تأثیر جهت شیب و نوع بوته گیاهی بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک

سحر ظهیرنژاد و حسین بیات[1]

دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا-همدان؛ saharzahir95@gmail.com

دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا-همدان؛ h.bayat@basu.ac.ir

دریافت: 98/6/12 و پذیرش: 98/8/29

چکیده

جهت شیب، نوع پوشش گیاهی و عمق نمونه‌برداری از فاکتورهای مؤثر بر خصوصیات شیمیایی خاک می‌باشند. این عوامل با افزایش یا کاهش مواد آلی، کیفیت خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند. با این وجود تأثیر همزمان نوع بوته و جهت شیب بر برخی خصوصیات خاک به ندرت مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور تعیین تأثیر جهت شیب، نوع بوته گیاه و عمق نمونه‌برداری بر ویژگی‌های شیمیایی خاک، آزمایش فاکتوریل در چارچوب طرح کاملاً تصادفی با 6 تکرار در ایستگاه تحقیقاتی حوضه آبخیز زوجی گنبد اجرا شد. نمونه‌برداری خاک در مرداد ماه سال 1395 انجام شد و خصوصیات شیمیایی اندازه‌گیری گردید. پ-هاش خاک در شیب‌های جنوبی بیشتر از شیب‌های شمالی بود. پ-هاش خاک زیر پوشش گون به طور چشم‌گیری کمتر از پ-هاش خاک زیر پوشش بوته علف پشمکی بود. در جهت شیب شمالی، CEC در تیمار گون زرد نسبت به گونه علف پشمکی و موقعیت بین بوته بیشتر بود. در حالیکه در جهت شیب جنوبی، CEC در موقعیت بین بوته به طور معنی داری نسبت به گیاه علف پشمکی و گون زرد کمتر بود. در تمامی موقعیت‌های بوته و بین بوته مقدار CEC و ماده آلی در جهت شیب جنوبی به طور معنی‌داری نسبت به جهت شیب شمالی کمتر بود. در جهت شیب شمالی و جنوبی در خاک عمق اول و دوم، در خاک زیر بوته گون زرد افزایش معنی‌دار ماده آلی و کربنات کلسیم خاک نسبت به بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته مشاهده شد. همچنین در عمق اول شیب شمالی، در زیر بوته علف پشمکی، افزایش معنی‌دار ماده آلی و کربنات کلسیم نسبت به موقعیت بین بوته ثبت شد. تأثیرپذیری کل ویژگی‌های مورد بررسی از عوامل جهت شیب و نوع پوشش گیاهی بیشتر از عمق نمونه‌برداری بود.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی خاک، نوع پوشش گیاهی

[1] نویسنده مسئول، آدرس: گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا-همدان، همدان.

مقدمه

گیاهان به خاطر ویژگی‌های منحصر به فرد و نیازهای غذایی و خصوصیات ریشه‌ای می‌توانند در طول زمان خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را تغییر دهند (آلبان، 1982). پوشش گیاهی از طریق آزاد کردن اسیدهای آلی موجب کاهش pH خاک (میشرا، 2003)، افزایش هدایت هیدرولیکی خاک (ناصری و همکاران، 2013)، و افزایش کربن آلی از طریق بازگشت بقایای گیاهی به خاک (باوگال، 2009) می‌گردد. روابط پوشش گیاهی با خصوصیات شیمیایی خاک را می‌توان از دو دیدگاه مورد بحث قرار داد. در دیدگاه اول، پراکنش پوشش گیاهی در یک منطقه بازتابی از خصوصیات شیمیایی خاک آن منطقه به شمار می‌رود، و در دیدگاه دوم خصوصیات شیمیایی یک خاک نتیجه نوع پوشش گیاهی است که بر روی آن حاصل شده است. گونه‌های گیاهی بر خصوصیات خاک تأثیر می‌گذارند و آن را تا حدی تغییر می‌دهند (والتر، 1979). گیاهان خشکی دوست[1] یا شورپسند باعث تجمع کربنات‌ها و دیگر املاح محلول در قسمت فوقانی پروفیل خاک‌های بیابانی می‌گردند، همچنین بوته‌های هالوفیت[2] نقش مهمی در انتقال کلرید-ها، سولفات‌ها و کربنات‌ها از اعماق زمین به سطح خاک دارند و به دنبال آن شوری و قلیائیت خاک تحت پوشش خود را افزایش می‌دهند. آتریپلکس به عنوان گونه مرتعی با ارزش می‌تواند باعث کاهش بیابان‌زایی[3] گردد و همچنین مقاومت در برابر نفوذ آب را کاهش دهد و زمین‌های سخت و غیرقابل نفوذ را ملایم و قابل نفوذ گرداند و هدایت الکتریکی خاک تحت پوشش خود را افزایش دهد (حنطه و همکاران، 2004). پوشش گیاهی موجب تغییر در هوادیدگی کانی‌ها، انتقال رس و سیلت یا تجزیه کربنات‌ها و سایر کانی‌ها می‌گردد و در نتیجه تغییرات شدیدی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زیر گیاه ایجاد می‌کند (داونپورت و همکاران، 1996).

توپوگرافی خصوصیتی از سطح زمین یا زمین‌نما و به عبارتی طرز استقرار زمین است. توپوگرافی به عنوان یکی از عوامل خاک‌ساز در قالب جهت، درصد، طول و موقعیت شیب بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر است. جهت شیب، فرآیندهای خاک‌سازی و هوازدگی را تحت تأثیر قرار داده و باعث ایجاد تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و رده‌بندی خاک‌ها می‌شود (برابیکرو همکاران، 1993). مطالعه تغییرات خاک به واسطه تغییرات توپوگرافی و پوشش گیاهی منجر به درک کامل و روشن شدن تأثیرات جنبه‌های شیب و نوع پوشش گیاهی بر خصوصیات خاک، برای شیوه-های علمی و دقیق مدیریت منابع خاک و استفاده بهینه از آن‌ها می‌گردد (ییمر و همکاران، 2006). جهت شیب با تأثیر بر دما و رطوبت و تغییر در الگوی بارش موجب افزایش یا کاهش ماده آلی خاک در جهت‌های مختلف شیب و ایجاد تفاوت در ویژگی‌های شیمیایی و در نهایت کیفیت خاک می‌شود (یان-کیانگ و همکاران، 2009). در نیمکره شمالی شیب‌های رو به جنوب تشعشعات خورشیدی بیشتری را نسبت به شیب‌های رو به شمال دریافت می‌کنند و همین عامل موجب کاهش رطوبت خاک و فقر پوشش گیاهی و کاهش ماده آلی خاک نسبت به شیب‌های شمالی می-گردد (بنی و همکاران، 2008). جری (2011) بیان کرد در شیب‌های شمالی به واسطه دمای کم و رطوبت بیشتر شرایط جهت پدیده هوادیدگی مناسب است و خاک‌ها دارای تکامل بیشتری نسبت به خاک‌های جهت شیب جنوبی می‌باشند و همین عامل موجب افزایش حاصلخیزی و بهبود عناصر محلول و قابل تبادل خاک می‌گردد.

علی‌رغم تأثیر زیاد جهت شیب و نوع بوته گیاهی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک و اهمیت فوق‌العاده این ویژگی‌ها با جستجوهای انجام شده در منابع علمی متعدد، تأثیر همزمان جهت شیب و نوع بوته گیاهی و برهمکنش آن‌ها بر ویژگی‌های شیمیایی خاک تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است. به همین علت این پژوهش با هدف بررسی اثر نوع بوته گیاهی و جهت شیب بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک در ایستگاه تحقیقاتی حوضه آبخیز زوجی گنبد انجام شد.

مواد و روش‌ها

حوضه‌های زوجی آبخیز گنبد استان همدان با مجموع مساحتی نزدیک به 290 هکتار بین طول جغرافیایی ″5 ′41 °48 تا ″17 ′42 °48 شرقی و عرض جغرافیایی ″16 ′41 °34 تا ″31 ′42 °34 شمالی در 28 کیلومتری جنوب غربی همدان قرار دارند. این حوضه-ها پژوهشی بوده و همه ویژگی‌های زمین شناسی، خاک و هیدرولوژی آنها همانند یکدیگر می‌باشند (گروه کارشناسی اداره حوضه‌های معرف زوجی، 1379). این دو حوضه در کنار یکدیگر بوده که یکی حوضه شاهد (ورود و چرای دام آزاد) با مساحتی نزدیک به 140 هکتار و دیگری حوضه نمونه (چرای دیررس و قرق از سال

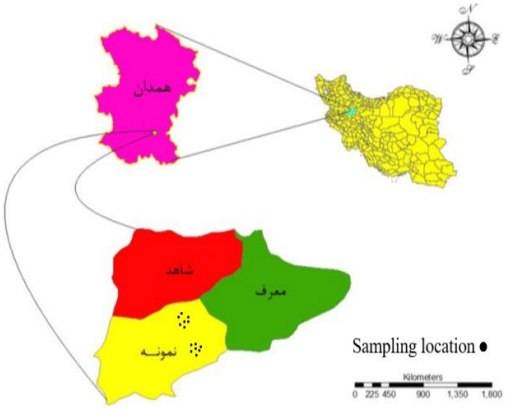
1. Halophyte
2. Xerophyte
3. Desertification

1381) با مساحت 150 هکتار می‌باشد.

تیپ گیاهی اصلی و عمده حوضه گنبد گون – استیپا می‌باشد. حوضه نمونه حدود 65 درصد پوشش گیاهی دارد و دامنه‌های جنوبی پوشش گیاهی کمتری نسبت به دامنه‌های شمالی دارند. حوضه شاهد حدود 55 درصد پوشش گیاهی دارد که بخش نسبتاً زیادی از این پوشش مربوط به گونه‌های غیرخوشخوراک و خشبی است (گزارش پوشش گیاهی حوضه زوجی گنبد، 1389).

حوضه زوجی گنبد متشکل از تپه ماهورها، تپه‌های مرتفع و دشت سر (دشت‌های کوچک) در هر دو منطقه بوده و درصد تغییرات اختلاف شیب در نقاط مختلف منطقه بسیار زیاد می‌باشد. دامنه تغییرات شیب از 18 درصد الی 42 درصد می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه حدود 2420 متر و حداقل ارتفاع 2220 متر از سطح دریا است (طرح مطالعات حوضه زوجی گنبد، 1377).

تحقیق حاضر در قسمت قرق حوضه که توسط فنس و نرده فلزی جدا شده بود، انجام گرفت. نمونه‌برداری در هر دو جهت شیب شمالی و شیب جنوبی از قسمت پشت شیب (Back slope) انجام گرفت. شیب نقاط نمونه-برداری در هر دو جهت شیب شمالی و جنوبی 33 درصد بود. فاکتور شیب دربرگیرنده سه فاکتور جهت، درصد یا درجه و موقعیت شیب می باشد، که در این پژوهش با توجه به اینکه نمونه‌برداری در دو جهت شیب شمالی و شیب جنوبی در موقعیت پشت شیب و با درصد شیب یکسان (33 درصد) انجام گرفته است، لذا خود به خود فاکتورهای موقعیت شیب و درصد شیب عملاً بدون تأثیر می‌باشند و فقط تأثیر جهت سنجیده می‌شود. شکل (1) موقعیت حوضه زوجی گنبد و مکان‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل 1- موقعیت حوضه زوجی گنبد و مکان‌های نمونه‌برداری

در این تحقیق تأثیر فاکتورها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با 6 تکرار بر ویژگی‌های شیمیایی در مرداد ماه سال 1395مورد بررسی قرار گرفت. فاکتور اول جهت شیب در دو سطح شمالی (N) و جنوبی (S) بود. فاکتور دوم نوع بوته گیاه در سه سطح علف پشمکی (B)، گون زرد (A) و موقعیت بین بوته (E) بود. فاکتور سوم عمق نمونه‌برداری در دو سطح عمق اول (0-10 سانتی‌متری، D_1) و عمق دوم (10-20 سانتی‌متری، D_2)، بود.

تیپ اصلی و عمده حوضه گنبد گون-استیپا می‌باشد. لذا سعی شد که تفاوت دو گونه علفی و بوته‌ای بر خاک‌های منطقه بررسی شود. با توجه به اینکه بروموس از گونه‌های گندمیان یکساله می‌باشد و گون زرد از گونه‌های بوته‌ای چند ساله می‌باشد، این دو گونه بهترین مورد در رابطه با تأثیر متفاوت گیاهان علفی و بوته‌ای بر خصوصیات خاک می‌باشند. همچنین بوته گون و بوته بروموس گیاهان غالب در این ایستگاه تحقیقاتی بودند و 54 درصد سطح زمین را پوشش می‌دادند (احمدی فصیحی، 1389). به‌همین علت این دو گونه گیاهی انتخاب شدند.

قبل از نمونه‌برداری، بخش هوایی گیاهان از قسمت یقه بریده شد و نمونه‌های دست‌خورده از خاک اطراف گیاه برداشت شد. نمونه‌هایی که مربوط به موقعیت بین بوته بودند طوری انتخاب شدند که در شعاع یک متری

آنها هیچ گونه گیاهی وجود نداشت. در واقع می‌توان گفت که در این پژوهش موقعیت بین بوته نقش تیمار شاهد یا کنترل را ایفا می‌کند. با توجه به اینکه نمونه-برداری در مرداد ماه انجام گرفت، لذا ابتدا محل نمونه-برداری مورد آبیاری قرار گرفت و زمانی که رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی رسید نمونه‌برداری انجام گرفت. در مجموع 72 نمونه خاک دست‌خورده از موقعیت پشت شیب برداشت شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از هواخشک شدن به منظور جدا کردن سنگریزه از الک 2 میلی‌متری عبور داده شدند. ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور و همکاران (1952)، پ-هاش به روش توماس (1996)، هدایت الکتریکی به روش رودس (1996)، کربنات کلسیم به روش سیمز (1996) و ماده آلی خاک به روش نلسون و سامرز (1986) اندازه‌گیری شد.

نرمال بودن توزیع داده های آزمایشی، با آزمون-های شاپیرو- ویلک و کولموگروف- اسمیرنوف، مورد بررسی قرار گرفت. در صورت نرمال نبودن توزیع داده‌ها، تبدیل داده انجام شد. قبل از آزمون مقایسه میانگین‌ها باید از یکنواختی واریانس متغیر وابسته در سطوح متغیر مستقل اطمینان حاصل کرد. برای این منظور از آزمون لون به عنوان یک آزمون استاندارد استفاده شد. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها شناسایی و حذف داده‌های پرت انجام شد. مقایسه میانگین از طریق آزمون دانکن در سطح 5 درصد انجام گرفت. رسم منحنی‌ها توسط نرم‌افزار Excel-2013 و عملیات آماری توسط نرم‌افزار SAS نسخه 9/4 صورت گرفت.

نتایج و بحث

گیاهان مورد مطالعه در پژوهش

گون، گونه Astragalus parrowianus

گون زرد گیاهی از تیره پروانه آسایان و دارای گونه‌های درختچه‌ای و علفی متعددی است. اغلب به حالت خودرو و خاردار در نواحی کوهستانی دیده می‌شود و بیش از 804 گونه آن در نقاط مختلف ایران می‌روید (شکل 2- a). گیاهی بوته‌ای پا کوتاه یا پا بلند، بالشتکی، خارپشتی، در طیف وسیعی از خاک‌ها به ویژه خاک‌های بدون تکامل پروفیلی، اراضی سنگلاخی، واریزه‌ای، با بافت‌های سبک تا نسبتاً سنگین، کم عمق، بدون شوری و قلیائیت می‌روید و در خاک‌های آهکی هم به خوبی رشد و استقرار می‌یابد (فرودین، 2004).

علف پشمکی، گونه Bromus tomentellus boiss

گیاه مرتعی علف‌پشمکی گیاهی پایا با ساقه‌های ماشوره‌ای (توخالی و نی‌مانند) راست می‌باشد. این گونه عموماً در شیب‌های شمالی و خاک‌های نیمه عمیق تا عمیق رویش دارد (شکل 2-b). گرچه اراضی صخره‌ای و سنگلاخی و همچنین شیب‌های تند را نمی‌پسندد، ولی کم و بیش در این اراضی نیز مشاهده می‌شود و خاک‌های با بافت متوسط را ترجیح می‌دهد (مقیمی، 1384).

بررسی فرضیات آزمون

متغیرهای ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC[1])، پ-هاش (pH[2])، هدایت الکتریکی (EC[3]) و کربنات کلسیم ($CaCO_3$[4]) توزیع خطای نرمال نداشتند به همین علت طبق جدول 1 تبدیل شدند. از آنجایی که آزمون لون در همه واریانس‌های خطا دارای p-value بزرگتر از 0/05 بود، بنابراین فرض تساوی واریانس‌ها پذیرفته شد. در حالت کلی چنانچه چولگی و کشیدگی در بازه (2 ، 2-) نباشند، داده‌ها از توزیع نرمال بسیار دور بوده و باید قبل از هر آزمونی، فرض نرمال بودن داده‌ها را برایشان برقرار نمود (شماعی، 1396). در این تحقیق طبق جدول 1، چولگی و کشیدگی برای تمامی متغیرها در بازه مد نظر قرار دارند؛ بنابراین خطای آزمایشی متغیرها (و یا فرم تبدیل شده آن‌ها) از این نظر نیز از توزیع نرمال پیروی می‌کند؛ در واقع می‌توان گفت که، خطای سیستماتیک در این متغیرها اتفاق نیفتاده است.

تأثیر فاکتورهای مورد مطالعه بر خصوصیات شیمیایی

نتایج تجزیه واریانس داده ها برای بررسی تأثیر فاکتورهای مورد نظر بر برخی ویژگی‌های خاک و همچنین نتایج کلیه مقایسه میانگین‌ها در جدول 2 نشان داده شده است.

ظرفیت تبادل کاتیونی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 2) نشان داد، کلیه فاکتورهای اصلی و برهمکنش آن‌ها به جز برهمکنش جهت شیب × عمق نمونه‌برداری و برهمکنش جهت شیب × نوع بوته × عمق نمونه‌برداری بر ظرفیت تبادل کاتیونی در سطح 1 یا 5 درصد آماری تأثیر معنی‌دار داشتند.

---

1. Cation exchange capacity
2. Hydrogene power
3. Electrical conductivity
4. Calcium carbonate

(a)

(b)

شکل 2- (a) گون، گونه Astragalus parrowianus؛ (b) علف پشمکی، گونه Bromus tomentellus boiss

بررسی فرضیات آزمون

جدول 1- نتایج کفایت مدل برای ویژگی‌های شیمیایی خاک.

متغیر	چولگی	کشیدگی	آزمون نرمال		آزمون لون
			p-value کولموگروف – اسمیرنوف	p-value شاپیرو- ویلک	p-value
$\sqrt{CEC}$	0/0051	-0/7026	>0/1500	0/3991	0/1456
$(pH-7)^{-1}$	0/3619	-0/6252	>0/1500	0/1325	0/0549
$\mathrm{Sin}\sqrt{1/EC}$	-0/5461	0/5433	>0/1500	0/1840	0/1277
Log ($CaCO_3$)	-0/4972	0/6441	>0/1500	0/3182	0/0730
OM	-0/0248	-0/3412	>0/1500	0/8794	0/0543

CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، pH: پ-هاش، EC: قابلیت هدایت الکتریکی خاک، $CaCO_3$: کربنات کلسیم خاک، OM: ماده آلی خاک.

نتایج مقایسه میانگین تأثیر برهمکنش دوطرفه جهت شیب × نوع بوته بر CEC (شکل 3- الف) نشان داد که، در جهت شیب شمالی تیمار گون زرد موجب افزایش CEC نسبت به گونه علف پشمکی و موقعیت بین بوته گردید؛ این در حالی است که در جهت شیب جنوبی تیمار موقعیت بین بوته باعث کاهش معنی دار CEC نسبت به گیاه علف پشمکی و گون زرد گردید، اما تفاوت مقادیر CEC بین بوته گون زرد و بوته علف پشمکی در جهت شیب جنوبی معنی‌دار نبود. بوته گون زرد به دلیل سیستم ریشه‌ای راست توانایی بالایی در جذب عناصر خاک دارد؛ که بازگشت زیست توده گیاه به خاک موجب افزایش عناصر محلول و قابل تبادل خاک می‌گردد و همین امر موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک توسط بوته گون زرد می‌شود؛ همچنین به علت تاج پوشش گسترده این بوته و افزایش ماده آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد.

جدول2-نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تأثیر فاکتورهای جهت شیب، نوع بوته و عمق نمونه‌برداری بر ویژگی‌های شیمیایی خاک.

منابع تغییرات	DF	$\sqrt{CEC}$	$(pH-7)^{-1}$	$Sin\sqrt{1/EC}$	Log ($CaCO_3$)	OM
		p-value				
جهت شیب	1	<0/0001**	0/0003**	0/0986	<0/0001**	<0/0001**
نوع بوته	2	<0/0001**	<0/0001**	0/1618	<0/0001**	<0/0001**
عمق نمونه‌برداری	1	<0/0001**	<0/0001**	0/0090**	<0/0001**	<0/0001**
جهت شیب x نوع بوته	2	0/0291*	0/6435	0/1445	<0/0001**	<0/0001**
جهت شیب x عمق	1	0/2465	0/0173*	0/1490	0/1645	<0/0001**
نوع بوته x عمق	2	<0/0001**	<0/0001**	0/0707	<0/0001**	<0/0001**
جهت شیبx نوع بوتهx عمق	2	0/1492	0/2859	0/5512	<0/0001**	0/0005**

میانگین‌ها

منابع تغییرات		CEC ($cmol_c kg^{-1}$)	pH (-)	EC (dSm^{-1})	$CaCO_3$ (%)	OM (%)
جهت شیب	N	a20/30	b7/50	0/53	a13/43	a3/144
	S	b10/24	a7/ 57	0/45	b9/39	b2/412
	SEM	0/399	0/001	0/004	0/0036	0/022
نوع بوته	B	b15/57	b7/51	0/55	b11/68	b2/88
	A	a16/73	c7/47	0/53	a13/46	a3/54
	E	c13/51	a7/63	0/40	c9/09	c1/90
	SEM	0/489	0/0012	0/005	0/0042	0/027
عمق	D_1	a16/68	b7/46	a0/56	b10/34	a3/838
	D_2	b13/87	a7/61	b0/43	a12/48	b1/717
	SEM	0/399	0/001	0/004	0/0036	0/022
جهت شیب x نوع بوته	B x N	19/20b	7/46	0/50	b13/72	b3/232
	A x N	21/88a	7/43	0/66	a16/87	a4/013
	E x N	18/84b	7/61	0/45	d9/69	e2/186
	B x S	c10/96	7/55	0/57	e9/64	d2/538
	A x S	c11/58	7/51	0/45	c10/06	c3/081
	E x S	d8/18	7/65	0/36	f8/48	f1/616
	SEM	0/692	0/0017	0/008	0/006	0/039
جهت شیب x عمق	D_1 x N	21/72	7/44c	0/62	12/09	a4/333
	D_2 x N	18/89	7/55a	0/45	14/77	c1/954
	D_1 x S	11/63	7/47b	0/50	8/59	b3/344
	D_2 x S	8/84	7/68a	0/41	10/20	d1/481
	SEM	0/565	0/0014	0/006	0/0049	0/032
نوع بوته x عمق	D_1 x B	b17/47	7/43c	0/60	d10/36	b4/132
	D_2 x B	c13/68	7/59b	0/46	b13/01	e1/639
	D_1 x A	a18/97	7/35d	0/61	c11/58	a5/058
	D_2 x A	c14/49	7/58b	0/49	a15/35	d2/036
	D_1 x E	c13/60	7/59b	0/46	e9/08	c2/326
	D_2 x E	c13/42	7/67a	0/33	e9/10	f1/476
	SEM	0/692	0/0017	0/08	0/006	0/039
جهت شیبx نوع بوتهx عمق	D_1 x B x N	22/35	7/42	0/53	d12/25	b4/636
	D_2 x B x N	18/04	7/51	0/47	b15/20	h1/829
	D_1 x A x N	23/87	7/35	0/79	c14/31	a5/717
	D_2 x A x N	19/99	7/50	0/53	a19/43	f2/308
	D_1 x E x N	19/04	7/57	0/54	g9/70	e2/647
	D_2 x E x N	18/63	7/64	0/35	g9/68	h1/725

$D_1 \times B \times S$	12/59	7/44	0/68	^{i}8/47	^{d}3/627
$D_2 \times B \times S$	9/32	7/67	0/46	^{f}10/81	^{i}1/450
$D_1 \times A \times S$	14/15	7/36	0/44	^{h}8/85	^{c}4/398
$D_2 \times A \times S$	9/00	7/66	0/46	^{e}11/27	^{h}1/829
$D_1 \times E \times S$	8/15	7/60	0/39	^{i}8/45	^{g}2/005
$D_2 \times E \times S$	8/21	7/70	0/31	^{i}8/52	^{j}1/228
SEM	0/979	0/002	0/011	0/0084	0/055

DF: درجه آزادی، SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، pH: پ-هاش، EC: قابلیت هدایت الکتریکی خاک، $CaCO_3$: کربنات کلسیم خاک، OM: ماده آلی خاک، E: Environs the bush (اطراف بوته)، A: Astragallus parrowianus (گون زرد)، B: Bromus tomentellus (علف پشمکی)، S: Southern (جنوبی)، N: Northern (شمالی)، D_1: عمق اول (10-0 سانتی‌متری) خاک، D_2: عمق دوم (20-10 سانتی‌متری) خاک، وجود حروف مشابه در هر بخش هر ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می-باشد.

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد می‌باشند.

بوته علف پشمکی به دلیل وجود ریشه‌های افشان و فعالیت این سیستم ریشه‌ای در خاک‌های سطحی و همچنین کمبود مواد آلی، تأثیری در افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به موقعیت بین بوته در شیب شمالی ندارد. عدم تفاوت معنی‌دار در مقادیر این پارامتر در جهت شیب شمالی بین بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته را می‌توان به تولید ماده آلی کم توسط بوته علف پشمکی که از گندمیان یک‌ساله می‌باشد نسبت داد؛ به نظر می‌رسد در جهت شیب شمالی رس تأثیر بیشتری بر مقادیر پارامتر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک دارد، که می‌تواند بر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین بین بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته تأثیر داشته باشد. ذخیره کربن آلی بالاتر بستگی به ماندگاری مواد آلی دارد که در گونه-های بوته‌ای (بوته گون زرد) بیشتر از گونه‌های گندمیان (گیاه علف پشمکی) است. تفاوت در مقادیر کربن آلی را می‌توان به تفاوت در مواد آلی مقاوم به تجزیه و تفاوت در جامعه میکروبی تیپ پوشش‌های گیاهی مختلف نسبت داد (مک کالی و همکاران، 2004). بنابراین با توجه به بالا بودن مواد آلی در بوته گون زرد مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی در این بوته بیشتر از بوته علف پشمکی می‌باشد.

در جهت شیب جنوبی به دلیل فقدان تکامل پروفیلی خاک، مقادیر کم ماده آلی و رس خاک و همچنین شرایط نامساعد رطوبتی- دمایی؛ گیاهان دارای ساختار ضعیف‌تر و پوشش تاجی فقیرتری می‌باشند؛ لذا در این جهت شیب بین بوته گون زرد با بوته علف پشمکی تفاوتی مشاهده نمی‌شود. چرا که دمای بالا در این جهت شیب موجب تجزیه و اکسیده شدن مواد آلی خاک می‌گردد و همین امر موجب کاهش تفاوت بین انواع پوشش گیاهی و کاهش تفاوت در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌شود، اما در مقایسه با تیمار موقعیت بین بوته دارای CEC بالاتری بودند.

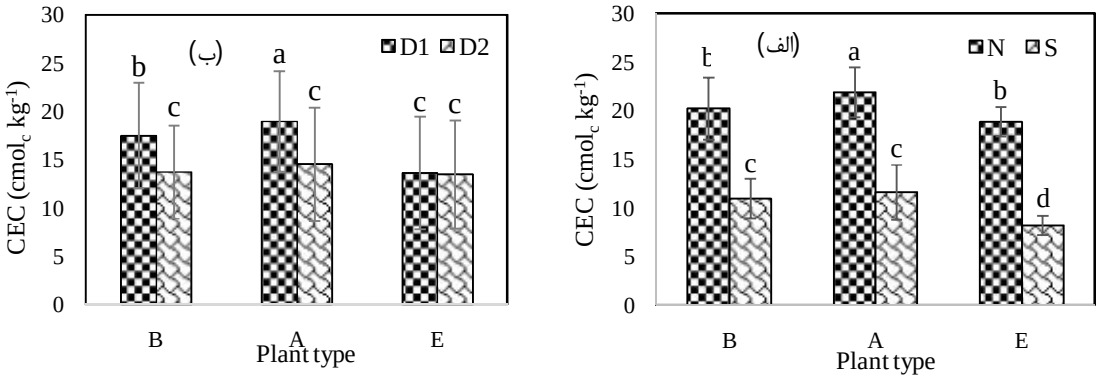
در تمامی موقعیت‌های بوته و بین بوته مقدار CEC در جهت شیب جنوبی به طور معنی‌داری نسبت به جهت شیب شمالی کمتر بود. بالداک و اودز (1992) معتقدند که کربن آلی خاک به میزان هوموس و سطح تاج پوشش گونه‌های موجود بستگی دارد. اما در جهت شیب جنوبی به دلیل دمای بالا و رطوبت کم و نداشتن تکامل پروفیلی، گیاهان از لحاظ ساختاری و تولید مواد آلی نسبت به گیاهان شیب شمالی در سطح پایین‌تری قرار دارند و همین عامل سبب کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی در این جهت شیب شده است. تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک به طور معنی‌داری توسط عوامل محیطی از جمله اقلیم، توپوگرافی، درجه و جهت شیب و پوشش گیاهی کنترل می‌شود (تان و همکاران، 2004؛ سیداری و همکاران، 2008). بگوم و همکاران (2010) با مطالعه تأثیر جهت شیب بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک گزارش کردند که، در خاک‌های دارای شیب رو به شمال مقدار کربن آلی، رطوبت، تنوع ریزجانداران و گیاهان خاک بالاتر و دما و پ-هاش کمتری مشاهده گردید.

جهت شیب به طور مستقیم بر نگه‌داشت آب در خاک تأثیر می‌گذارد؛ در مطالعات جری (2011) آمده است که، در شیب‌های شمالی نسبت به شیب‌های جنوبی 25 درصد نگه‌داشت آب بیشتر بوده که این عامل باعث افزایش ضخامت و عمق خاک در بویس آیداهو آمریکا شده است، که همین عامل هم تأثیر چشم‌گیری بر گنجایش تبادل کاتیونی خاک دارد. با توجه به پوشش گیاهی غنی شیب‌های شمالی نسبت به شیب‌های جنوبی،

ظرفیت تبادل کاتیونی شیب‌های شمالی بیشتر از شیب‌های جنوبی می‌باشد (ژانگ و همکاران، 2012؛ تاتسوهارا و کوراشیگ، 2001؛ بروکستون و همکاران، 2009). نتایج این مطالعه با نتایج زرینی بهادر و همکاران (1394) مطابقت داشت. به طور کلی شیب جنوبی دارای خاک‌های با تحول کمتر (اینسپتی‌سول) و شیب شمالی دارای خاک-های با تکامل بیشتر (انتی‌سول) می‌باشد. وجود اختلاف در فرآیندهای هومیفیکاسیون در جهت‌های شمالی و جنوبی (رضاپور و همکاران، 2014) و افزایش رس و مواد آلی در جهت‌های شمالی (چوپانیان و همکاران، 2012) و به تبع آن ماده آلی زیاد در جهت‌های شمالی (حیدری و همکاران، 2010) سبب افزایش CEC در جهت شمالی شده است. گراغانی و همکاران (2014) با مطالعه تأثیر جهت شیب بر خصوصیات خاک در مراتع شهرستان نور بیان کردند که، جهت شیب باعث تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی شده است و گیاهان واقع در شیب‌های رو به شمال دارای بیشترین میزان زیست‌توده و تراکم گیاهی بوده و تفاوت معنی‌داری با پوشش گیاهی شیب‌های رو به جنوب داشتند.

نتایج مقایسه میانگین تأثیر برهمکنش دو طرفه نوع بوته × عمق نمونه‌برداری بر مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (شکل 3- ب) نشان داد که، تیمار گون زرد در عمق اول موجب افزایش معنی‌دار این پارامتر نسبت به تیمار علف پشمکی و موقعیت بین بوته، و تمامی تیمارها در عمق دوم شد. همچنین تیمار علف پشمکی موجب افزایش معنی‌دار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به موقعیت بین بوته شد. گاجری و همکاران (2002) و معماریان فرد و بیگی هرچگانی (2009) سهم میزان ماده آلی در تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را بسیار تأثیرگذار بیان کردند، در این پژوهش تیمار علف پشمکی به دلیل دارا بودن ماده آلی بیشتر نسبت به موقعیت بین بوته، مقادیر CEC بالاتری نسبت به موقعیت بین بوته در عمق سطحی داشت. تیمار گون زرد به علت اینکه دارای پوشش تاجی و ماده آلی بیشتری (میرخانی و همکاران، 1384) نسبت به تیمار علف پشمکی و موقعیت بین بوته می‌باشد، بنابراین دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتری نسبت به دو تیمار علف پشمکی و موقعیت بین بوته بود. فایرچیلد و برازرسون (2001) در مطالعات خود همبستگی بین پوشش گیاهی و خصوصیات خاک را به اثبات رساندند.

نتایج مقایسه میانگین ظرفیت تبادل کاتیونی در عمق دوم نشان داد که، بین هیچ‌یک از تیمارهای بوته گیاهی تفاوت معنی‌داری در میزان CEC مشاهده نشد. این عدم تفاوت ناشی از تابعیت مقادیر گنجایش تبادل کاتیونی از تغییرات ماده آلی است (جی‌یوبا، 2003). چراکه موادآلی حاصل از گیاهان غالباً به لایه سطحی خاک اضافه می‌شود و لایه های پایین‌تر را کمتر تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌همین علت در عمق دوم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای بوته و بین بوته مشاهده نشد. با توجه به کاهش میزان ماده آلی خاک از سطح به عمق خاک در هر دو نوع بوته گیاهی، ظرفیت تبادل کاتیونی در عمق نمونه‌برداری اول به طور معنی‌داری بیشتر از عمق نمونه‌برداری دوم می‌باشد. این نتایج، با نتایج مطالعات مهاجری و همکاران (1395) مطابقت داشت. آن‌ها بیان کردند که، میزان CEC با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند ناشی از کاهش میزان ماده آلی خاک با افزایش عمق باشد (وحیدی وهمکاران،2011). سیو-گانگ و همکاران (2007) مقادیر کربن آلی را در مراتع با مدیریت‌های متفاوت مورد مطالعه قرار دادند. آنها گزارش کردند که مقادیر کربن آلی در عمق 10-0 سانتی‌متری خاک بیشترین بود، که آن‌را به مقدار بالای مواد آلی تازه و به آسانی تجزیه شونده نسبت دادند. وگن و همکاران (2006) در تحقیقات خود در رابطه با تأثیر پوشش گیاهی بر خصوصیات خاک، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی به دست آوردند. لازم به ذکر است که در موقعیت بین بوته تفاوت معنی‌داری در میزان CEC دو عمق مشاهده نشد. در موقعیت بین بوته چون بقایای گیاهی وجود ندارد که به خاک برگردد و موجب افزایش ماده‌آلی در سطح خاک نسبت به عمق آن شود، به‌همین علت تفاوت معنی‌داری در میزان CEC دو عمق مشاهده نشد.



شکل 3- نتایج مقایسه میانگین تأثیر الف) برهمکنش دو طرفه جهت شیب × نوع بوته بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، ب) برهمکنش دو طرفه نوع بوته × عمق نمونه‌برداری بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک. N و S به ترتیب نشان دهنده جهت شیب شمالی و جهت شیب جنوبی و B، A و E به ترتیب نشان دهنده علف پشمکی، گون زرد و بین بوته و D_1 و D_2 به ترتیب نشان دهنده عمق اول (0-10 سانتی‌متری) و عمق دوم (10-20 سانتی‌متری) خاک می‌باشند. در هر یک از شکل‌ها، وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی ستون‌ها نشان دهنده انحراف استاندارد داده‌ها می‌باشد.

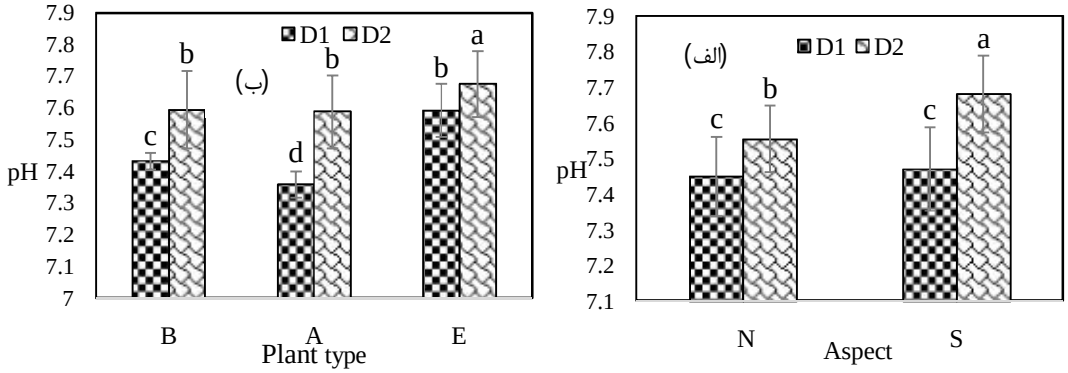
پ-هاش خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول 2) که، کلیه فاکتورهای اصلی و برهمکنش‌های آن‌ها به جز برهمکنش جهت شیب × نوع بوته و جهت شیب × نوع بوته × عمق نمونه‌برداری بر پ-هاش خاک در سطح 1 یا 5 درصد آماری تأثیر معنی‌دار داشتند.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل جهت شیب × عمق نمونه‌برداری برمقادیر پارامتر pH (شکل 4- الف) نشان داد که، در هر دو جهت شیب شمالی و جنوبی مقادیر pH در عمق اول خاک به طور معنی‌داری کمتر از مقادیر pH در عمق دوم در همان جهت شیب بود. به طور کلی میزان pH در شیب‌های رو به شمال کمتر از شیب-های رو به جنوب بود، که این تفاوت در عمق دوم معنی‌دار بود. این نتایج مطابق با تحقیقات شارما (2001) بود، چراکه او نیز گزارش کرد که با افزایش عمق pH خاک افزایش پیدا می‌کند و پوشش گیاهی موجب کاهش pH می‌گردد. فاجریا و نیسنته (2014) بیان کردند که پوشش گیاهی با آزاد کردن مواد آلی و ارگانیک باعث کاهش pH خاک سطحی می‌گردد؛ وجود مواد آلی بیشتر در عمق اول دلیلی بر کاهش pH خاک در این عمق نسبت به عمق دوم بود. رضایی و همکاران (2012) بیان کردند که میزان pH در اراضی تحت کشت چای، با افزایش عمق افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه مقدار کربن آلی در شیب شمالی بیشتر از شیب جنوبی است، بنابراین مقدار pH به دلیل افزایش یون هیدرونیوم در نتیجه تجزیه ماده آلی در شیب‌های شمالی کمتر از شیب‌های جنوبی می‌باشد. وجود شرایط مساعد برای رشد میکروارگانیسم‌های خاک و تجزیه و تخریب کانی‌ها و افزایش ذرات رس در شیب‌های شمالی؛ دمای کم و همچنین رطوبت مناسب و کافی و به دنبال آن تراکم پوشش گیاهی، از جمله دلایلی هستند که موجب کاهش pH در خاک-های رو به شمال می‌گردند. این نتایج با نتایج ژانگ و همکاران (2012) مطابقت داشت.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع بوته × عمق نمونه‌برداری بر مقدار pH نشان داد (شکل 4- ب) که، در عمق اول خاک، بوته گون زرد باعث کاهش معنی‌دار pH نسبت به بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته گردید، همچنین بوته علف پشمکی موجب کاهش معنی‌دار pH نسبت به موقعیت بین بوته در عمق اول خاک شد. در عمق دوم تیمارهای گون زرد و علف پشمکی موجب کاهش معنی‌دار pH نسبت به موقعیت بین بوته گردیدند، ولی بین تیمارهای بوته گون زرد و بوته علف پشمکی تفاوت معنی‌داری در مقادیر این پارامتر مشاهده نشد. در تمامی موقعیت‌های بوته و بین بوته، عمق اول باعث کاهش معنی‌دار pH نسبت به عمق دوم گردید.

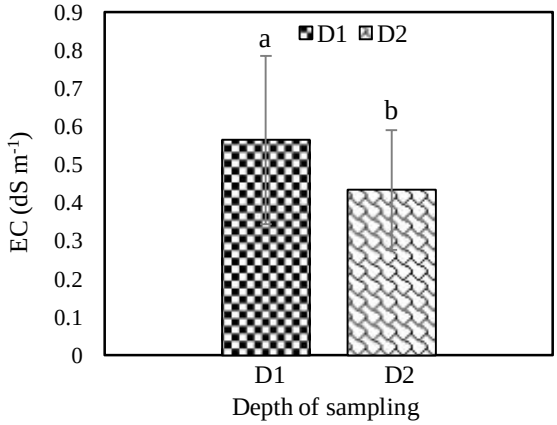
بوته گون زرد به دلیل اینکه دارای درصد پوشش تاجی بالاتری نسبت به گیاه علف پشمکی می‌باشد، بنابراین میزان ماده آلی بیشتری به خاک تحت پوشش خود اضافه می‌کند؛ همچنین به دلیل سیستم ریشه‌ای قوی و صمغی که از آن ترشح می‌گردد موجب کاهش چشم‌گیر pH خاک نسبت به گیاه علف پشمکی که از تیره گندمیان یک‌ساله است، می‌گردد. با توجه به اینکه میزان کربن آلی با افزایش عمق کاهش می‌یابد، بنابراین pH در تمامی تیمارهای پای بوته و بین بوته در عمق دوم به طور معنی‌داری افزایش یافته است، که این افزایش در تیمار موقعیت بین بوته نسبت به تیمارهای بوته گون زرد و بوته علف پشمکی بیشتر است. این نتایج، با نتایج فرزانه (1382) و جعفری و همکاران (1384) مطابقت داشت. محققین بسیاری عقیده دارند که خصوصیات خاک متأثر از پاسخ به فعالیت‌های ریشه و خصوصیات لاشبرگی است که از گیاهان به ناحیه زیر تاج پوشش آن‌ها فرو می‌ریزد (مودی و جونز، 2000).



شکل 4- نتایج مقایسه میانگین تأثیر الف) برهمکنش دو طرفه جهت شیب × عمق نمونه‌برداری بر پ-هاش خاک و ب) برهمکنش دو طرفه نوع پوشش گیاهی × عمق نمونه‌برداری بر پ-هاش خاک. N و S به ترتیب نشان دهنده جهت شیب شمالی و جهت شیب جنوبی و B، A و E به ترتیب نشان دهنده علف پشمکی، گون زرد و بین بوته و D_1 و D_2 به ترتیب نشان دهنده عمق اول (0-10 سانتی‌متری) و عمق دوم (10-20 سانتی‌متری) خاک می‌باشند. در هر یک از شکل‌ها، وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی ستون‌ها نشان دهنده انحراف استاندارد داده‌ها می‌باشد.

هدایت الکتریکی خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول 2) که، هیچ‌یک از اثرات برهمکنش‌های دو طرفه و سه طرفه، همچنین اثرات فاکتورهای اصلی به جز فاکتور عمق نمونه‌برداری بر میزان هدایت الکتریکی خاک معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین تأثیر عمق نمونه‌برداری بر مقدار EC (شکل 5) نشان داد که، عمق نمونه‌برداری اول موجب افزایش معنی‌دار پارامتر EC خاک نسبت به عمق نمونه‌برداری دوم خاک گردید. با توجه به اینکه مقادیر ماده آلی خاک در عمق اول بیشتر از عمق دوم می‌باشد، لیکن مقادیر هدایت الکتریکی در عمق اول به طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر هدایت الکتریکی در عمق دوم بود (اورتمن و همکاران، 2012). محمودآبادی و احمد بیگی (2013) نشان دادند که، عمق خاک تأثیر معنی‌داری بر EC خاک دارد. مقادیر EC بیشتر در خاک‌های سطحی ناشی از شرایط بهتر عناصر محلول در این عمق در اثر آزاد سازی عناصر موجود در لاشبرگ و زی‌توده گیاهی است. ریشه گیاهان قادر می‌باشند مقادیر بالای نمک‌های طبقات زیر سطحی زمین را جذب کنند و املاح جذب شده را در اندام‌های هوایی خود ذخیره کنند. با تجمع مواد آلی در سطح زمین، و به دنبال آن آزاد سازی عناصر محلول موجود در مواد آلی، میزان شوری خاک سطحی افزایش می‌یابد. تجدا و گونزالس (2007) نیز بیان کردند که مواد آلی خاک موجب افزایش هدایت الکتریکی خاک شده و در درازمدت بهبود ساختمان خاک را به دنبال دارند.



شکل 5- نتایج مقایسه میانگین تأثیر فاکتور عمق نمونه‌برداری بر هدایت الکتریکی خاک. D_1 و D_2 به ترتیب نشان دهنده عمق اول و عمق دوم خاک می‌باشند. وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی ستون‌ها نشان دهنده انحراف استاندارد داده‌ها می‌باشد.

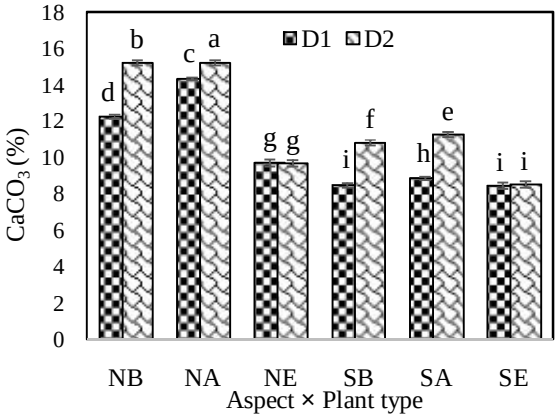
کربنات کلسیم خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 2) نشان داد که، کلیه اثرات فاکتورهای اصلی و برهمکنش‌های آن-ها به جز برهمکنش جهت شیب × عمق نمونه‌برداری بر میزان کربنات کلسیم خاک در سطح 1 درصد آماری معنی‌داری بود. با توجه به اینکه برهمکنش سه طرفه جهت شیب × نوع بوته × عمق نمونه‌برداری معنی‌دار شد (جدول2)، برهمکنش‌های دو طرفه و اثرات فاکتورهای اصلی مورد بحث قرار نگرفت و فقط برهمکنش سه طرفه مورد بحث قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سه طرفه جهت شیب × نوع بوته × عمق نمونه‌برداری بر مقادیرکربنات کلسیم خاک (شکل 6) نشان داد که، در جهت شیب شمالی در عمق اول و دوم بوته گون زرد موجب افزایش معنی‌دار کربنات کلسیم خاک نسبت به بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته گردید، همچنین در عمق اول و دوم شیب شمالی، بوته علف پشمکی موجب افزایش معنی‌دار کربنات کلسیم نسبت به موقعیت بین بوته شد. با توجه به اینکه بوته گون زرد از لحاظ ساختاری و سیستم ریشه‌ای دارای تکامل بیشتر و قوی‌تر، همچنین عمق نفوذ بیشتری می‌باشد، بنابراین توانایی بیشتری در تغییر خصوصیات خاک در مقایسه با بوته علف پشمکی دارد. با توجه به اینکه مقادیر بالای ماده آلی مربوط به بوته گون زرد می‌باشد (با توجه به تاج پوشش گسترده بوته گون زرد و زیست‌توده گیاهی بالا)، در نتیجه فرآیند خاکدانه‌سازی در بوته گون زرد بالاست و همین امر موجب شستشوی کمتر کربنات کلسیم در بوته گون زرد نسبت به بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته می‌گردد.

در جهت شیب جنوبی در عمق اول و دوم بوته گون زرد سبب افزایش معنی‌دار کربنات کلسیم نسبت به بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته گردید، این در حالی است که تفاوت کربنات کلسیم در بوته علف پشمکی با موقعیت بین بوته در عمق اول شیب جنوبی معنی‌دار نبود، هر چند در عمق دوم این تفاوت نیز معنی‌دار شد. در عمق اول شیب جنوبی بوته گون زرد به دلیل داشتن پوشش تاجی بیشتر نسبت به بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته موجب افزایش کاتیون‌های محلول خاک منجمله کلسیم می‌شود (ونسا و همکاران، 2005؛ ریمن و همکاران، 2001؛ هاگن-تورن و همکاران، 2004؛ اوگاستو و همکاران، 2002). در عمق دوم شیب جنوبی بوته علف پشمکی به علت افزایش ماده آلی و نگه‌داشت رطوبت خاک، از شستشوی املاح خاک و از جمله کلسیم جلوگیری کرده و موجب افزایش کربنات کلسیم نسبت به موقعیت بین بوته می‌گردد.

در عمق اول و دوم نمونه‌برداری در تمامی موقعیت‌های بوته و بین بوته شیب شمالی باعث افزایش معنی‌دار کربنات کلسیم نسبت به موقعیت نظیر به نظیر آن در شیب جنوبی گردید، که علت آن شستشوی بیشتر کربنات کلسیم از شیب جنوبی به خاطر بافت درشت آن و ماده آلی کم آن می‌باشد. این نتایج، با نتایج جعفریان و شعبانزاده (1396) همخوانی دارد. با توجه به دمای کمتر و رطوبت بیشتر در شیب‌های شمالی فرآیند خاک‌سازی و میزان رس در شیب‌های شمالی بیشتر از جنوبی است و رس زیاد سبب به وجود آمدن بافت سنگین و جلوگیری از آبشویی آهک می‌گردد؛ و این امر موجب افزایش میزان کلسیم کربنات در جهت شمالی می‌گردد.

در تیمارهای گون زرد و علف پشمکی میزان کربنات کلسیم در عمق دوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از عمق اول بود، ولی در موقعیت بین بوته تفاوتی در میزان کربنات کلسیم دو عمق خاک مشاهده نگردید. کودسوا و همکاران (2006) گزارش کردند که ریشه‌های گیاهان باعث به وجود آوردن پوشش‌های رسی با شکل آمورف و کلسیت سوزنی شکل در افق‌های زیر سطحی می‌گردند که افق کلسیت ناشی از تجمع کلسیت که یک کانی کربناته و پایدارترین کربنات کلسیم ($CaCO_3$) چندریخت است، می‌باشد. همچنین می‌توان گفت دلیل دیگر این امر آبشویی آهک از افق‌های سطحی و تجمع آن در افق‌های زیر سطحی است. ثروتی و همکاران (1396) با مطالعه 4 پروفیل در موقعیت‌های مختلف مزارع کشت چغندر، که با فاصله کمتر از 200 متر حفر گردید، مشاهده کردند که، کربنات کلسیم خاک بیشتر در خاک تحت الارض و در افق‌های Bk، Bw و C تجمع پیدا کرده است. طبق یافته‌های سایر محققین نیز میزان آهک با افزایش عمق به تدریج افزایش می‌یابد (کریمی و همکاران، 2014؛ سنجری و همکاران، 2011). در موقعیت بین بوته تفاوتی در مقادیر آهک در بین عمق اول و دوم نمونه‌برداری دیده نشد که علت آن را می‌توان به فقدان پوشش گیاهی، فعالیت مورفولوژیکی ریشه گیاه و کمبود مواد آلی خاک نسبت داد.



شکل 6- نتایج مقایسه میانگین تأثیر برهمکنش سه طرفه جهت شیب × نوع بوته × عمق نمونه‌برداری بر مقدار کربنات کلسیم خاک. D_1 و D_2 به ترتیب نشان دهنده عمق اول و عمق دوم خاک و B، A و E به ترتیب نشان دهنده علف پشمکی، گون زرد و بین بوته، N و S به ترتیب نشان دهنده جهت شیب شمالی و جهت شیب جنوبی می‌باشند. وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی ستون‌ها نشان دهنده انحراف استاندارد داده‌ها می‌باشد.

ماده آلی خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول 2) که، کلیه فاکتورهای اصلی و برهمکنش‌های دو طرفه و سه طرفه تأثیر معنی‌داری بر ماده آلی خاک در سطح 1 درصد آماری داشتند.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سه طرفه جهت شیب × نوع بوته× عمق نمونه‌برداری آزمون دانکن بر مقادیر ماده آلی خاک (شکل 7) نشان داد که، در جهت شیب شمالی بوته گون زرد موجب افزایش معنی‌دار ماده آلی در عمق اول خاک نسبت به بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته گردید؛ همچنین بوته علف پشمکی موجب افزایش معنی‌دار ماده آلی نسبت به موقعیت بین بوته در عمق اول شیب شمالی گردید. در عمق دوم شیب شمالی بوته گون زرد موجب افزایش معنی‌دار ماده آلی نسبت به بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته گردید، ولی تفاوت بین ماده آلی بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته معنی‌دار نبود.

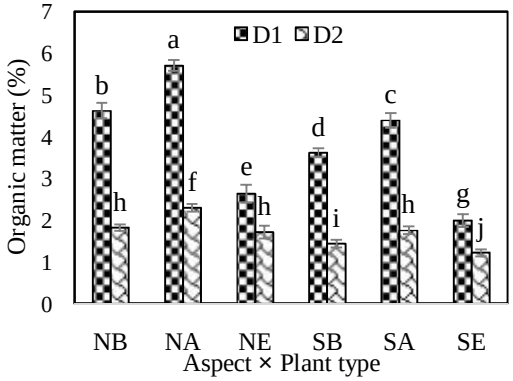
در جهت شیب جنوبی و در عمق اول و دوم بوته گون زرد موجب افزایش معنی‌دار ماده آلی نسبت به بوته علف پشمکی و موقعیت بین بوته گردید؛ همچنین بوته علف پشمکی موجب افزایش معنی‌دار ماده آلی نسبت به موقعیت بین بوته در هر دو عمق شیب جنوبی گردید. به طور کلی در عمق اول و دوم نمونه‌برداری، و در تمامی موقعیت‌های بوته و بین بوته جهت شیب شمالی باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی نسبت به موقعیت‌های نظیر به نظیر آن در جهت شیب جنوبی گردید. در هر دو جهت شیب و تمام

موقعیت‌های بوته و بین بوته مقدار ماده‌آلی در عمق اول به‌طور معنی‌داری بیشتر از عمق دوم بود.

درصد تاج پوشش، بایومس، حجم و تراکم گونه‌های گیاهی در جهت‌های شمالی بیشتر است و همین امر موجب افزایش کربن آلی خاک در این جهت شیب شده است (لنکا و همکاران، 2013). در این پژوهش میزان کربن آلی خاک با افزایش عمق خاک به طور معنی‌داری کاهش یافت، که این کاهش ناشی از تجمع بقایای گیاهی در عمق سطحی خاک می‌باشد (پایچل و آراین، 2006). ژانگ و همکاران (2012) علت تفاوت کربن آلی خاک در دو جهت شمالی و جنوبی را تأثیر جهت شیب بر توزیع میکرواقلیم‌ها دانستند؛ که منجر به تفاوت در پوشش گیاهی و در نتیجه تفاوت در محتوای مواد آلی خاک‌ها می‌شود. در جهت شیب شمالی با توجه به شرایط مساعد رطوبتی – دمایی؛ پوشش گیاهی متراکم‌تر و غنی‌تر از جهت شیب جنوبی می‌باشد و همین عامل موجب بازگشت لاشبرگ و زی‌توده گیاهی بیشتر به خاک در جهت شیب شمالی و افزایش کربن آلی خاک در این جهت شیب نسبت به جهت شیب جنوبی گردید. باترفیلد و بریگز (2009) بیان کردند که، پوشش گیاهی موجب افزایش سطوح ماده آلی خاک و بهبود کیفیت خاک می‌گردد. در بررسی اثر عمق خاک بر میزان کربن آلی خاک به نظر می‌رسد تجمع مواد آلی در عمق سطحی خاک موجب افزایش محتوای کربن آلی در این عمق نسبت به عمق زیرسطحی گردیده است.

در بین دو نوع پوشش گیاهی گون زرد و علف پشمکی، بوته گون زرد با توجه به درصد تاج پوشش بالاتر نسبت به بوته علف پشمکی تأثیر بیشتری بر افزایش کربن آلی خاک داشته است، همچنین ریشه بوته گون زرد تا عمق زیادی در خاک نفوذ می‌کند، لذا ماده آلی تا عمق زیادی به خاک اضافه می شود، به همین دلیل تأثیر آن در افزایش کربن آلی خاک در عمق دوم خاک بیشتر از بوته علف پشمکی می‌باشد. ذخیره ماده آلی خاک در هر زمان به مقدار و سرعت ورود آن به خاک بستگی دارد که از طریق اندام‌های هوایی و بخش‌های زیرزمینی پوشش گیاهی تأمین می‌شود (کویی و همکاران، 2005)؛ موقعیت بین بوته به دلیل نداشتن پوشش گیاهی با گذشت زمان دچار کمبود کربن آلی می‌گردد و به همین دلیل کمترین مقادیر کربن آلی خاک را داراست.

شی و کوی (2010) و شومن و همکاران (2002) نیز بیان کردند که، پوشش گیاهی موجب افزایش کربن آلی خاک در عمق سطحی خاک می‌گردد و این افزایش با افزایش عمق کاهش پیدا می‌کند. سینگ و همکاران (2011) بیان کردند که، خاک‌های دارای بافت درشت (خاک‌های شیب جنوبی) به دلیل درصد بالای معدنی شدن و مکانیسم‌های ضعیف حفاظتی سطوح پایین‌تری از کربن آلی خاک را دارا می‌باشند؛ به همین دلیل دارای مقادیر کمتری از ماده آلی نسبت به خاک‌های جهت شیب شمالی می‌باشند. در حالی که پاندی و همکاران (2010) بیان کردند که خاک‌های دارای ذرات ریز بیشتر (خاک‌های شیب شمالی) مکانیسم‌های فیزیکی و شیمیایی لازم جهت حفاظت از کربن آلی خاک را دارا می‌باشند.



شکل 7- نتایج مقایسه میانگین تأثیر برهمکنش سه طرفه جهت شیب × نوع بوته × عمق نمونه‌برداری بر مقدار ماده آلی خاک. D_1 و D_2به ترتیب نشان دهنده عمق اول و عمق دوم خاک و A، B و E به ترتیب نشان دهنده علف پشمکی، گون زرد و بین بوته، N و S به ترتیب نشان دهنده جهت شیب شمالی و جهت شیب جنوبی می‌باشند. وجود حروف مشابه بر روی هر یک از ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون دانکن می‌باشد. خطوط عمودی بر روی ستون‌ها نشان دهنده انحراف استاندارد داده‌ها می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

از نقطه نظر پوشش گیاهی؛ گونه‌های مورد مطالعه باعث افزایش ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم خاک شدند. تأثیر گونه گون زرد به علت داشتن تاج پوشش گسترده بیشتر از گونه علف پشمکی بود. نتایج شاخص‌های شیمیایی خاک نشان داد که، وضعیت خاک در جهت شیب شمالی به طور معنی‌داری بهتر از جهت شیب جنوبی بود؛ در جهت شیب جنوبی با توجه به وضعیت نامطلوب خاک بایستی عملیات مدیریتی و کاشت پوشش گیاهی متراکم جهت افزایش کیفیت خاک و کاهش فرسایش‌پذیری صورت گیرد. انتخاب گیاه مناسب (بوته گون زرد) جهت روش‌های اصلاحی مراتع با استفاده از نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند موجب بهبود وضعیت خاک مراتع، بهبود شرایط فیزیکی خاک توسط ریشه گیاهان اصلاحی موردنظر و بهبود کیفیت کربن آلی خاک گردد و کمک زیادی به برقراری تعادل اکولوژیکی در منطقه مورد مطالعه نماید. به طورکلی ویژگی‌های خاک در جهت‌های متفاوت شیب متغیر بوده و جهت شیب بر خصوصیات شیمیایی و نحوه تشکیل، تحول و تکامل پروفیل خاک تأثیرگذار می‌باشد. لذا در طرح‌های مربوط به مدیریت اراضی و برنامه‌های حفاظت آب و خاک باید توجه شود که گیاهانی که کشت می‌شوند سازگار با شرایط محیطی و آب و هوایی همان جهت شیب باشند که این عامل می‌تواند تأثیر چشم‌گیری در بهبود کیفیت خاک مراتع و کارآمد بودن برنامه‌های مدیریتی داشته باشد. تغییرات ماده آلی در جهات مختلف شیب حساسیت این ویژگی مهم به توپوگرافی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که گیاهان بوته‌ای چند ساله، مانند گون زرد به دلیل تاج پوشش گسترده و چوبی و خشبی بودن ساقه و ریشه‌های عمیق، نسبت به گیاهان علفی یک ساله، مانند علف پشمکی که دارای ساقه‌های نی مانند و پوشش تاجی کم می‌باشند، تأثیر بیشتری بر بهبود کیفیت و محتوای کربن آلی خاک تحت پوشش خود دارند. احیای پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های مرتعی می‌تواند موجب پویایی پوشش گیاهی و بهبود خصوصیات خاک گردد. لذا تأکید بیشتری بر کاشت گیاهان بوته‌ای چندساله در مراتع، بویژه آنهایی که رو به تخریب هستند، می‌باشد.

فهرست منابع:

1. احمدی فصیحی، ع. 1389. مقایسه چرای مستمر با چرای تأخیری در پایان فصل چرا بر روی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در حوزه زوجی آبخیز گنبد در استان همدان. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم مرتع داری. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
2. ثروتی، م، بیرامی، ح و محمدی، ح. 1396. نمودهای خاکساختی خاک‌های تحت کشت چغندرقند در منطقه میاندوآب. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
3. جعفری، م و مرادی، ح.ر. 1384. بررسی تأثیر کشت گونه‌های تاغ، آتریپلکس و گز بر خصوصیات خاک در مسیر بزرگراه تهران - قم. مجله منابع طبیعی، جلد 58، شماره 4، صفحه 921 تا 931.
4. جعفریان، ز و شعبانزاده، س. 1396. تأثیر جهت شیب بر تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه کیاسر مازندران. مجله علوم خاک و آب، جلد 27، شماره 4، صفحه 225 تا 235.
5. زرینی بهادر، م، نبی الهی، ک و نوروزی، م. 1394. تأثیر جهت‌های شیب متفاوت بر برخی ویژگی‌ها و تکامل خاک‌های جنگلی (مطالعه موردی: رستم آباد استان گیلان). مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد 29، شماره 3، صفحه 648 تا 662.
6. گروه کارشناسی اداره حوضه‌های معرف زوجی . 1379. اصول و مبانی طرح ملی استقرار و راه‌اندازی حوضه‌های معرف زوجی در کشور. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت آبخیزداری.
7. شماعی، ع، فخری پورمحمدی، ا و زنگانه، ا. 1396. ارزیابی کیفیت زندگی در مناطق شهری (مطالعه موردی: منطقه 11 شهرداری تهران). نشریه پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، دوره 5، شماره 3، صفحه 357 تا 379.

8. فرزانه، ح. 1382. بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عمق آب زیر زمینی در تاغزارهای سبزوار. مجموعه مقالات اولین همایش ملی تاغ و تاغکاری در ایران. چاپ اول. دفتر تثبیت شن و بیابان زدایی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری. 42 صفحه.
9. مقیمی، ج. 1384. معرفی برخی گونه‌های مهم مرتعی مناسب برای توسعه و اصلاح مراتع ایران. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، دفتر فنی مرتع.
10. مهاجری، پ، علمداری، پ و گلچین، ا. 1395. تأثیر موقعیت‌های شیب بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های واقع بر ردیف پستی و بلندی در منطقه دیلمان استان گیلان. نشریه آب وخاک، جلد 30، شماره 1. صفحه 162 تا 171.
11. میرخانی، ر، سعادت، س و شعبانپور، م. 1384. استفاده از فراوانی نسبی ذرات و درصد کربن آلی برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاکهای استان لرستان. مجله علمی- پژوهشی علوم خاک و آب، جلد 19، شماره 2، صفحه 235 تا 242.
12. Alban, D.H. 1982. Effect of nutrient accumulation by aspen, spruce, and pine on soil properties. Soil Sci. Soc. Am. 40, 833-861.
13. Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., and Rothe, A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annals of Forest Science, 59, 233-253.
14. Baldock, J. A., Oades, J. M., Waters, A. G., Peng, X., Vassallo, A. M., and Wilson, M. A. 1992. Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state 13 C NMR spectroscopy. Biogeochemistry, 16, 1-42.
15. Begum F., Bajracharya R., Sharma S., and Sitaula B.K. 2010. Influence ofslope aspect on soil physico-chemical and biological properties in the mid hills of central Nepal. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 17, 438 – 443.
16. Bennie, J., Huntley, B., Wiltshire, A., Hill, M.O. and Baxter, R. 2008. Slope aspect and climate: spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. Ecol. Model. 216, 47-59.
17. Bhogal, A., Nicholson, F. A., and Chambers, B. J. 2009. Organic carbon additions: effects on soil bio-physical and physico-chemical properties. European Journal of Soil Science, 60, 276-286.
18. Broxton P.D., Troch P.A., and Lyon S.W. 2009. On the role of aspect to quantify water transit times in small mountainous catchments. Water Resources Research, 45, W08427. https://doi.org/10.1029/2008WR007438.
19. Brubaker, S. C., Jones, A. J., Lewis D. T. and Frank, K. (1993). Soil properties associated with landscape position. Soil Sci. Soc. Am., J. 57, 235-239.
20. Butterfield, B. J., and Briggs, J. M. 2009. Patch dynamics of soil biotic feedbacks in the Sonoran Desert. Journal of Arid Environments. 73, 96-102.
21. Choupanian, A., Gheytouri, M., and Mahdavi, M. 2012. Effect of physiographic factors on Soil Carbon Sequestration in Kermanshah (Iran. International Journal of Forest, Soil and Erosion (IJFSE). 2, 159-162.
22. Cui, X., Wang, Y., Niu, H., Wu, J., Wang, S., Schnug, E., Rogasik, J., Fleckenstein, J. and Tang, Y. 2005. Effect of long-term grazing on soil organic carbon content in semiarid steppes in Inner Mongolia. Ecological Research. 20, 519-527.
23. Davenport, D. W., P. W. Bradford, and D. D. Breshears. 1996. Soil morphology of canopy and intercanopy sites in a pinonjuniper woodland. Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 1881-1887.
24. Fageria, N. K., and Nascente, A. S. 2014. Management of soil acidity of South American soils for sustainable crop production. In Advances in Agronomy. 128, 221-275. Academic Press.
25. Fairchild, J.A. and J. D. Brotherson. 2001. Microhabital relationship of six major shrubs in Navajo National Monument, Arizonal. J. Range Manag. 33, 150-156.

26. Frodin, D. G. 2004. History and concepts of big plant genera. Taxon. 53, 753-776.
27. Gajri, P. R., Arora, V. K., and Prihar, S. S. 2002. Tillage for sustainable cropping. Food Products Press.
28. Geroy, I. J., Gribb, M. M., Marshall, H. P., Chandler, D. G., Benner, S. G., and McNamara, J. P. 2011. Aspect influences on soil water retention and storage. Hydrological Processes. 25, 3836-3842.
29. Goraghani, S., Reza, H., Solaimani Sardo, M., Azizi, N., Azareh, A., and Heshmati, S. 2014. Investigation of changes in rangeland vegetation regarding different slopes, elevation and geographical aspects (Case Study: Yazi Rangeland, Noor County, Iran). Journal of Rangeland Science. 4, 246-255.
30. Hagen-Thorn, A., Armolaitis, K., Callesen, I., and Stjernquist, I. 2004. Macronutrients in tree stems and foliage: a comparative study of six temperate forest species planted at the same sites. Annals of Forest Science. 61, 489-498.
31. Heidari, A., Athar, F., and Manochehr, G. 2010. August. Carbon sequestration under different physiographic and climatic conditions in north Karaj river basin. In Proceeding: 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 19, 1-6.
32. Henteh, A., N. Zargham, M. Jafari, M. Moghadam and M. Zare-Chahooki. 2004. Studyof the effect ofAtriplex canescens on native vegetation of Zarand, Markazi province e Aghzigang anti-desertification project. Biaban. 9, 345-360.
33. Jaiyeoba, I. A. 2003. Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah. Soil and Tillage Research. 70, 91-98.
34. Karimi, D. F., Jalalian, A., Mehnatkesh, A. M., and Honarjoo, N. 2014. The effect of land use change on mineralogy and micro-morphological properties of clay soil on Lordegan County-in Chaharmahal and Bakhtiari Province. 4, 1-32.
35. Kodešová, R., Kodeš, V., Žigová, A., and Šimůnek, J. 2006. Impact of plant roots and soil organisms on soil micromorphology and hydraulic properties. Biologia. 61, S339-S343.
36. Lenka, N. K., Sudhishri, S., Dass, A., Choudhury, P. R., Lenka, S., and Patnaik, U. S. 2013. Soil carbon sequestration as affected by slope aspect under restoration treatments of a degraded alfisol in the Indian sub-tropics. Geoderma. 204, 102-110.
37. Mahmoodabadi, M., and Ahmadbeigi, B. 2013. Dry and water-stable aggregates in different cultivation systems of arid region soils. Arabian Journal of Geosciences. 6, 2997-3002.
38. McCulley, R. L., Archer, S. R., Boutton, T. W., Hons, F. M., and Zuberer, D. A. 2004. Soil respiration and nutrient cycling in wooded communities developing in grassland. Ecology. 85, 2804-2817.
39. Memarian fard M., and Beigi harchagani H. 2009. Comparison of artificial neural network and regressionpedotransfer functions models for prediction of soil cation exchange capacity in Chaharmahal Bakhtiari province. Journal of Water and Soil. Winter 2009, 23, 90-99.
40. Mishra, A., Sharma, S. D., and Gupta, M. K. 2003. Soil rehabilitation through afforestation: evaluation of the performance of Prosopis juliflora, Dalbergia sissoo and Eucalyptus tereticornis plantations in a sodic environment. Arid Land Research and Management, 17, 257-269.
41. Moody, A., and Jones, J. A. 2000. Soil response to canopy position and feral pig disturbance beneath Quercus agrifolia on Santa Cruz Island, California. Applied Soil Ecology. 14, 269-281.
42. Naseri, S., Adibi, M. A., Javadi, S. A., Jafari, M., and Zadbar, M. 2013. Investigation of the effect of biological stabilization practice on some soil parameters (North East of Iran). Journal of Rangeland Science. 2, 643-653.

43. Ohrtman, M. K., Sher, A. A., and Lair, K. D. 2012. Quantifying soil salinity in areas invaded by Tamarix spp. Journal of Arid Environments. 85, 114-121.
44. Pandey, C. B., Chaudhari, S. K., Dagar, J. C., Singh, G. B., and Singh, R. K. 2010. Soil N mineralization and microbial biomass carbon affected by different tillage levels in a hot humid tropic. Soil and Tillage Research. 110, 33-41.
45. Peichl, M., and Arain, M. A. 2006. Above-and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. Agricultural and Forest Meteorology. 140, 51-63.
46. Reimann, C., Koller, F., Frengstad, B., Kashulina, G., Niskavaara, H., and Englmaier, P. 2001. Comparison of the element composition in several plant species and their substrate from a 1 500 000-km2 area in Northern Europe. Science of the Total Environment. 278, 87-112.
47. Rezaei, N., Roozitalab, M. H., and Ramezanpour, H. 2012. Effect of land use change on soil properties and clay mineralogy of forest soils developed in the Caspian Sea region of Iran. Journal of Agricaltural Science and Technology. 14, 1617-1624.
48. Rezapour, S., Golmohammad, H., and Ramezanpour, H. 2014. Impact of parent rock and topography aspect on the distribution of soil trace metals in natural ecosystems. International Journal of Environmental Science and Technology. 11, 2075-2086.
49. Sanjari, S., Farpoor, M. H., Karimian, E. M., and Esfandiarpoor, B. I. 2011. Genesis, micromorphology and clay mineralogy of soils located on different geomorphic surfaces in Jiroft area. 25, 411-425.
50. Schuman, G. E., Janzen, H. H., and Herrick, J. E. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. Environmental pollution. 116, 391-396.
51. Sharma, A. 2001. Afforestation for reclaiming degraded village common land a case study. J. Bioomass Bioenergy. 21, 35-42.
52. Shi, J., and Cui, L. 2010. Soil carbon change and its affecting factors following afforestation in China. Landscape and Urban Planning. 98, 75-85.
53. Sidari, M., Ronzello, G., Vecchio, G., and Muscolo, A. 2008. Influence of slope aspects on soil chemical and biochemical properties in a Pinus laricio forest ecosystem of Aspromonte (Southern Italy). European Journal of Soil Biology. 44, 364-372.
54. Singh, S. K., Pandey, C. B., Sidhu, G. S., Sarkar, D., and Sagar, R. 2011. Concentration and stock of carbon in the soils affected by land uses and climates in the western Himalaya, India. Catena. 87, 78-89.
55. Tan, Z. X., Lal, R., Smeck, N. E., and Calhoun, F. G. 2004. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. Geoderma. 121, 187-195.
56. Tatsuhara, S., and Kurashige, H. 2001. Estimating foliage biomass in a natural deciduous broad-leaved forest area in a mountainous district. Forest ecology and management. 152, 141-148.
57. Tejada, M., and Gonzalez, J. L. 2006. The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. Soil and Tillage Research. 91, 186-198.
58. Vågen, T. G., Andrianorofanomezana, M. A., and Andrianorofanomezana, S. 2006. Deforestation and cultivation effects on characteristics of oxisols in the highlands of Madagascar. Geoderma. 131, 190-200.
59. Vahidi, M. J., Jafarzadeh, A. A., Oustan, S., and Shahbazi, F. 2011. Effect of Geomorphology on Physical, Chemical and Mineralogical Properties of Soils in Southern Ahar. Water and Soil Science (Agricultural Science). 21, 65-80.
60. Vanessa, N.L., Richard, S.B. and Brian, W. 2005. Decomposition of organic matter in salt affected soil. CRC Press, London. PP: 333-337.
61. Walter, H. 1979. Vegetation of the Earth, 2nd edn., Springer-Verlag, New York.

62. Xiao-gang, L., Li, F. M., Zed, R., and Zheng-yan, Z. 2007. Soil management changes organic carbon pools in alpine pastureland soils. Soil and Tillage Research. 93, 186-196.
63. Yimer, F., Ledin, S., and Abdelkadir, A. 2006. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. Forest Ecology and Management. 232, 90-99.
64. Yun-Qiang, W. A. N. G., Zhang, X. C., Zhang, J. L., and Shun-Ji, L. I. 2009. Spatial variability of soil organic carbon in a watershed on the Loess Plateau. Pedosphere. 19, 486-495.
65. Zhang, C., Xue, S., Liu, G. B., and Zhang, C. S. 2012. Effects of slope aspect on soil chemical and microbial properties during natural recovery on abandoned cropland in the Loess plateau, China. In Advanced Materials Research. 356, 2422-2429. Trans Tech Publications.

Influence of Slope Aspect and Plant Type on Some Soil Chemical Properties

S. Zahirnezhad and H. Bayat[1]
M Sc. Graduate of Soil Science, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran; E-mail: saharzahir95@gmail.com
Associate Prof., Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran; E-mail: h.bayat@basu.ac.ir
Received: September, 2019 and Accepted: November, 2019

Abstract

Slope aspect, vegetation type, and depth of sampling are factors affecting soil chemical properties. These factors affect soil quality by increasing or decreasing organic matter content. However, the simultaneous effects of plant type and aspect on some soil properties have rarely been studied. For this purpose, the effect of aspect, plant type, and depth of sampling on soil chemical properties were studied based on factorial experiment in a completely randomized design with 6 replications, in the Gonbad Paired Watershed Research Station. Soil sampling was done in August 2016 and chemical properties were measured. The soil pH was higher in the southern slopes than in the northern slopes. The pH of the soil under Astragalus parrowianus was significantly lower than that of Bromus tomentellus. In the northern slope, CEC of soil under Astragalus parrowianus was higher compared to that under Bromus tomentellus and inter-plant position, while in the southern slope, soils in the inter-plant position had significantly lower CEC in comparison with those under Bromus tomentellus and Astragalus parrowianus plants. At all plant and inter-plant positions, the CEC and organic matter content were significantly lower in the southern slope than in the northern slope. At the first and second depths of the northern and southern slopes, soil under Astragalus parrowianus plants had significantly higher organic matter and calcium carbonate compared to the Bromus tomentellus and inter-plant position. Also, at the first depth of the northern slope, soil under Bromus tomentellus plants had significantly higher organic matter and calcium carbonate compared to the inter-plant position. Generally, influence of the factors of aspect and vegetation type was more than that of the depth of sampling.

Keywords: Cation exchange capacity, Organic matter, Soil acidity, Soil electrical conductivity, Vegetation type

[1]. Corresponding author: Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.