | 7/5YR4/4 | لومی رسی | 33 | 37 | 30 | 0/44 | 22/08 |
| | 14-29 | $Bk_1$ | 7/5YR5/4 | لومی رسی | 25 | 33 | 42 | 0/16 | 22/71 |
| | 29-44 | $Bk_2$ | 5YR6/2 | رسی شنی | 13 | 35 | 52 | 0/01 | 25/00 |
| | 44-75 | $Bk_3$ | 5YR6/3 | رسی | 17 | 51 | 32 | 0/37 | 23/13 |
| | 75-87 | $Bk_m$ | 5YR7/3 | شنی لومی | 17 | 3 | 80 | 0/25 | 27/08 |
| 11 | 0-15 | A | 7/5YR4/6 | رسی | 33 | 53 | 14 | 0/55 | 17/29 |
| | 15-32 | $Bk_1$ | 7/5YR5/3 | رسی | 19 | 57 | 24 | 0/32 | 26/25 |
| | 32-54 | $Bk_2$ | 5YR6/4 | رسی | 37 | 47 | 16 | 0/34 | 26/67 |
| | 32-72 | $Bk_3$ | 7/5YR5/4 | لومی رسی | 37 | 31 | 32 | 0/02 | 27/92 |
| | 74-102 | $Bk_4$ | 5YR7/2 | رسی شنی | 11 | 39 | 50 | 0/00 | 25/42 |
| 12 | 0-17 | A | 7/5YR5/4 | لومی | 33 | 23 | 44 | 0/28 | 20/42 |
| | 17-45 | $Bk_1$ | 5YR6/3 | لومی رسی | 19 | 37 | 44 | 0/1 | 22/92 |
| | 45-80 | $Bk_2$ | 5YR6/3 | لومی رسی شنی | 15 | 31 | 54 | 0/00 | 23/33 |
| 13 | 0-20 | A | 7/5YR6/3 | لومی رسی | 32/5 | 35/5 | 32 | 1/65 | 21/67 |
| | 20-48 | $Bk_1$ | 5YR6/3 | رسی | 17/5 | 47/5 | 35 | 0/22 | 25/00 |
| | 48-86 | $Bk_2$ | 5YR6/3 | رسی | 22/5 | 39/5 | 38 | 0/09 | 24/38 |

در جدول 6 رده‌بندی پروفیل‌های حفر گردیده تا سطح فامیل خاک براساس سیستم طبقه‌بندی خاک آمریکا [1] (2014) ارائه شده است.

**جدول 6- رده‌بندی خاک‌های منطقه تا سطح فامیل**

| پادگانه | شماره پروفیل | Soil Taxonomy |
|---|---|---|
| $Q_3$ | 1 | Loamy-Skeletal, mixed, calcareous, mesic, Typic Xerorthents |
| | 2 | Loamy-Skeletal, mixed, calcareous, mesic, Typic Xerorthents |
| | 3 | Loamy-Skeletal, mixed, calcareous, mesic, Typic Xerorthents |
| $Q_2$ | 4 | Clayey, mixed, mesic, Typic Haploxerepts |
| | 5 | Clayey, mixed, mesic, Typic Haploxerepts |
| | 6 | Fine-Loamy, mixed, mesic, Typic Calcixerepts |
| | 7 | Clayey, mixed, mesic, Typic Calcixerepts |
| | 8 | Clayey, mixed, mesic, Typic Calcixerepts |
| $Q_1$ | 9 | Fine-Loamy, mixed, mesic, Typic Haploxerepts |
| | 10 | Fine-Loamy, mixed, mesic, Petrocalcic Calcixerepts |
| | 11 | Fine-Loamy, mixed, mesic, Typic Calcixerepts |
| | 12 | Fine-Loamy, mixed, mesic, Typic Calcixerepts |
| | 13 | Fine-Loamy, mixed, mesic, Typic Calcixerepts |

1. USDA Soil Taxonomy

اختلاف درصد رس در هر پادگانه با تجزیه واریانس بررسی گردید. همان‌طور که در جدول 7 مشخص است، پادگانه‌ها از لحاظ رس اختلاف معنی‌داری دارند و نتایج حاصل از آزمون دانکن نشان می‌دهد که بین پادگانه‌های $Q_3$، $Q_2$ و $Q_1$ اختلاف معنی‌دار در سطح 5% وجود دارد.

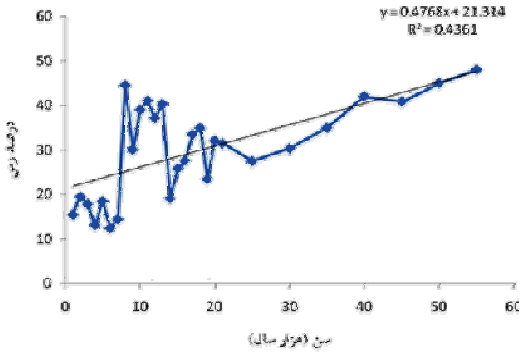
**جدول 7- آزمون دانکن درصد رس بین پادگانه‌های مختلف**

Duncan[a,b]

| Terraces | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1.00 | 28 | 15.8000 | | |
| 2.00 | 10 | | 28.9259 | |
| 3.00 | 8 | | | 38.4032 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

$Q_3$ :1
$Q_2$ :2
$Q_1$ : 3

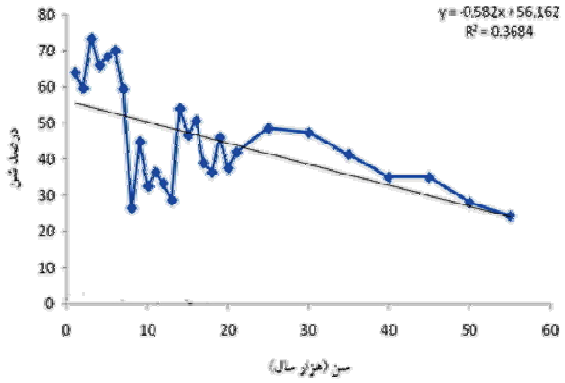
همچنین شکل 6 رابطه درصد رس و سن خاک را نشان می‌دهد. بطور کلی می‌توان گفت با افزایش سن مقدا رس افزایش می‌یابد.




**شکل 6- رابطه درصد رس و سن خاک**

مقدار شن در پادگانه $Q_2$ نسبت به $Q_3$ بطور محسوسی کاهش می‌یابد و به تدریج در پادگانه $Q_1$ روند کاهشی دارد. بطورکلی روند تغییرات درصد شن با ارتفاع کاهشی و مقدار همبستگی آن 0/37 است (شکل 7).

کاهش مقدار درصد شن با سن به این علت است که به مرور زمان شن به سیلت تبدیل می‌شود و مقدار آن کاهش می‌یابد.




**شکل 7- رابطه درصد شن و سن خاک**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که از نظر شن بین پادگانه‌های مختلف در سطح 5% اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج حاصل از آزمون دانکن حاکی از آن است که بین پادگانه‌های $Q_3$ با سایر پادگانه‌ها در سطح 5% اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اما بین پادگانه‌های $Q_2$ و $Q_1$ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول 8).

**جدول 8- آزمون دانکن درصد شن بین پادگانه‌های مختلف**

Duncan[a,,b]

| Terraces | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| 2.00 | 10 | 34.4348 | |
| 3.00 | 8 | 36.4839 | |
| 1.00 | 28 | | 65.7250 |
| Sig. | | .594 | 1.000 |

$Q_3$ :1
$Q_2$ :2
$Q_1$ : 3

## بحث و نتیجه‌گیری

پروفیل‌های مورد مطالعه، براساس سیستم طبقه‌بندی خاک آمریکایی در دو رده انتی‌سول و اینسپتی‌سول قرار گرفتند. افق‌های مشخصه شناسایی شده در این خاک‌ها شامل اپی پدون اکریک در سطح الارض خاک‌ها و افق‌های زیرسطحیکمبیک، کلسیک و پتروکلسیک می‌باشند. اکثر خاک‌های مورد مطالعه در این تحقیق آهکی هستند و حضور مقادیر زیاد کربنات می‌تواند رنگ خاک را تحت تأثیر قرار دهد و تغییرات رنگ خاک را محدود نماید. گرچه تا حدودی تغییرات موجود در رنگ خاک‌های مورد مطالعه ناشی از تغییرات کربن آلی، می‌باشد که با گزارش‌های ابطحی و صلحی (1371) و منافی و همکاران (1388) مطابقت دارد. اما تغییر در رنگ خاک با توجه به روند زیاد شدن امتیاز خاک را می‌توان به افزایش سن نیز مرتبط دانست. میزان کربنات کلسیم در پادگانه $Q_3$ حداقل و پادگانه $Q_1$ حداکثر است که در ارتباط با اقلیم نیمه خشک و مواد مادری منطقه بوده است، آن چنان که افزایش سن اراضی قابلیت کاهش آهک را نداشته است.

از فاکتورهای تأثیرگذار بر هیو رنگ، بافت خاک است. تغییرات بافت خاک در طول زمان موجب افزایش نسبت ذرات ریز (رس) به ذرات درشت (شن و درشت‌تر) بخش معدنی در خاک‌های مسن‌تر شده است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک تغییرات بافت خاک با توجه به جذب رسوبات و تشکیل درجا کانی‌های رسی طی هوادیدگی شیمیایی رخ می‌دهد (نتلتون و پترسون، 1983). مقدار رس در پادگانه $Q_3$ به‌طور نامنظمی تغییر می‌کند. در پادگانه $Q_2$ مقدار رس روندی افزایشی دارد. در داخل پادگانه $Q_1$ مقدار رس با ارتفاع و سن افزایش می‌یابد. به‌طور کلی می‌توان گفت با افزایش سن مقدار رس افزایش می‌یابد. محققین زیادی از مقدار رس به‌عنوان شاخص تکامل و سن خاک کمک گرفته‌اند (بادیا و همکاران، 2009). رابطه بین درصد سیلت و سن خاک نشان می‌دهد که روند مشخصی در تغییرات مقدار سیلت وجود ندارد، زیرا به مرور زمان شن به سیلت و سیلت نیز به رس تبدیل می‌شود. افزایش معنی‌دار درصد رس، تأثیر بسزایی در رنگ و میل نمودن رنگ خاک از زردی به قرمزی با افزایش سن داشته که با مطالعات اسنسیو و همکاران (2013) هماهنگی داشته است. رابطه منفی بین مقادیر شن و هیو به‌طور عمده تحت تأثیر هوازدگی ذرات شن است مقدار درصد کربن آلی در پروفیل‌های پادگانه $Q_3$ روند منظمی ندارد. مقدار درصد کربن آلی در $Q_2$ با افزایش ارتفاع افزایش یافته است و در پادگانه $Q_1$ مقدار این پارامتر روند افزایشی دارد.

نتایج حاصل از آزمایش‌های صورت گرفته نشان داد که با افزایش سن در پادگانه‌های طالقان از بخش پائینی به پادگانه بالایی، درصد کربن آلی و رس خاک در بعضی از خاک‌ها افزایش می‌یابند. پادگانه طالقان با اقلیم نیمه‌خشک و فراوانی کربنات کلسیم در پروفیل‌های خود تحت گذشت زمان، تغییراتی در بافت خود داشته است و افزایش نسبی میزان رس و کربن آلی با افزایش سن از پایین‌ترین پادگانه به بالاترین پادگانه در میل نمودن رنگ خاک به قرمزی و افزایش امتیاز رنگ خاک تأثیر داشته است. پژوهشی که در سه سری خاک در پاکستان صورت گرفت، نشان‌دهنده افزایش و تکامل تصاعدی رس‌های ایلویال و تفکیک اندازه ذرات در افق‌های خاک در طول زمان است. برخلاف انتظار درصد مواد آلی با افزایش سن، افزایش نیافته که این موضوع احتمالاً در ارتباط با پایداری مواد آلی با گذشت زمان می‌باشد. رژیم رطوبتی اریدیک و

پوشش گیاهی فقیر، عاملی بر میزان ناچیز مواد آلی خاک می‌باشد (مهدی و همکاران، 2002) که با نتایج مقاله حاضر که درصد رس و مواد آلی با افزایش سن به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد، همخوانی دارد. هم‌خوانی تغییرات رنگ خاک با سن در مطالعات ناحیه پیشانی پادگانه کلرادو توسط ریندفلیچ و همکاران (2013) با مطالعات ما، نشان‌دهنده افزایش میزان قرمزی رنگ خاک در سطوح قدیمی است. هر چند در این مطالعات بین سن خاک و افزایش مقدار رس در افق‌های خاک رابطه مشخصی پیدا نشده است. از طرفی، نتایج بررسی انگل و همکاران، 1996 در پادگانه‌های رودخانه‌ای در پنسلوانیا نشان از افزایش مقدار رس در افق B و تغییر رنگ خاک در طول زمان داشت. که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. در نهایت برای تأیید سن خاک‌ها در پادگانه‌های مذکور روش‌های دیگری نظیر لومیسنس نوری، روش کربن، روش رادیواکتیو و غیره نیز پیشنهاد می‌شود.

## فهرست منابع:


1. ابطحی، ع. و م. صالحی. 1371. تأثیر پستی و بلندی و زمان در تشکیل خاک با مواد مادری خیلی آهکی تحت شرایط نیمه‌خشک منطقه باجگاه کنگره علوم خاک ایران 3: 35-25.
2. منافی، ش.، ش. محمودی، ف، سرمدیان، ا. حیدری، و م. پوک. 1388. میکرومورفولوژی پندانت‌هاآهکی و اهمیت آنها به عنوان شواهد تغییر اقلیم در خاک‌های خشک و نیمه‌خشک منطقه تاکستان. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران.
3. معینی، ا. 1388. بررسی و شناخت پادگانه‌های دوره کواترنر و تحولات خاکشناسی آن. رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
4. Arnauld, J.M., M. Temme and W. walleghem. 2015. LORICA- A new model for linking landscape and soil profile evolution: development and sensitivity analysis. Computer and Geosicence. 261: 93–100.
5. Asensio, S., A. Mateu, H. Moreno-Ramon, J.A. Balasch, and X. Lio. 2013. Statistical relationships between soil colour and soil attributes in semiarid areas. Biosystems Engineering. 116 (116): 120-129.
6. Badía, D., C. Martí, J. Casanova, T. Gillot, J. Cuchi, J. Palacio, and R. Andres. 2015. A Quaternary soil chronosequence study on the terraces of the Alcanadre River (semiarid Ebro Basin, NE Spain). Geoderma. 158-167
7. Badía, D., C. Martí, E. Palacio, and R.M. Poch. 2009. Soil evolution over the Quaternary period in a semiarid climate (Segre river terraces, northeast Spain). Catena. 77(3): 165-174.
8. Berger, G.W., C. William. 2003. Test of Thermoluminscence dating of buried soils from Mt. Kenya. Sedimentry Geology. 22.
9. Birkeland, P.W. 1990. Soil–geomorphic research a selective overview. Geomorphology. 3: 207–224.
10. Brady, N. and R.R. Weil. 2006. The nature and properties of soils. New Jersey: Prentice Hall.
11. Christensen, L. K., B. S. Bennedsen, R. N. Jorgensen, and H. Nielsen. 2004. Modelling nitrogen and phosphorus content at early growth Barley using Hyperspectral Line Scanning. Biosystems Engineering. 88, 19-24.
12. Davis, A.m. 1999. Quaternary stratigraphy of hong kong coastal sediments. asian earth sciences. 17: 521-531.
13. Engel. S.A., T.W. Gardner, and E.J. Ciolkosz. 1996. Quaternary soil chronosequences on terraces of the susquehanna river Pennsylvania. Geomorphology. 17: 273-294.
14. Harden, J.W., E.M. Taylor, C. Hill, R.K. Mark, E.D. McFadden, M.C. Reheis, J. M. Sowers. and S.G. Wells. 1991. Rates of soil development from four soil chronosequences in the southern Great Basin. Quaternary Res. 35: 383–399.

15. Helms, J.G., S.F. McGill and T.K. Rockwell. 2003. Calibrated, late Quaternary age indices using clast rubification and soil development on alluvial surfaces in Pilot Knob Valley, Mojave Desertm southeastern California. Quaternary Research. 60: 377-393.
16. Huckleberry, G. 1997. Rates of Holocene Soil Formation in South-Central Arizona, Arizona Geological Survey. 7-97.
17. Hugget, .R.J. 1998. Soil chronosequences, soil development, and soil evolution: a critical review. Catena. 32: 155-172.
18. Mehdi, S.M., A.M. Ranjha, M. Sarfraz, G. Hassan, and M. Sadiq. 2002. Effect of the time on soil formation in selected alluvial soil series of Pakistan. plant sciences. 3: 271-274.
19. Nettleton, W.D. and F.F. Peterson. 1983. Developments in Soil Science. 11: 165-215
20. Rindfleisch, P., M.A. Foster and J. Redwine. 2013. Patterns of soil devlopment on starch terraces along the colorado front range. soil morphology and cosmogenic radionuclide dating.
21. Singh, S., B. Parkash, M.S. Rao, M. Arora and B. Bhosle. 2006. Geomorphology pedology and sedimentology of the deoha/ganga-ghaghara interfluves upper gangetic plains (Himalian foreland basin). extensional tectonic implications. Ctena. 67: 183-203.
22. Swanson, T.W., D.L. Elliott and R.J. Southard. 1993. Soil development parameters in the absence of a chronosequence in a glaciated basin of the white mountains, Quaternary research. 39: 186-200
23. Vincent, K.R., W.B. Bull and O.A. Chadwick. 1994. Construction of a soil chronosequence using the thickness of pedogenic carbonate coatings. Geol. Educ. 42: 316–324.
24. Viscarra, R. A., B. Minasny, P. Roudier, and A. B. McBratney. 2006. Color spaces for soil science. Geoderma. 133: 320-377.
25. Xiaodong, M., H. Wang, P.R. Hanson, J.A. Mason and X. Lio. 2015. A new method to constrain soil development time using both OSL and radiocarbon dating. Geoderma. 261: 93–100.

# Soil Color and Investigation of Its Relationship with Soil Age in Taleghan Terraces

**A. Moeini[1] and A. Siami**
Assistant Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran;
E-mail: abmoeini@yahoo.com
Former MSc. Student of Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran;
E-mail: alireza.siami1368@gmail.com
Received: September, 2016 and Accepted: May, 2017

**Abstract**

Color is one of the fundamental properties of soils that is strongly correlated with other soil characteristics and can be used for investigating soil and land development and chronosequences. To investigate the relationship between soil age and color in the Taleghan area, after primary studies and provision of geological and topographic maps and specifying terraces' boundaries, a total of 13 control profiles were dug and described on the terraces. Then, soil color was quantified with Helms method. For thermoluminsence, dating we collected samples at night and put them in special bags which were sealed to prevent light exposure. In the laboratory under red light TL, samples were prepared for dating using fine grain method and were analyzed using the combined additive and regenerative method. At the end, physico-chemical tests were conducted on the soil samples. Findings of this study showed that the age of soils may vary from 4,650 years to 100,000 years. Also, the results of this research show that the percentages of organic carbon and clay in some soils increase with the increase in the age of the Taleghan terrace. Starting from the lower part towards the upper part, there was a significant difference ($p< 5\%$) among the various terraces with respect to clay content. The Taleghan terrace has gone through changes in its texture through time with its semi-arid climate and abundant calcium carbonate in the soil profile. Relative increase in clay and organic carbon with increased age, from the lowest terrace towards the highest terrace, had an effect in the reddening of the soil color and increasing in soil color rating. Finally, the results showed that there was a relationship between hue and age with a coefficient of determination of 0.98. The use of other complementary methods such as luminescence, radiocarbon, and radioactive dating seems essential for determining and confirming the age of soils in these terraces.

**Keywords**: Soil dating, Helms method, Thermoluminsence, Hue

[1]. Corresponding author: Islamic Azad University, Science and Research Branch, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran, Iran