اثر پارامترهای خاک بر تولید اولیه سطح زمین در مراتع چمنزار فندوق‌لوی نمین در استان اردبیل

اردوان قربانی[۱*]، الناز حسن‌زاده کوهساره[۱]، مهدی معمری[۱]، کاظم هاشمی‌مجد[۲] و اردشیر پورنعمتی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۷)

چکیده

در این پژوهش، تأثیر برخی پارامترهای خاک بر تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی (گندمیان و پهن‌برگان علفی) و تولید اولیه کل مراتع چمنزار منطقه فندوق‌لوی شهرستان نمین در استان اردبیل بررسی شد. تولید اولیه سطح زمین در ۱۸۰ پلات یک مترمربعی به‌روش قطع و توزین اندازه‌گیری شد. تعداد ۱۸ نمونه خاک در امتداد ترانسکت‌ها برداشت شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. تعیین ارتباط بین این پارامترها و تولید اولیه فرم‌های رویشی و تولید کل با روش رگرسیون چندگانه توأم انجام شد. به‌منظور تعیین مهم‌ترین پارامترهای مؤثر خاک بر تولید کل از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. نتایج تحلیل رگرسیون نشان داد پارامترهای هدایت‌الکتریکی، منیزیم، رس قابل انتشار، رطوبت حجمی، کربن آلی، پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، سدیم و فسفر از پارامترهای مؤثر بر تولید اولیه فرم‌های رویشی و کل بودند ($p<0/01$). صحت معادلات استخراج‌شده نیز برای گندمیان، پهن‌برگان علفی و مقدار کل به‌ترتیب ۷۹، ۷۶ و ۷۰ درصد محاسبه شد. نتایج PCA نشان داد که پارامترهای خاک ۸۴/۵۲ درصد از تغییرات تولید کل را توجیه می‌کند و در مقایسه با رگرسیون با ضریب تشخیص ۲۸ درصد، نتیجه بهتری را ارائه کردند.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی تولید، زیست‌توده، فرم رویشی، پارامترهای خاک، مراتع علفزار، شهرستان نمین

۱.گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲.گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳.گروه منابع طبیعی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
*: مسئول مکاتبات: پست‌الکترونیکی: a_ghorbani@uma.ac.ir

مقدمه

در یک اکوسیستم، تولیدات گیاهی، مقدار انرژی قابل دسترس برای مصرف‌کننده و تجزیه‌کننده‌ها را تعیین می‌کنند؛ بنابراین شناخت روند تغییرات و عوامل مؤثر بر تولید اولیه، پیش‌زمینه اصلی درک فرایندها و مدیریت بهینه آن اکوسیستم به‌شمار می‌روند (۱۰). همچنین تخمین تولید اولیه مراتع با استفاده از عوامل محیطی، اطلاعات مناسبی را برای تصمیم‌گیری در مورد نرخ چرای دام در ابتدای هر فصل چرایی در اختیار قرار می‌دهد (۱). خاک و عوامل وابسته به آن از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در پتانسیل تولید یک رویشگاه است که با تخریب آن، حاصلخیزی و پتانسیل مرتع کاهش می‌یابد (۳۰ و ۳۳). به عقیده لال (۱۷) در واقع ویژگی‌های خاک برایند اثرات دیگر عوامل محیطی در طول زمان است. همبستگی زیاد و ارتباط تنگاتنگ بین پوشش گیاهی و خاک به‌گونه‌ای است که تغییر در وضعیت هرکدام، تأثیر قابل‌توجهی بر دیگر کارکردهای اکوسیستم می‌گذارد (۱۷). از این‌رو، تعیین اینکه آیا پارامترهای خاک بر تولید و تنوع گیاهی مؤثرند (۶) و یا ترکیب گیاهی و نوع گونه‌ها تعیین‌کننده مواد غذایی و پارامترهای خاک هستند دشوار است (۳ و۶). زیرا همه این عوامل ارتباط متقابلی با یکدیگر دارند (۱۰ و۳۳)؛ بنابراین، تعیین دقیق نوع روابط خاک و گیاه با استفاده از روش‌های متداول غیرممکن به‌نظر می‌رسد و فقط امکان بررسی اثرات آنها وجود دارد (۲۷). به‌عنوان مثال، رطوبت خاک یکی از عوامل تأثیرگذار بر تولید اولیه مراتع شناخته شده است (۳۱).

پژوهش‌های نسبتاً زیادی از جمله روکارپین و همکاران (۲۵)، میرزایی موسیوند و همکاران (۱۹) و زارع حصاری و همکاران (۳۳) پیرامون بررسی ارتباط بین پوشش گیاهی و خاک به‌ویژه پراکنش و شکل‌گیری گروه‌های اکولوژیک گیاهی انجام گرفته است، اما در مقایسه با این پژوهش‌ها، بررسی ارتباط بین تولید اولیه مراتع و پارامترهای خاک کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، تورل و همکاران (۲۹) در پژوهشی در مراتع بلوگرامای مکزیک به‌منظور تخمین تولید گندمیان از عامل رطوبت حجمی خاک استفاده و همبستگی بالایی بین این عامل و تولید مراتع آن منطقه گزارش کردند. یو و همکاران (۳۲) روابط بین تولید و فتوسنتز گیاهی و فسفر خاک را بررسی و گزارش کردند که رابطه معنی‌داری بین تغییرات فسفر و تولید گیاهان وجود دارد. جابرالانصار و همکاران (۱۲) عوامل هدایت‌الکتریکی، پتاسیم و ماده آلی را از عوامل تأثیرگذار بر تولید گونه‌های گیاهی در مراتع استپی و نیمه‌استپی اصفهان بیان کردند. گوهرنژاد و همکاران (۹) در بررسی ارتباط بین بیوماس مراتع و عوامل محیطی با استفاده از آنالیز PCA عوامل شیب، درصد اشباع، هدایت‌الکتریکی، سیلت و شن را به‌عنوان مؤثرترین عوامل روی بیوماس مراتع شناسایی کردند. در مطالعه‌ای دیگر، دادجو (۶) در مراتع هیر و نئور، نشان داد که پارامترهای سیلت، هدایت‌الکتریکی، کلیسم، پتاسیم محلول، کربن آلی، کربن آلی ذره‌ای، اسیدیته، منیزیم، آهک، رس، فسفر و رطوبت حجمی بیشترین اثرگذاری را روی تولید اولیه سطح زمین دارند.

مراتع چمنزار منطقه فندوق‌لوی شهرستان نمین در استان اردبیل به‌دلیل وجود پوشش گیاهی منحصربه‌فرد از گونه‌های علفی گندمیان و پهن‌برگان علفی از جمله اکوسیستم‌های با ارزش بوم‌شناختی بالا در شمال غربی کشور محسوب می‌شوند. بااین‌حال تاکنون مطالعه‌ای در زمینه ارزیابی تولید اولیه سطح زمین و نحوه پاسخ تولید گیاهان مرتعی به تغییرات عوامل محیطی از جمله پارامترهای خاک در این اکوسیستم مورد توجه قرار نگرفته است. با توجه به کمبود اطلاعات پایه تولید اکوسیستم‌های مرتعی در مناطق مختلف آب‌وهوایی، این پژوهش به بررسی اثرات برخی پارامترهای خاک بر عملکرد تولید اولیه فرم‌های رویشی و تولید کل (تعیین سهم اثر عوامل انتخاب شده خاک بر تولید) پرداخته است تا علاوه‌بر شناخت پایه از پتانسیل تولید کل سطح زمین، در مدیریت بهتر مقدار کربن تثبیت شده در این مراتع از جنبه‌های مختلف استفاده شود. در کل می‌توان با استفاده از یافته‌های این پژوهش

به‌عنوان داده‌های پایه، به‌منظور تعیین ظرفیت چرای مراتع (تولید قابل استفاده) با استفاده از روش‌های مناسب توسعه‌یافته اقدام کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

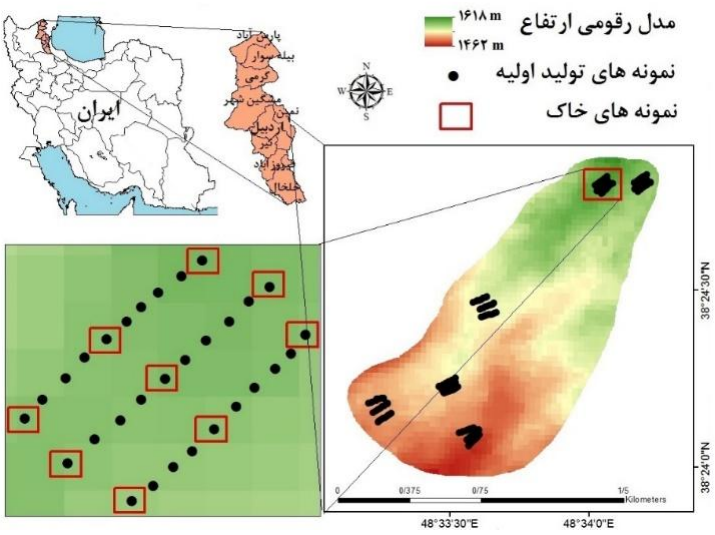
در این مطالعه چمنزارهای منطقه فندوق‌لو که در ۲۴ کیلومتری شمال‌شرقی شهر اردبیل و در ۹ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر نمین در امتداد کوه‌های تالش و بین عرض‌های جغرافیایی ″۵۵ ′ ۲۳ °۳۸ تا ″۵۵ ′۲۴ °۳۸ شمالی و طول‌های جغرافیایی ″۰۵ ′۳۳ °۴۸ تا ″۱۶ ′۳۴ °۴۸ قرار دارد، بررسی شد (شکل ۱). تغییرات ارتفاع حدود ۱۴۶۲ تا ۱۶۱۸ متر از سطح دریا، شیب بین ۲ تا ۳۵ درصد و جهات جغرافیایی جنوب، جنوب‌غربی، جنوب‌شرقی و شمال‌غربی است. متوسط بارندگی سالانه منطقه با استفاده از اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه (ایستگاه نمین با ارتفاع ۱۳۴۵ متر از سطح دریا) ۳۶۹ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه منطقه ۹/۶۳ درجه سانتی‌گراد است. خاک منطقه از نوع کم‌عمق تا متوسط و قهوه‌ای جنگلی با pH نسبتاً اسیدی است. براساس بازدیدهای میدانی و اندازه‌گیری‌های عرصه‌ای در منطقه مشخص شد که پوشش گیاهی این مراتع به‌طور عمده به‌صورت علفزار است. این مراتع توسط گونه‌های مهاجم به‌ویژه گونه *Leucanthemum vulgare* Lam. در حال تهدید و تخریب است (۱۸). سایت‌های مورد مطالعه در سطح یک تیپ گیاهی با گونه‌های غالب *Leucanthemum vulgare* Lam.، *Trifolium pratense* L.، *Trifolium repense* L.، *Leontodon hispidus* L. و *Vulpia myuros* L. انتخاب شدند.

نمونه‌برداری از تولید اولیه سطح زمین

به‌منظور نمونه‌برداری از تولید اولیه در این منطقه، شش سایت با مشخصات فیزیکی مختلف (جدول ۱) و پوشش گیاهی (جدول ۲) انتخاب شد که در هر سایت سه ترانسکت با فاصله ۱۰۰ متری از هم مستقر شدند. محل ترانسکت اول تصادفی و ترانسکت‌های بعدی به‌صورت سیستماتیک در جهت عمود بر شیب مستقر شدند. در طول هر ترانسکت ۱۰ پلات با ابعاد ۱×۱ متری مستقر شد که در مجموع در هر سایت ۳۰ پلات و در کل منطقه ۱۸۰ پلات برداشت شد (شکل ۱). سطح مناسب پلات نمونه‌برداری به‌روش حداقل سطح و نوع و نحوه پراکنش گونه‌های گیاهی از لحاظ همگنی (علفزار) (۱۶) و همچنین با توجه به نتایج پژوهش فخار ایزدی و همکاران (۸) که پلات‌های یک مترمربعی را در مقایسه دارای کمترین اشتباه معیار میانگین و با بالاترین صحت در پوشش‌های علفزار گزارش کرده‌اند، یک مترمربع در نظر گرفته شد. ابعاد و تعداد پلات‌ها، با توجه به ساختار پوشش گیاهی و تعداد نمونه مورد نیاز و همچنین مطالعات قبلی صورت گرفته در منطقه و اطراف تعیین شد (۱۰، ۱۹ و ۳۳). در هر یک از سایت‌های مورد بررسی، آمار و اطلاعات زمینی مورد نیاز از جمله تولید اولیه و گونه‌های انتشار یافته برحسب فرم رویشی در طول ترانسکت‌ها جمع‌آوری شد (جدول ۲). نمونه‌های گیاهی و نمونه‌برداری تولید در اردیبهشت و خردادماه ۱۳۹۵ برداشت شد. در هر پلات مقدار تولید با توجه به فرم رویشی (گندمیان و پهن‌برگان علفی) از یک سانتی‌متری سطح زمین به‌روش قطع و توزین برداشت شد. کلاس خوش خوراکی (I، II و III)، گیاهان بر اساس اطلاعات دفترچه کد گیاهان مرتعی و سایر مطالعات تعیین شد. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه، در هوای آزاد خشک و سپس به‌مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن خشک هر نمونه اندازه‌گیری و برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

نمونه‌برداری و آزمایش‌های خاک

نمونه‌برداری از خاک در پلات‌های ۱، ۵ و ۱۰ هر ترانسکت از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر (عمق ریشه دوانی گیاهان) برداشت شد (هر چند که در صورت وجود اعتبار بهتر بود نمونه از عمق پایین‌تر نیز برداشت می‌شد). تجزیه نمونه‌های خاک در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. قابل ذکر اینکه پارامترهای خاک مؤثر در انتشار گونه‌ها و عملکرد



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح کشور، استان اردبیل و شهرستان نمین و موقعیت پلات‌های نمونه‌برداری تولید اولیه و خاک

جدول ۱. مشخصات فیزیکی سایت‌های نمونه‌برداری شده (میانگین ± انحراف معیار)

عوامل	سایت ۱	سایت ۲	سایت ۳	سایت ۴	سایت ۵	سایت ۶
ارتفاع (m)	۱۵۱۱±۱/۹۲	۱۴۹۴±۵/۰۳	۱۵۵۲±۳/۸۳	۱۵۳۴±۲/۹۹	۱۶۰۱±۲/۰۵	۱۵۸۹±۲/۰۶
شیب (٪)	۱۴/۱۴±۶/۱۱	۸/۷۶±۳/۴۳	۱۱/۷۵±۳/۱۲	۱۴/۹۱±۲/۷۱	۲۱/۳۲±۴/۳۲	۲۶/۳۱±۶/۲۱
جهت	جنوب	جنوب غربی	شمال غربی	جنوب شرقی	جنوب غربی	جنوب شرقی
بافت خاک	لومی	لومی	لومی شنی	لومی شنی	لومی	لومی

تولید خیلی زیاد بوده لذا تعداد محدود پارامتر که در پژوهش‌های مختلف (۶، ۱۲، ۱۹ و ۳۳) مورد توجه قرار گرفته بودند، انتخاب شدند. بدین منظور، مخلوطی از نمونه‌های هر ترانسکت (۱۸ نمونه خاک)، بعد از هوا خشک شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس اسیدیته خاک در گل اشباع با pH متر و هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با هدایت‌سنج الکتریکی (۱۳)، کربن آلی و کربن آلی ذره‌ای به‌روش سوزاندن تر واکلی و بلک (۲۱)، مواد آلی و مواد آلی ذره‌ای نیز از روی کربن آلی و کربن آلی ذره‌ای، آهک به‌روش کلسیمتری، سدیم، پتاسیم محلول و پتاسیم تبادلی به‌روش فیلم‌فتومتری (۱۵)، فسفر قابل جذب به‌روش اولسن با دستگاه اسپکتروفوتومتر (۲۰)، رطوبت وزنی اشباع با اندازه‌گیری اختلاف وزن بین خاک تر و خشک در آون (۲۲)، کلسیم و منیزیم به‌روش تیتراسیون با EDTA و در سه مرحله انجام گرفت. بافت خاک (شن، سیلت و رس) به‌روش هیدرومتری دو قرائته (۴) اندازه‌گیری شد. مقدار رس قابل انتشار پس از به‌هم زدن نمونه‌های خاک به‌مدت یک ساعت در سوسپانسیون ۱ به ۱۰ خاک به آب، بدون اضافه کردن کالگون توسط هیدرومتر به‌صورت درصدی از کل رس موجود در خاک اندازه‌گیری شد (۵).

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگرف- اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لیون بررسی شد. بین متغیرهای مستقل (پارامترهای خاک) آزمون هم‌خطی انجام و چون همبستگی بالای ۰/۸ مشاهده نشد، همه متغیرها در معادله رگرسیون مورد استفاده قرار گرفتند. از آنجا که روش رگرسیون چندگانه توأم (Inter) می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی و

جدول ۲. گونه‌های موجود در طبقات ارتفاعی مختلف، خوش‌خوراکی و فرم رویشی شناسایی شده

فرم رویشی	گونه‌های گیاهی، کلاس خوشخوراکی کم‌شونده (I)، زیادشونده (II) و مهاجم (III) و طبقات ارتفاعی ۱: (۱۵۲۴ m–۱۴۸۵)، ۲: (۱۵۶۴ m–۱۵۲۵) و ۳: (۱۶۰۴ m–۱۵۶۵)
پهن‌برگان علفی	*Leucanthemum vulgare* Lam. (1, 2, 3, III), *Trifolium repense* L. (1, 2, 3, I), *Trifolium pratens*e L. (1, 2, 3, I), *Trifolium micranthum* Viv. (1, 2, 3, I), *Cerastium glomeratum* Thuill. (1, 2, 3, III), *Leontodon hispidus* L. (1, 2, 3, III), *Alchemilla caucasia*. (1, 2, 3, I), *Taraxacum syriacum* Boiss. (1, 2, 3, III), *Luzula Multiflora* (Ehrh) Lej. (1, 2, 3, III), *Galium verum* L. (1, 2, 3, III), *Fragaria vesca* L. (1, 2, 3, I), *Aster alpinus* L. (1, 2, 3, III), *Hypericum linarioides* Bosse. (1, 2, 3, I), *Eryngium billardierei* F. Delaroche. (1, 2, 3, III), *Sanguisorba minor* Scope. (1, 2, 3, I), *Rumex tuberosa* L. (1, 2, 3, III), *Myosotis alpestris* (1, 2, 3, III), *Barbarea minor* C. Koch. (1, III), *Achillea millefolium* L. subsp .*millefolium* (1, 2, 3, III), *Sedum lenkoranicum* Grossh. (1, III), *Stachys byzantina* K. Koch. (1, 2, 3, III), *Cirsium vulgare* (Savi) Ten. (1, 3, III), *Senecio vulgaris* L. (1, 2, 3, III), *Carum carvi* L. (1, 2, 3, III), *Medicago sativa* L. (1, I), *Chenopodium foliosum* (Mench) Aschers. (1, III), *Carex divulsa* Gaudin. (1, 2, III), *Tripleurospermun disciforme* (C.A.Mey) Schultz-Bip. (1, III), *Scariolla orientalis* (Boiss).Sojak. (1, 2, 3, II), *Ranunculus millefolius* Banks & Soland. (1, 3, I), *Trifolium compestre* Schreb. (1, 2, 3, I), *Geranium molle* L. (1, 2, 3, III), *Prunella vulgaris* L. (1, 2, 3, III), *Equisetum arvense* L. (1, III), *Cardaria draba* L. Desv. (1, 2, III), *Cruciata pedomontana* Bellardi. (1, 2, 3, III), *Carex songarica* Kar. & Kir. (1, III). *Plantago Lanceolata* L. (1, 2, 3, III), *Hieracium matrense* N.P. (1, 2, 3, III), *Vicia cracca* L. (1, 2, 3, I), *Ranunculus constantin* opolitanus DC. (2, 3, I), *Vulpia myuros* (L.) J. F. Gmel. (2, 3, I), *Veronica arvensis* L. (2, 3, III), *Hypericum perforatum* L. (2, 3, I), *Barbarea plantaginea* DC. (2, III), *Galium aparine* L. (2, III), *Silene latifolia* Poir. Subsp. (2, III), *Primula macrocalyx* Bunge. (2, 3, III), *Dianthus orientalis* Donn. (2, 3, III), *Veronica gentianoides* Vahl. (2, 3, III), *Lathyrus sativus* L. (2, I), *Anthriscus sylvestris* L. Hoffm. (2, III), *Phoupsis stylosa* (Trin). (2, 3, III), *Plantago major* L. (2, III), *Hypericum tetrapterum* Fries. (2, 3, I), *Hieracium pilosella* L. (2, 3, III), *Draba nemorosa* L. (2, 3, III), *Arenaria leptoclados* (Riechenb) Guss. (2, 3, III), *Cirsium* sp. (2, 3, III), *Lotus corniculatus* L. (2, 3, I), *Polygala anatolica* Boiss & Holder. (3, III), *Asperula setosa* Jaub. & spach. (3, III), *Erodium cicutarium* (Jusl.) L. Her. Ex Aiton. (3, II), *Vicia sativa* L. (3, I), *Convolvulus arvensis* L. (3, II), *Prunella laciniata* L. (3, III), *Potentilla argentea* L. (3, I), *Filago vulgaris* Lam. (3, III).
گندمیان	*Poa bulbosa* L. (1, 2, II), *Poa pratensis* L. (1, 2, 3, II), *Potentilla adscharica* Sommier & Levier ex keller. (1, 2, 3, I), *Bromus briziformis* Fisch. & C. A. Mey. (1, I), *Trisetum flavescense* L. (1, 2, 3, II), *Dactylis glomerata* L. (1, 2, 3, I), *Hordeum bulbosum* L. (1, 2, I), *Lolium rigidum* Gaudin. (1, 2, I), *Bromus scoparius* L. (1, 2, 3, I), *Poa trivialis* L. (2, 3, II), *Cynosurus echinatus* L. (2, 3, I). *Avena byzantina* K. Koch. (3, II).

شیمیایی مؤثر بر تولید اولیه کل و فرم‌های رویشی را رتبه‌بندی کند، بنابراین برای تعیین سهم پارامترهایی که بیشترین تأثیر را بر تولید اولیه سطح زمین داشتند، از این روش استفاده شد (روش‌های مختلف استفاده شد، اما بهترین نتایج با درصد R^2 بالا از این روش به‌دست آمد). در این روش تولید اولیه سطح زمین فرم‌های رویشی و کل به‌عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده خاک به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. فرمول عمومی معادله رگرسیون چندگانه به‌صورت زیر است:

$$Y=a+b_1 x_1+x_n+\cdots+ b_n b_2 x_2 \qquad (1)$$

که در آن: Yمقدار پیش‌بینی‌شده متغیر وابسته (Y)، a: مقدار ثابت (constant)، b: ضریب رگرسیون و x: مقادیر متغیّرهای مستقل است. علاوه‌بر تحلیل رگرسیون، به‌علت قابلیت روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در انتخاب مهم‌ترین پارامترهای خاکی مؤثر بر تولید اولیه منطقه مورد مطالعه، از این روش استفاده شد. در این روش مؤلفه‌ها تا آنجایی انتخاب شدند که مقدار ویژه آنها بزرگ‌تر از BSE بود (۱۴).

برای ساخت مدل و استخراج معادلات همبستگی از ۸۳ درصد نمونه‌ها (۱۵۰ پلات) و ۱۷ درصد نمونه‌ها (۳۰ پلات) برای ارزیابی صحت مدل مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی صحت معادلات، تعداد ۳۰ پلات به‌عنوان نقاط کنترل در معادله جایگذاری شده و با اطلاعات نقاط زمینی بررسی شد و درنهایت تعداد نقاطی که توسط معادلات تولید اولیه سطح زمین به‌طور صحیح تبیین شده بودند و با اطلاعات زمینی هماهنگی داشتند، شمارش شدند و بر کل نقاط کنترل انتخاب شده تقسیم شد. بدین ترتیب نسبت صحت طبقه‌بندی محاسبه شد.

نتایج

در محدوده مورد مطالعه و در سطوح پلات‌های نمونه‌برداری ۸۰ گونه گیاهی شناسایی شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که

حدود ۸۵ درصد از کل گیاهان را پهن‌برگان علفی، ۱۵ درصد باقی‌مانده را گندمیان تشکیل می‌دهند. در حالت کلی در مجموع ۳۲/۵ درصد گونه‌ها در منطقه مورد مطالعه کم‌شونده و خوش‌خوراک، ۱۰ درصد زیادشونده و ۵۷/۵ درصد گونه‌های مهاجم هستند که نشانگر تخریب ترکیب گیاهی است.

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه جدول (۳) نشان می‌دهد که ویژگی‌های خاک از دامنه تغییرات وسیعی برخوردار است. دامنه تغییرات رس ۱۰/۴ تا ۲۴/۴ و شن ۴۵/۲ تا ۶۳/۲ و سیلت ۲۶/۴ تا ۴۴ است. خاک‌های مورد مطالعه دارای pH اسیدی و هدایت الکتریکی ۰/۳۲ تا ۱/۶ است. دامنه تغییرات کلسیم، سدیم و فسفر به‌ترتیب ۴ تا ۱۲/۵، ۹/۷۱ تا ۸۸/۳۰ و ۰/۰۲ تا ۰/۱۶ است. مقدار کل کربن آلی و ماده آلی در خاک‌های مورد مطالعه به‌ترتیب ۳/۰۶ تا ۳/۷۹ و ۵/۲۸ تا ۶/۵۵ درصد است. دامنه تغییرات پتاسیم تبادلی و پتاسیم محلول به‌ترتیب ۱۶/۸۳ تا ۵۴/۸۳ و ۲/۲۷ تا ۳۵/۸۸ است.

جدول (۴) خلاصه مدل‌های رگرسیونی تولید اولیه کل و تولید اولیه فرم‌های رویشی با پارامترهای خاک را نشان می‌دهد. در این جدول مقدار R بیان‌کننده میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته است و ضریب تشخیص R^2 هم مشخص می‌کند که چه مقدار از واریانس متغیر وابسته به متغیرهای مستقل مربوط است. همان‌گونه که در هدف این پژوهش بیان شده بود، هدف این مقاله صرفاً بیان سهم اثر عوامل انتخاب شده خاک بوده است، لذا با توجه به نتایج ۴۲ درصد تغییرات تولید اولیه گندمیان، ۴۱ درصد تغییرات تولید اولیه پهن‌برگان علفی و ۲۳ درصد تغییرات تولید اولیه کل، توسط پارامترهای انتخاب شده خاک، توجیه شده است.

در جدول (۵) آنالیز واریانس ارتباط بین تولید اولیه کل و فرم‌های رویشی با پارامترهای خاک ارائه شده است. با توجه به ستون معنی‌داری آماری مدل رگرسیون مشاهده شد که بین تولید اولیه کل و فرم‌های رویشی با پارامترهای خاک رابطه خطی و معنی‌دار وجود دارد. این نشان می‌دهد که مدل به‌کاررفته پیش‌بینی‌کننده مناسبی برای متغیر تولید اولیه سطح زمین با استفاده از پارامترهای خاک است (هرچند که عوامل دیگری مانند عوامل توپوگرافی، اقلیمی و سایر عوامل نیز در تغییرات تولید اولیه مؤثر بوده و عوامل عنوان شده نیز باید در تجزیه و تحلیل وارد شوند). درمجموع عوامل تولید اولیه در دو بخش: الف) بخشی که توسط مدل خطی رگرسیون توجیه می‌شود (رگرسیون) و ب) بخشی که توسط مدل خطی رگرسیون خطی توجیه نمی‌شود (باقی‌مانده) قابل‌توجه است.

$$Y_{Grasses}=-۲۹۵/۳Mg+۴۰/۸WDC-۴۴/۵VM-۵۷۷/۸OC+۳۳/۴Ks+ ۷/۵۶Na-۱۰۲/۴Kexch-۱۷۰۷۱/۴P \quad R^2=۵۰٪ \quad (۲)$$

$$Y_{Forbs}= -۱۵۶۶/۰۲EC-۷۳/۱WDC+۵۵/۱VM \quad R^2= ۴۲٪ \quad (۳)$$

$$Y_{(P\ Total)}= -۱۷۱۳/۰۶EC+۳۲/۲Ks+۹/۶۱Na \quad R^2= ۲۸٪ \quad (۴)$$

که در این معادلات: EC: هدایت‌الکتریکی، OC: کربن آلی، Mg: منیزیم، VM: رطوبت حجمی و WDC: رس قابل انتشار، Na: سدیم، P: فسفر، Kexch: پتاسیم تبادلی و KS: پتاسیم محلول هستند.

درنهایت صحت معادلات، با استفاده از روش ذکر شده محاسبه شد که به‌ترتیب ۷۹، ۷۶ و ۷۰ درصد برای تولید اولیه سطح زمین گندمیان، پهن‌برگان علفی، کل به‌دست آمد که نشان‌دهنده اعتبار مدل است.

در جدول ۶ مقادیر ویژه و درصد واریانس هریک از مؤلفه‌ها آمده است. با توجه به مقادیر ویژه و شاخص BSE در مؤلفه‌های اول تا ششم شرایط صدق می‌کند (مقدار ویژه بزرگ‌تر از شاخص BSE). این مؤلفه‌ها ۸۴/۵۲ درصد تغییرات تولید گیاهان مرتعی را در بر می‌گیرد.

همبستگی متغیرها با مؤلفه‌ها که در جدول ۷ آمده است، بیانگر آن است که مؤلفه اول به‌ترتیب شامل کربن آلی ذره‌ای، ماده آلی ذره‌ای، کربن آلی و ماده آلی، مؤلفه دوم شامل میزان شن، سیلت، رس و اسیدیته، مؤلفه سوم شامل پتاسیم محلول، فسفر، هدایت‌الکتریکی و آهک، مؤلفه چهارم شامل کلسیم، سدیم و رطوبت حجمی، مؤلفه پنجم شامل پتاسیم تبادلی و مؤلفه ششم شامل منیزیم و رس قابل انتشار است. بنابراین، این عوامل به‌ترتیب با توجه به تأثیر بالای خود به‌عنوان مؤثرترین پارامترهای خاک در تغییر تولید اولیه مراتع منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند.

جدول۳. نتایج مطالعات خاک‌شناسی در منطقه مورد مطالعه

شماره خاک	رس	سیلت	شن	TNV	OC	OM	POC	POM	VM	WDC	pH	EC	Ca	Mg	Na	K_s	K_{exch}	P
	(%)											(ds/m)	(meq/l)			(ppm)		
۱	۲۴/۴	۳۰	۴۵/۶	۲۱/۲	۳/۷۱	۶/۳۸	۳/۳۶	۶/۳۲	۲۸/۹۶	۱۷/۲۱	۵/۸۵	۰/۴۹	۱۰	۳/۵	۲۰/۹۴	۴/۱۸	۲۵/۸۳	۰/۰۵
۲	۱۲/۴	۴۰	۴۷/۶	۲۱/۹	۳/۳۹	۵/۸۵	۲/۱۳	۳/۶۶	۳۲/۴۲	۴۱/۹۴	۵/۹۸	۰/۵۷	۱۱	۵	۶۸/۹۱	۱۱/۸۷	۲۵/۸۳	۰/۰۹
۳	۱۲/۴	۴۰	۴۷/۶	۲۲	۳/۱۸	۵/۴۸	۲/۷۷	۴/۷۷	۲۸/۸۵	۳۳/۸۷	۵/۸۳	۰/۴۸	۹/۵	۳	۸۸/۳۰	۷/۰۷	۲۳/۸۳	۰/۰۷
۴	۱۸/۴	۳۸	۴۳/۶	۲۱	۳/۷۶	۶/۴۹	۲/۷۳	۴/۷۱	۲۷/۸۳	۱۷/۳۹	۵/۸۴	۱/۶۰	۱۱	۶/۵	۶۴/۸۳	۵/۱۵	۱۸/۸۳	۰/۰۴
۵	۱۰/۴	۳۲	۵۷/۶	۲۲/۷	۳/۲۶	۵/۶۱	۲/۷۹	۴/۸۱	۲۲/۵۷	۴۰/۳۸	۶/۰۱	۰/۵۲	۸/۵	۶	۷۶/۰۵	۱۰/۹۱	۲۳/۸۳	۰/۰۵
۶	۱۰/۴	۲۸/۴	۶۱/۲	۲۲/۳	۳/۷۸	۶/۵۲	۳/۶۲	۶/۲۶	۲۹/۳۱	۳۸/۴۶	۵/۳۹	۰/۴۸	۱۱	۷	۳۵/۲۲	۱۳/۷۹	۲۱/۸۳	۰/۰۵
۷	۱۰/۴	۳۲/۴	۵۷/۲	۲۱	۳/۸۰	۶/۵۵	۳/۸۴	۶/۶۲	۲۸/۵۸	۲۵/۸۵	۵/۸۵	۰/۶۸	۱۰	۳	۴۰/۳۲	۲۵/۳۲	۳۱/۸۳	۰/۰۶
۸	۱۰/۴	۲۶/۴	۶۳/۲	۲۲/۵	۳/۴۹	۶/۰۲	۳/۰۶	۵/۲۸	۴۱/۰۶	۴۶/۱۵	۵/۷۵	۰/۳۲	۷/۵	۶/۵	۷۵/۰۳	۸/۰۳	۵۴/۸۳	۰/۰۳
۹	۱۰/۴	۴۰/۴	۴۹/۲	۱۷/۱	۳/۰۶	۵/۲۸	۱/۸۳	۳/۱۶	۳۴/۲۳	۳۶/۵۴	۵/۹۴	۰/۵۱	۴	۵/۵	۱۶/۸۵	۳/۲۳	۲۱/۸۳	۰/۰۲
۱۰	۱۰/۴	۳۴/۴	۵۵/۲	۲۱/۵	۳/۵۹	۶/۱۸	۲/۲۸	۳/۹۳	۳۱/۰۷	۳۴/۶۲	۵/۸۳	۰/۴۳	۱۱/۵	۴/۵	۳۳/۱۸	۷/۰۷	۲۰/۸۳	۰/۱۰
۱۱	۱۰/۸	۴۴	۴۵/۲	۲۲/۴	۳/۴۷	۵/۹۸	۲/۲۶	۳/۸۹	۳۸/۰۵	۳۳/۳۳	۶	۰/۴۹	۱۱	۳	۵۷/۶۸	۱۲/۸۳	۲۵/۸۳	۰/۱۴
۱۲	۱۰/۴	۲۶	۶۳/۶	۲۲/۵	۳/۱۰	۵/۳۴	۲/۳۸	۴/۱۰	۳۲/۰۵	۲۵	۵/۸۶	۰/۵۲	۱۳	۶	۷۵/۰۳	۴/۱۹	۱۸/۸۳	۰/۰۷
۱۳	۱۰/۸	۲۱/۶	۶۷/۶	۲۱	۳/۶۱	۶/۲۱	۲/۵۴	۴/۳۷	۲۹/۸۲	۲۷/۷۸	۵/۵	۰/۳۵	۱۰	۲	۶۲/۷۸	۱۴/۷۵	۱۶/۸۳	۰/۱۵
۱۴	۱۴/۸	۱۹/۶	۶۵/۶	۲۲/۲	۳/۷۲	۶/۴۲	۳/۶۸	۶/۳۵	۲۶/۷۰	۱۸/۹۲	۵/۷۴	۰/۳۹	۱۱	۲/۵	۸۲/۱۷	۸/۰۳	۲۶/۸۳	۰/۰۹
۱۵	۶/۸	۳۹/۶	۵۳/۶	۲۲/۸	۳/۴۵	۵/۹۵	۲/۵۴	۴/۳۷	۲۹/۷۲	۴۱/۱۸	۵/۹۶	۰/۴۰	۱۲/۵	۳/۵	۶۸/۹۱	۱۲/۸۳	۲۱/۸۳	۰/۱۶
۱۶	۱۰/۸	۳۸	۵۱/۲	۲۲	۳/۲۹	۵/۶۸	۳/۱۲	۵/۳۷	۲۵/۹۸	۳۳/۳۳	۶/۰۸	۰/۵۳	۹	۳/۵	۵۵/۶۴	۸/۰۳	۲۶/۸۳	۰/۰۷
۱۷	۱۰/۸	۲۵/۶	۶۳/۶	۲۲/۷	۳/۳۹	۵/۸۵	۲/۵۲	۴/۳۴	۳۲/۲۶	۲۴/۰۷	۵/۷۸	۰/۲۵	۸/۵	۲/۵	۱۷/۸۷	۲/۲۷	۲۱/۸۳	۰/۰۹
۱۸	۱۲/۸	۴۱/۶	۴۵/۶	۲۲/۸	۳/۷۱	۶/۳۹	۲/۳۰	۳/۹۷	۳۱/۹۸	۳۵/۹۳	۶/۱۶	۰/۲۲	۴/۵	۴/۵	۹/۷۱	۳۵/۸۸	۲۳/۸۳	۰/۱۳

Sand: شن، P: فسفر، K_s: پتاسیم محلول، K_{exch}: پتاسیم تبادلی، Ca: کلسیم Mg: منیزیم، VM: رطوبت حجمی، TNV: آهک، Silt: سیلت، OM: مواد آلی، POM: مواد آلی ذره‌ای، OC: کربن آلی، POC: کربن آلی ذره‌ای، Clay: رس، EC: هدایت الکتریکی، pH: اسیدیته، WDC: رس قابل انتشار و Na: سدیم.

جدول ۴. ضریب تشخیص رابطه رگرسیونی تولید اولیه کل و فرم‌های رویشی با پارامترهای خاک

متغیر	خطای معیار برآوردی	R (٪)	R^2 (٪)
تولید اولیه گندمیان	۴۲۷	۷۰	۵۰
تولید اولیه پهن‌برگان علفی	۶۳۶	۶۴	۴۲
تولید اولیه کل	۶۶۸	۵۳	۲۸

جدول ۵. آنالیز واریانس مدل رگرسیون ارتباط بین تولید اولیه کل و فرم‌های رویشی با پارامترهای خاک

متغیر	آماره	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات	F
تولید اولیه گندمیان	رگرسیون	۱۵	۱۷۲۸۴۶۲	۱۰/۷**
	باقی‌مانده	۱۶۴	۱۶۰۸۸۴	
	کل	۱۷۹	–	
تولید اولیه پهن‌برگان علفی	رگرسیون	۱۵	۳۱۴۲۶۴۵	۷/۷۵**
	باقی‌مانده	۱۶۴	۴۰۵۷۳۴	
	کل	۱۷۹	–	
تولید اولیه کل	رگرسیون	۱۵	۱۸۶۸۷۲۵	۴/۱۸**
	باقی‌مانده	۱۶۴	۴۴۶۷۵۹	
	کل	۱۷۹	–	

** در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است.

جدول ۶. مقادیر ویژه و واریانس مربوط به هر یک از مؤلفه‌ها در روش PCA

مؤلفه‌ها	مقادیر ویژه	واریانس توجیه شده (٪)	واریانس تجمعی (٪)	BSE
۱	۴/۶۲	۲۵/۶۶	۲۵/۶۶	۳/۴۹
۲	۲/۸۸	۱۵/۹۹	۴۱/۶۶	۲/۴۹
۳	۲/۶۵	۱۴/۷۶	۵۶/۴۲	۱/۹۹
۴	۱/۸۹	۱۰/۵۱	۶۶/۹۳	۱/۶۶
۵	۱/۶۹	۹/۴۰	۷۹/۳۳	۱/۲۱
۶	۱/۴۷	۸/۱۹	۸۴/۵۲	۱/۰۴

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش از مراتع چمنزار فندوق‌لوی نمین در استان اردبیل، با استفاده از تحلیل رگرسیون، از بین ۱۸ پارامتر خاک تعداد ۹ متغیر به‌عنوان پارامترهای مؤثر بر تولید اولیه انتخاب شد که شامل هدایت‌الکتریکی، منیزیم، رس قابل انتشار، پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، سدیم، فسفر، رطوبت حجمی و کربن آلی ذره‌ای بوده است. هرچند که این عوامل تنها ۵۰ درصد تغییرات تولید اولیه گندمیان، ۴۲ درصد تغییرات تولید اولیه پهن‌برگان علفی و ۲۸ درصد تغییرات تولید اولیه کل را توجیه میکند و به‌نظر می‌رسد علاوه بر عوامل خاک سایر عوامل مانند پستی و بلندی و اقلیم نیز در تغییرات تولید موثر هستند. همچنین بر اساس تحلیل رگرسیون چندگانه توأم پارامترهای مورد بررسی با تولید اولیه نشان داد، متغیرهایی مانند اسیدیته، آهک، رس، شن، سیلت، کلسیم، ماده آلی، ماده آلی ذره‌ای و کربن آلی به‌دلیل اثر غیرمعنی‌دار بر تولید اولیه سطح زمین از بین متغیرها حذف شدند. این امر نشان‌دهنده آن است که دامنه

جدول ۷. مقادیر بردار ویژه مربوط به متغیرهای تأثیرگذار در هر یک از مؤلفه‌ها در روش PCA

مؤلفه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
کربن آلی ذره‌ای	−۰/۴۱۶	−۰/۰۴۰	۰/۰۱۹	−۰/۰۸۹	۰/۲۹۳	۰/۰۶۰
ماده آلی ذره‌ای	−۰/۴۱۵	−۰/۰۴۲	۰/۰۱۸	−۰/۰۹۰	۰/۲۹۴	۰/۰۵۹
کربن آلی	−۰/۳۵۵	−۰/۱۸۳	۰/۱۹۶	−۰/۰۳۸	−۰/۲۲۴	−۰/۲۷۱
ماده آلی	−۰/۳۵۵	−۰/۱۸۱	۰/۱۹۴	−۰/۰۳۸	−۰/۲۲۵	−۰/۲۷۳
شن	−۰/۱۶۵	۰/۴۹۴	۰/۰۱۳	−۰/۲۲۳	−۰/۰۱۴	۰/۰۴۰
سیلت	۰/۲۹۳	−۰/۳۶۴	۰/۱۰۵	۰/۱۹۹	۰/۰۸۸	−۰/۱۲۸
رس	−۰/۲۱۷	−۰/۳۳۱	−۰/۲۲۹	۰/۰۸۲	−۰/۱۳۹	۰/۱۶۱
اسیدیته	۰/۲۵۹	−۰/۲۹۹	۰/۱۴۷	۰/۲۰۵	۰/۲۱۳	۰/۱۸۶
پتاسیم محلول	−۰/۰۳۲	−۰/۱۷۷	−۰/۴۸۰	−۰/۰۹۶	−۰/۰۱۴	−۰/۲۱۶
فسفر	۰/۰۶۳	۰/۱۳۶	۰/۴۳۷	۰/۳۳۷	−۰/۳۱۹	۰/۰۴۸
هدایت الکتریکی	−۰/۰۷۸	۰/۲۶۲	۰/۳۵۲	۰/۲۹۶	−۰/۰۱۸	−۰/۳۰۹
آهک	−۰/۱۱۱	۰/۱۹۶	۰/۲۹۸	۰/۲۸۳	۰/۱۸۱	−۰/۱۷۲
کلسیم	−۰/۱۷۹	۰/۲۲۱	−۰/۰۴۸	۰/۴۹۷	−۰/۰۰۴	−۰/۱۵۷
سدیم	−۰/۰۲۲	۰/۲۷۳	−۰/۰۹۴	۰/۴۰۱	۰/۳۵۲	−۰/۱۱۳
رطوبت حجمی	۰/۱۸۲	۰/۰۵۶	۰/۰۷۶	−۰/۲۶۲	−۰/۱۴۸	−۰/۱۷۵
پتاسیم تبادلی	−۰/۱۱۴	−۰/۲۳۸	۰/۲۴۲	−۰/۰۷۹	۰/۴۸۴	۰/۲۳۲
منیزیم	۰/۰۸۴	−۰/۰۴۱	−۰/۲۸۰	۰/۱۸۰	−۰/۱۹۴	−۰/۵۹۵
رس قابل انتشار	۰/۲۵۸	۰/۱۱۲	۰/۲۲۳	−۰/۱۹۲	۰/۳۱۹	−۰/۳۴۰

کم تغییرات برای این متغیرها در منطقه مورد مطالعه مانع از بروز اثر قابل ملاحظه‌ای روی تولید اولیه شده است. همچنین، باید به این نکته توجه کرد که برخی متغیرهای حذف شده از معادلات پیش‌بینی، به‌طور غیرمستقیم به‌عنوان پارامترهای خاک‌سازی (اثرات متقابل متغیرها) اثر خود را روی ویژگی‌های خاک و به‌تبع آن روی تولیدات گیاهی داشته‌اند. همچنین، انتشار گونه‌ها و عملکرد اکوسیستم تنها تابع تغییرات پارامترهای خاک نیست، بلکه عوامل پستی و بلندی، اقلیم و آب‌وهوا و حتی عوامل زیستی، به‌ویژه عوامل وابسته به انسان مانند مدیریت چرای دام در تغییرات تولید مؤثر هستند که باید در مدل‌سازی تغییرات تولید مد نظر قرار گیرند. به‌علاوه در این پژوهش تنها با استناد به منابع، اینکه چه پارامترهایی از خاک در پژوهش‌های گذشته در ارتباط با تأثیر آنها بر انتشار گیاهان و عملکرد اکوسیستم مد نظر قرار گرفته بوده‌اند، انتخاب شدند و احتمالاً پارامترهای دیگری از خاک در عملکرد اکوسیستم مؤثر هستند که در پژوهش‌های آینده باید مد نظر قرار گیرند. بنابراین، بر

اساس نتایج ما تنها بخشی از تغییرات عملکرد تولیدی اکوسیستم مراتع فندوق‌لو تحت تأثیر پارامترهای انتخاب شده بود و سهم اثر آنها مشخص شد.

نتایج پژوهش نشان داد از بین پارامترهای خاک مورد اندازه‌گیری، بیش‌ترین تأثیر پارامترها روی تولید اولیه گندمیان بوده است. به نظر می‌رسد بخش عمده‌ای از این اثرات مربوط به ریشه‌های کم‌عمق و افشان گندمیان است. از جمله این پارامترهای تأثیرگذار میزان کربن آلی است. پینیرو و همکاران (۲۳) بیان کردند که عامل چرای دام با کاهش نیتروژن باعث کاهش ماده آلی و ذخیره کربن می‌شود و میزان تولید اولیه مراتع را کاهش می‌دهد. بنابراین، با توجه به شدت بالای چرای دام در منطقه و به تبع آن کاهش میزان کربن آلی، کاهش تولید اولیه گندمیان را در پی داشته است. نتایج نشان داد، از ویژگی‌های فیزیکی خاک، تنها رس قابل انتشار بر تولید گندمیان مؤثر است. بانسل و همکاران (۲) نیز در بررسی خصوصیات خاک روی چند گونه از گندمیان در آمریکا، تأثیر پارامترهای شیمیایی خاک روی عملکرد گیاهان از جمله تولید را مؤثرتر از پارامترهای فیزیکی خاک از جمله بافت خاک بیان کردند. رطوبت حجمی نیز از جمله پارامترهایی است که بر تولید اولیه فرم رویشی گندمیان اثر داشته است. از آنجایی که گندمیان دارای ریشه‌ای سطحی و افشان هستند قادرند رطوبت لایه‌های سطحی خاک را جذب کند. تورل و همکاران (۲۹) در پژوهشی از عامل رطوبت حجمی خاک در تخمین تولید گندمیان استفاده و این عامل را جایگزین مناسبی برای بارندگی سالیانه در تخمین تولید مراتع بیان کردند. ساواداقو (۲۶) کاهش رطوبت خاک در اثر چرای دام را یکی از مهم‌ترین علل کاهش تولید اولیه بیان کرده است. به‌نظر می‌رسد فشردگی خاک در اثر چرای دام در منطقه مورد مطالعه این پژوهش، سبب کاهش رطوبت و درنهایت باعث کاهش تولید اولیه گندمیان شده است. منیزیم نیز یکی از عناصر مهم و لازم برای واکنش‌های بیولوژیکی گیاهان است و در این پژوهش، در کنار سدیم، از متغیرهای تأثیرگذار بر تولید گندمیان بودند. همچنین از متغیرهای تأثیرگذار دیگر، میزان پتاسیم تبادلی و پتاسیم محلول و فسفر بود. ژاو و همکاران (۳۴) نیز به‌منظور بررسی تغییرات تنوع گونه‌ای و تولید در رابطه با ویژگی‌های خاک در شش رویشگاه در شنزار هورکین به نتیجه رسیدند که مواد غذایی خاک عامل کلیدی برای تعیین پراکنش و الگوی تیپ‌های گیاهی اصلی منطقه و تولید هستند.

در این پژوهش، هدایت‌الکتریکی با اختصاص بالاترین میزان بتا به خود، نقش بیشتری در پیش‌بینی تولید اولیه پهن‌برگان علفی نسبت به سایر متغیرها، به خود اختصاص داده است. هرچه املاح خاک بیشتر باشد، هدایت‌الکتریکی آن نیز بیشتر خواهد بود. این پارامتر، توسعه برگ، رشد و تولید ماده خشک در گیاه را به‌طور محسوس تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۸). رس قابل انتشار و رطوبت حجمی نیز از فاکتورهای مؤثر بر پهن‌برگان علفی بودند.

بخش قابل‌توجهی از پهن‌برگان علفی در منطقه فندوق‌لو را گونه‌های *Trifolium pratense* L. و *Trifolium repense* L. تشکیل می‌دهند که یک عامل زیستی بالقوه در تثبیت نیتروژن در چمنزارها هستند (۲۴). نیتروژن نقش مهمی در حاصلخیزی خاک مراتع و رشد گیاهان دارد ولی در این پژوهش بررسی نشده. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی تأثیر مواد غذایی خاک از جمله نیتروژن بر تولید اولیه مراتع به‌ویژه در منطقه فندوق‌لو مورد توجه قرار گیرد. با این حال، از بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق، تنها پارامترهای هدایت الکتریکی، پتاسیم محلول و سدیم دارای اثر معنی‌داری بر تولید اولیه کل در این منطقه بود. ژاو و همکاران (۳۴) نیز در پژوهش خود گزارش کردند که تغییرات تنوع گونه‌ای و تولید تحت تأثیر مواد غذایی خاک، مقدار آب در دسترس، هدایت‌الکتریکی قرار دارند. همان‌طور که اشاره شد، به‌نظر می‌رسد اثر سایر پارامترهای خاک به‌طور غیرمستقیم روی تولید اولیه کل مؤثر بودند. در راستای تأیید یا رد این تحلیل، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی تولید کل صورت گرفت. نتایج نشان داد که کربن آلی ذره‌ای، ماده آلی ذره‌ای، کربن آلی و ماده آلی در مؤلفه اول بیشترین درصد تغییرات تولید را برعهده

دارند. هویل و همکاران (۱۱) در پژوهشی در جنوب‌غربی استرالیا گزارش کردند که افزایش کربن آلی با افزایش بارندگی سالیانه و کاهش دما در ارتباط بوده و درنتیجه افزایش ذخیره کربن باعث طولانی شدن فصل رشد و افزایش تولید اولیه می‌شود. مواد آلی نیز باعث پایداری خاکدانه‌ها، چسبندگی، شکل‌پذیری و حاصلخیزی خاک و جذب رطوبت می‌شود. حاصلخیزی خاک بر مقدار و دسترسی به رطوبت، عمق ریشه‌زنی، جذب و توزیع مواد غذایی و تولید مؤثر است (۱۲). در مؤلفه دوم شن، رس، سیلت و اسیدیته بیشترین درصد تغییرات را برعهده داشتند. جابرالانصار و همکاران (۱۲) نیز گزارش کردند که درصد شن در منطقه استپی و درصد سیلت در مناطق نیمه‌استپی تأثیر ویژه‌ای روی تولید گونه‌های گیاهی دارا هستند. در این روش، ۸۴/۵۲ درصد تغییرات تولید کل توسط پارامترهای خاک توجیه شده است. در مجموع، با توجه به نتایج حاصل می‌توان عنوان کرد که روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در مقایسه با رگرسیون با R^2 ۲۸ درصد، پیش‌بینی بهتری از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر خاک بر تغییرات تولید کل ارائه می‌دهد.

به‌طورکلی، نتایج این پژوهش به درک پاسخ‌های تولید اولیه سطح زمین چمنزارهای منطقه فندوق‌لو به پارامترهای خاک کمک می‌کند و می‌تواند به‌عنوان یک گام پایه برای پژوهش‌های بعدی استفاده شود و اطلاعات پایه‌ای برای حفاظت و مدیریت مراتع در راستای ایجاد تعادل در مقدار زی‌توده، توازن کربن، کاهش گازهای گلخانه‌ای و برقراری تعادل بین عرضه و تقاضای میزان انرژی اکوسیستم فراهم کند. همچنین با انجام این‌گونه پژوهش‌ها، می‌توان مناطق با پتانسیل تولید بالا را شناسایی و برای مدیریت و حفظ آنها اقدام کرد.

منابع مورد استفاده

1. Andales, A. A., J. D. Derner, L. R. Ahuja and R. H. Hare. 2006. Strategic and tactical prediction of forage production in northern mixed-grass Prairie. *Rangeland Ecology & Management* 59: 576-584. https://doi.org/10.2111/06-001R1.1.
2. Bansel, Sh., J. J. James and R. L. Sheley. 2014. The effects of precipitation and soil type on three invasive annual grasses in the western United States, *Journal of Arid Environments* 104: 38-42. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.01.010
3. Brinkley, D. and C. Giardina. 1998. Why do tree species affect soils? The warp and woof of tree–soil interactions. *Biogeochemistry* 42(1-2): 89–106.
4. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal* 54(5): 464- 465.
5. Burt, R. 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual. 735 P. Version 4.0. Soil Survey Investigation Report No 42, U.S. Government Print.
6. Dadjou F. 2017. The effect of the factors affecting production in the highlands of Hir and Neor using ground-based and remotely sensed methods, MSc. Thesis, The University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. (In Farsi).
7. Elmojahid, L., X. Leroux, S. Michalet, F. Bellvert, A. Weigelt and F. Poly. 2017. Effect of plant diversity on the diversity of soil organic compounds. *PLoS ONE* 12(2): e0170494. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170494.
8. Fakhar Izadi N., K. Naseri and M. Mesdaghi. 2016. The effects of plot size and shape on accuracy and precision of estimation of production at some pastures by sampling simulation. *Iranian Journal of Applied Ecology* (14): 51-60. (In Farsi).
9. Goharnejad, A., A. Zarei and P. Tahmasebi. 2014. Comparing multiple regressions, principal component analysis, partial least squre regression, ridge regression, and ridge regression in predicting rangeland biomass in the semi steppe rangeland of Iran, *Environment and Natural Resources Journal* 12(1): 1-21.
10. Ghorbani, A., J. Sharifi, H. Kavianpoor, B. Malekpoor and F. Mirzaei AghcheGheshlagh. 2013. Investigation on ecological characteristics of *Festuca ovina* L. in south-eastern rangelands of Sabalan. *Iranian Journal of Range & Desert Research* 20(2): 379-396. (In Farsi).
11. Hoyle, F. C., R. A. Oleary and D. V. Murphy. 2016. Spatially governed climate factors dominate management in determining the quantity and distribution of soil organic carbon in dry land agriculture systems. *Scientific Reports* 6: 1-12. https://doi.org/10.1038/srep31468

12. Jaberalansar Z., M.Tarkesh Esfahani, M. Basiri and S. Pourmanafi. 2017. Effects of environmental factors on forage production of Steppe and semi Steppe rangelands in western part of Isfahan province. *Iranian Journal of Rangeland* 10(3): 302-314. (In Farsi).
13. Jackson, M. A. 1962. Soil Chemical Analysis. Constable and Co Ltd, London.
14. Jackson, D. A. 1993. Stopping in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology* 74: 2204-2214.
15. Jones, J. B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. Boca Raton, D.C.CRC Press, London, New York and Washington.
16. Kent, M. and P. Coker. 1992. Vegetation Description and Analysis. John Wiley & Sons, England.
17. Lal, R. 1994. Data analysis and interpretation. In: Methods and Guidelines for Assessing Sustainable Use of Soil and Water Resources in the Tropics, R. Lal (Ed.). Soil Management Support Services Technical. Monograph. No. 21. SMSS/SCS/USDA, Washington D.C, pp. 59-64.
18. Magharri, E., S. M. Razavi, E. Ghorbani, L. Nahar and S. D. Sarker. 2015. Chemical composition, some allelopathic aspects, free-radical-scavenging property and antifungal activity of the volatile oil of the flowering tops of *Leucanthemum vulgare* Lam. *Records of Natural Products* 9(4): 538-545.
19. Mirzaei Mossivand, A., A. Ghorbani, M. A. Zare Chahoki, F. Keivan Behjou and K. Sefidi. 2016. Environment factors affecting the distribution of species *Prangos ferulacea* Lindl. in rangelands of Ardabil Province. *Iranian Journal of Rangeland* 10(2): 191-203. (In Farsi).
20. Murphy, J. and P. Riley. 1988. A modified single solution method for determination of phosphate in natural water. Pp: 31-36, *In:* Page, E. L., R. H. Miller and R. D. Keeney (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part. 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy. Inc. Soil Science Society of America Publisher, WI.
21. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 153-188. *In:* Sparks, D. L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. SSSA Book Series Number 5, Soil Science Society of America. J, Madison, WI.
22. Page, A. L. 1992. Methods of Soil Analysis. ASA and SSSA Publishers: Madison, WI.
23. Pineiro, G., J. M. Paruedo, M. Oesterheld and E. G. Jobbagy. 2010. Pathways of grazing effects on soil organic carbon and nitrogen. *Rangeland Ecology & Management* 63(1): 109-119. https://doi.org/10.2111/08-255.1.
24. Rasmussen, J., K. Søegaard, K. Pirhofer-Walzl and J. Eriksen. 2012. N_2- fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species. *European Journal of Agronomy* 36: 66–74. https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.09.003.
25. Rocarpian, P., S. Gachet, K. Metzner and A. Saatkamp. 2016. Moisture and soil parameters drive plant community assembly in Mediterranean temporary pools. *Hydrobiologia* 781(1): 55-66.
26. Savadogo, P., L. Sawadogo and D. Tiveau. 2007. Effects of grazing intensity and prescribed fire on soil physical and hydrological properties and pasture yield in the savanna woodlands of Burkina Faso. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118: 80–92. https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.002
27. Schroder, T. and F. D. Fleig. 2017. Spatial pattern and edge effects on soil organic matter and nutrients in a forest fragment of southern Brazil. *Soil Research* 55(7): 649-656.
28. Tawfik, A. and A. Noga. 2001. Priming of Cumin (*Cuminum cyminum*) seeds and its effects of germination, emergence and storability. *Journal of applied botany* 75: 216-220.
29. Torell, L. A., K. C. McDaniel and V. Koren. 2011. Estimating grass yield on blue grama range from seasonal rainfall and soil moisture measurements. *Rangeland Ecology and Management* 64(1): 56-66. https://doi.org/10.2111/REM-D-09-00107.1 .
30. Valizadeh Yonjalli, R., F. Mirzaei Aghjehgheshlagh and A. Ghorbani. 2015. Comparing rangeland soil- vegetation mineral content based on elevation classes and phenological stages in north-facing slopes, Sabalan region, Ardabil Province. *Iranian Journal of Water & Soil Science* 73: 233-247. (In Farsi).
31. Vallentine, J. F. 1990. Grazing Management. Academic Press. San Diego, CA, USA.
32. Yu, M. M., Y. H. Chen, Z. B. Zhu, L. Liu, L. X. Zhang and Q. S. Guo. 2016. Effect of phosphorus supply on plant productivity, photosynthetic efficiency and bioactive-component production in *Prunella vulgaris* L. under hydroponic condition. *Journal of Plant Nutrition* 39(12): 1672-1680. https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1161785.
33. Zareh Hesari, B., A. Ghorbani, F. Azimi Motam, K. Hashmi Majd and A. Asghari. 2014. Study the effective ecological factors on distribution of *Artemisia fragrans* in southeast faced slopes of Sabalan, *Iranian Journal of Rangeland* 8(3): 238-250. (In Farsi).
34. Zhao, W. Y., J. L. Li and J. G. Qi. 2007. Changes in vegetation diversity and structure in response to heavy pressure in the northern Tianshan Mountion, China. *Journal of Arid Environments* 68: 465-479. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.06.007.

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 23, No. 3, Fall 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effects of Soil Parameters on Aboveground Net Primary Production in Meadow Rangelands in Fandoghlou Region of Namin County, Ardabil Province

A. Ghorbani[1*], E. Hassanzadeh Kuhsareh[1], M. Moameri[1], K. Hashemi Majd[2] and A. Pournemati[3]

(Received: November 16-2018; Accepted: October 24-2018)

Abstract

In this study, the effect of some soil parameters on the life forms and total aboveground net primary production (ANPP) in meadow rangelands in Fandoghlou region of Namin county in Ardabil Province were investigated. ANPP in 180 plots of 12 by harvesting and weighting method were measured. Eighteen soil samples were collected along transects. Some physical and chemical attributes of the soil were measured by standard methods. The relationship between these parameters and ANPP was performed using multivariate regression (enter) method. To determine the effects of important soil parameters on ANPP variation, principal component analysis (PCA) was used. The results of regression analysis showed that electrical conductivity (EC), magnesium (Mg), spreadable clay (WDC), volumetric moisture content (VM), organic carbon (OC), soluble potassium (KS), exchangeable potassium (Kexch), sodium (Na) and phosphorus (P) were the effective parameters on the life forms and total ANPP ($p<0.01$). The accuracy of obtained equations for grasses, forbs and total ANPP were calculated 79, 76 and 70%, respectively. Moreover, results of PCA showed that soil parameters justify 84.52 percent of total ANPP variation and in comparison, with regression results with 28% it provides better results.

Keywords: Production modelling, Biomass, Life form, Soil parameters, Meadow rangelands, Namin county

1. Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: a_ghorbani@uma.ac.ir