دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره دهم، شماره بیستم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

بررسی تغییرات عناصر پرمصرف خاک و مواد معدنی گیاهان با فرم‌های رویشی مختلف در نیمه شمالی استان اردبیل

فاطمه شکسته‌بند [۱]، سمانه محمدی مقدم[۲]، حسین شهاب ارخازلو [۳]، اردوان قربانی[۴*]

[۱]دانشجوی دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک، گروه علوم زراعی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
[۲]دانش‌آموخته دکتری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۳]استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۴]استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۲

چکیده

هدف از تحقیق حاضر بررسی تغییرات عناصر پرمصرف در خاک و گیاه به تفکیک فرم رویشی با تغییرات ارتفاع است. به‌این منظور نمونه‌برداری از خاک و گیاه در ۱۳ مکان در گرادیان ارتفاعی ۳۰۰ تا ۳۳۰۰ متری در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. در هر مکان سه ترانسکت ۱۰۰ متری به فاصله ۵۰ متر از یکدیگر و در امتداد هر ترانسکت ۵ پلات یک متر مربعی قرار گرفت. در هر پلات پوشش گیاهی به تفکیک فرم رویشی گندمیان، پهن‌برگان، بوته‌ها و نمونه‌های خاک در دو عمق ۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. سپس میزان عناصر کلسیم، پتاسیم، سدیم، فسفر و نیتروژن برای نمونه‌های گیاهی به تفکیک فرم رویشی و نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه مقدار عناصر پرمصرف در خاک و گیاه در طبقات ارتفاعی مختلف با یکدیگر مقایسه شد. براساس نتایج، غلظت عناصر پرمصرف خاک در طبقات ارتفاعی، دارای تفاوت معنی‌دار بود. بیش‌ترین غلظت نیتروژن در ارتفاع ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر (۰/۴۷ درصد)، فسفر در ارتفاع ۱۵۰۰-۱۲۰۰ متر (۸۷/۸ پی‌پی‌ام)، پتاسیم در ارتفاع ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر (۵۷/۶ پی‌پی‌ام)، سدیم در ارتفاع ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر (۶۹/۸ پی‌پی‌ام) و کلسیم در ارتفاع ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر (۱۶/۵۳ میلی اکی والان بر لیتر) است. همچنین غلظت عناصر پرمصرف در گیاه در طبقات ارتفاعی با یکدیگر متفاوتاست. بیش‌ترین غلظت نیتروژن در بوته در ارتفاع ۲۴۰۰-۲۱۰۰ متر (۳/۰۶ درصد)، فسفر در پهن‌برگان در ارتفاع ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر (۵۴۸/۲ پی‌پی‌ام)، پتاسیم

*نویسنده مسئول: a_ghorbani@uma.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

در پهن‌برگان در ارتفاع ۹۰۰-۶۰۰ متر (۴۰۰/۳ پی‌پی‌ام)، سدیم در بوته در ارتفاع ۶۰۰-۳۰۰ متر (۵۸/۴ پی‌پی‌ام) و کلسیم در پهن‌برگان در ارتفاع ۳۰۰-۰ متر (۲۶۱/۷ پی‌پی‌ام) است. نتایج نشان داد که عناصر غذایی موجود در خاک بر میزان این عناصر در گیاهان موثر است. با توجه به اینکه تعادل در میزان عناصر غذایی در گیاهان در تغذیه دام اهمیت زیادی دارد، آگاهی از میزان این عناصر در خاک و گیاه در برخورداری دام از یک رژیم غذایی مناسب و افزایش در کمیت و کیفیت محصولات دامی موثر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: **ارتفاع از سطح دریا، بوته، پهن‌برگ، عناصر پرمصرف، گندمیان**

مقدمه

دانشمندان، خاک را پلی بین دنیای زنده و غیرزنده می‌دانند. تقریباً زندگی همه جانداران به خاک بستگی دارد. هر نوع تغییری در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک بر تمام موجودات از جمله گیاهان تاثیرگذار است (تقی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). خاک محیط طبیعی برای رشد گیاهان است و بر رشد، نمو، پراکندگی و بسیاری دیگر از ویژگی‌های آن‌ها مؤثر است. تولید موفقیت‌آمیز گیاهان مستلزم خاک مناسب و وجود مقدار کافی از عناصر غذایی قابل استفاده گیاه است؛ عناصر غذایی نه تنها باید به‌صورت ترکیباتی باشند که به سهولت مورد استفاده گیاهان قرار گیرند، بلکه تعادل بین مقدار آن‌ها نیز حائز اهمیت است (Tandon et al., 1989). همچنین خاک یکی از مهم‌ترین عواملی است که در درصد مواد معدنی گیاه نقش عمده‌ای دارد.

خصوصیات خاک تغییرات مکانی و زمانی از مقیاس‌های کوچک تا بزرگ را دارد که تحت تأثیر خصوصیات ذاتی فاکتورهای تشکیل خاک مانند مواد مادری خاک و خصوصیات غیرذاتی مانند عملیات مدیریتی خاک، کوددهی و سایر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (فروغی‌فر و همکاران، ۱۳۹۰). ویژگی‌های توپوگرافی همچون ارتفاع از سطح دریا از عواملی است که بر میزان عناصر غذایی خاک تأثیر می‌گذارند (Vetaas et al., 2002). ارتفاع به دلیل تغییرات وضعیت آب و هوایی بر ترکیبات عناصر غذایی خاک اثر دارد؛ به‌طوری‌که در مناطقی که دارای رطوبت و دمای مناسب هستند خاک با جذب رطوبت بهتر نسبت به مناطق کم ارتفاع از نظر ترکیباتی مانند عناصر غذایی غنی‌تر خواهد بود. در بیش‌تر مناطق، خاک مراتع مرتفع به‌دلیل افزایش بارندگی دارای رطوبت و ارزش غذایی بیشتری برای رویش گیاهان است (یونجالی و همکارن، ۱۳۹۴). رئیسی منفرد و همکاران (۱۳۹۹)، در بررسی وضعیت عناصر غذایی در خاک و گیاه برخی رویشگاه‌های طبیعی گیاه دارویی مریم‌گلی خلیجی دریافتند که غلظت عناصر منیزیم، پتاسیم و فسفر موجود در خاک رویشگاه با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش یافته و مقدار کلسیم با افزایش متوسط درجه حرارت سالیانه در رویشگاه افزایش یافته است.

تغییرپذیری خصوصیات خاک در مراتع می‌تواند در عملکرد خاک برای جذب عناصر غذایی، عناصر معدنی گیاهان و رشد گیاه تأثیرگذار باشد (Shukla et al., 2004). همچنین مقدار عناصری که گیاه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

به وسیله ریشه‌های خود از خاک جذب می‌کند، بسته به نوع گیاه و خصوصیات شیمیایی خاک نظیر pH متغیر و متفاوت است (Gillian and Dick, 2010). عناصر خاک همچنین بر استقرار، رشد و تولید گیاهان تأثیر می‌گذارند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در رابطه با پوشش گیاهی باعث پراکندگی جغرافیایی وسیع گیاهان می‌شوند (Leonard, 1998). خاک به‌عنوان بستر گیاه، نقش مهمی در استقرار و گسترش پوشش گیاهی در هر نوع اقلیم و منطقه‌ای دارد. در هر اکوسیستم، بعد از مباحث مربوط به آب و هوا، ویژگی‌های خاک و نوع و مقدار عناصر معدنی آن، در اولویت قرار دارد؛ زیرا نقش اساسی در تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و برقراری چرخه مواد و عناصر به عهده دارد (جعفری و همکاران، ۱۳۷۹). همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تغییرات آن‌ها طی گذشت زمان، در پراکندگی نوع تیپ گیاهی منطقه تأثیر مستقیم دارد. کلبادی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی نقش ارتفاع در میزان عناصر معدنی موجود در گیاه دارویی *E.telmateia* Erhr در رویشگاه‌های مختلف شرق مازندران بیان کردند که در ارتفاعات پایین (۱۵۰-۲۵۰) مقدار ازت، روی و سیلیس افزایش یافته، ولی در ارتفاعات بالا (۹۰۰-۱۱۰۰) مقدار فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگز و مس بیشتر بوده است. گلدانساز و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی تغییرات برخی عناصر معدنی گونه *Eurotia ceratoides* در طبقات مختلف ارتفاعی بیان کردند که بین عناصر مورد بررسی هنگام رشد رویشی در سه ارتفاع، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در زمان گلدهی بین ازت و پروتئین گیاهی در سه ارتفاع اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، که در ارتفاع ۲۲۰۰ متر بیشترین مقدار (۱/۲۵۱ درصد) بوده است. در مرحله بذردهی گیاه، به‌جز پتاسیم بین بقیه عناصر اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در ارتفاع ۲۲۰۰ متر مقادیر ازت، فسفر، کلسیم و پروتئین با میانگین به ترتیب ۰/۶۵۸، ۰/۰۱۵، ۳/۲۰ و ۴/۱۱ درصد بالاترین مقدار را داشتند. یونجالی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی مقایسه عناصر غذایی خاک و گیاهان مرتعی بر اساس طبقات ارتفاعی و مراحل زیستگرد در دامنه‌های شمالی سبلان بیان کردند که در هر سه رویشگاه ارتفاعی غلظت عناصر پرنیاز در مرحله شروع بذردهی بالاتر از مرحله گلدهی بوده است. در مقابل، عناصر کم‌نیاز در هر سه منطقه ارتفاعی در مرحله گلدهی غلظت‌های بیشتری نسبت به شروع بذردهی داشتند. گونه‌ها و فرم‌های رویشی مختلف واکنش متفاوت نسبت به تغییرات عناصر موجود در خاک دارند و در نتیجه میزان تغییر عناصر در فرم‌های رویشی با توجه به تغییرات این عناصر در خاک با یکدیگر متفاوت است. قربانی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی نشان دادند که میزان عناصر ماکرو و میکرو در گونه‌های مورد بررسی شامل *Artemisia austriaca*، *A. melanolepis* و *Thymus kotschyanus* متفاوت است.

از آنجایی که ارتباط بین غلظت عناصر خاک و گیاه و تأثیر آن بر تغذیه دام‌ها و میزان تولیدات دامی مورد تائید قرار گرفته است، تعیین میزان عناصر معدنی در خاک و گیاه از مهم‌ترین اصول علمی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

در تغذیه دام محسوب می‌گردد. یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد رشد و تولید مثل در دام‌ها به‌ویژه هنگام چرا در مرتع کمبود مـواد معدنی یا عدم تعادل آن‌ها است. با توجه به اینکه میزان عناصر در خاک و گیاه تحت تأثیر عوامل محیطی مانند ارتفاع ممکن است تغییر کند، لازم است که تغییرات عناصر در ارتفاعات مختلف نیز بررسی شود. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات عناصر ماکرو خاک و مواد معدنی گیاهان در ارتفاعات مختلف انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در گرادیان ارتفاعی منطقه مغان تا سبلان و طول جغرافیایی ´۴۵ °۴۷ تا ´۲۳ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۸ °۳۸ تا ´۲۷ °۳۹ شمالی (۶۱۸۳۸۹ هکتار)، در شـمال اسـتان اردبیـل و غرب ایران قرار دارد. در استان اردبیل خصوصیات توپوگرافی، وجود کوه سبلان با امتداد شـرقی غربـی، استان را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم کرده است و در قسمت شرق استان ارتفاعات طـالش بـا امتداد شمالی جنوبی مانع نفوذ بخارهای دریای خزر به داخل استان می‌گردد. اخـتلاف ارتفـاع زیـاد در بخش‌های مختلف استان که از ۲۰ تا ۴۸۱۱ متر متغیر است، از عوامل اختلاف درجه حـرارت در نقـاط مختلف استان است (Mohammadi et al., 2022).

مراتع دشت مغان از مراتع قشلاقی استان اردبیل است. مراتعی که در دشت‌های پسـت یـا جلگـه‌ای به‌طورکلی مناطقی که دارای زمستان معتدل و نسبتاً گرم هستند، واقع شده‌اند. به علت بالا بودن درجه حرارت در فصل زمستان امکان رشد گیاهان میسر است و در صورت امکان، خروج دام از آغـل و چـرا از بقایای گیاهان انجام می‌گیرد. وسعت این مراتع در مناطق عشایری استان حدود ۲۶۶۲۸۶ هکتـار اسـت که سالانه مقدار ۹۲۹۳۳ تن علوفه تولید می‌کند. قشلاق عشایر ایل شاهسون در استان اردبیل، محدوده دشت مغان با وسعت حدود ۴۰۰ هزار هکتار قرار دارد. مراتع سبلان بـه‌طور سـنتی و بـیش از ظرفیـت مرتع توسط دام‌های ایل شاهسون و مردم روسـتایی مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیرنـد و بـه‌دلیل اهمیـت جغرافیایی، زیست‌محیطی و اقتصادی آن به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. تابستان‌های معتدل، خشک و سرد و زمستان‌های برفی، ویژگی اصلی اقلیمی این منطقه است. میانگین بارنـدگی سـالانه آن ۴۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر است که از مناطق کوهستانی به دشت‌های منطقه کاهش می‌یابد. در این مناطق در هر ۳۵۰ متر افزایش ارتفاع، دما ۱ درجـه سـانتی‌گراد کـاهش می‌یابـد. هم‌چنـین در هـر ۳۰۰ متـر افزایش ارتفاع، میانگین بارش سالانه حدود ۱۰۰ میلی‌متر افزایش می‌یابد. با توجـه بـه قـرار گـرفتن در معرض جریان‌های سرد و مرطوب سیبری، اقلیم هیرکـانی و مدیترانـه‌ای، اجـزای پوشـش گیـاهی ایـن منطقه متعلق به مناطق اروپای-سیبری و ایران-تـورانی و از نـوع پوشـش گیـاهی اسـتپی هسـتند. در

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

جدول ۱ برخی خصوصیات جغرافیایی سایت‌های مورد مطالعـه آورده شـده اسـت (Mohammadi et al., 2022; Ghafari et al., 2018).

جدول ۱ - برخی خصوصیات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ردیف	سایت	ارتفاع (m)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	شیب (٪)	جهت	بارندگی (mm)	دما (°C)
۱	جعفرآباد	۳۰۰-۰	۴۸° ۱′ ۷″	۳۹ ° ۲۷′ ۲۰″	۲/۶۲	شمال	۲۳۹/۷۷	۱۵/۲۱
۲	اکبرداوود	۶۰۰-۳۰۰	۴۸° ۴′ ۵۳″	۳۹° ۱۱′ ۳۸″	۲۲/۰۰	شرق	۲۶۷/۳۷	۱۴/۴۶
۳	پایین گرمی	۹۰۰-۶۰۰	۴۸° ۳′ ۳۱″	۳۹° ۲′ ۵۱″	۳۱/۰۲	شمال	۲۹۴/۹۷	۱۲/۹۵
۴	بالای گرمی	۱۲۰۰-۹۰۰	۴۸° ۳′ ۲۸″	۳۸° ۰′ ۴۸″	۳۰/۰۶	شمال	۳۱۷/۹۷	۱۱/۹۸
۵	تولون	۱۵۰۰-۱۲۰۰	۴۷° ۵۹′۴″	۳۸° ۵۷′ ۳۲″	۲۰/۷۴	جنوب	۳۵۴/۷۷	۱۰/۶۹
۶	گردنه زنگان	۱۸۰۰-۱۵۰۰	۴۷° ۵۷′ ۲۴″	۳۸° ۵۴′ ۱۰″	۱۷/۹۸	غرب	۳۷۳/۱۷	۹/۴۳
۷	آقچه قشلاقی	۱۵۰۰-۱۲۰۰	۴۷° ۵۷′ ۵۲″	۳۸° ۲۷′ ۳۸″	۳۵/۱۶	شمال	۳۵۴/۷۷	۱۰/۳۶
۸	چناق بولاغ	۱۸۰۰-۱۵۰۰	۴۷ °۵۶ ′۳۰″	۳۸° ۲۷′۱۷″	۱۴/۳۰	شمال	۳۷۳/۱۷	۹/۲۱
۹	مس دره‌سی	۲۱۰۰-۱۸۰۰	۴۸ ° ۵۵′۵۵″	۳۸° ۲۵′۴۱″	۳۳/۶۳	شمال	۴۰۹/۹۷	۸/۴۶
۱۰	لغ	۲۴۰۰-۲۱۰۰	۴۷ °۴۹′ ۳۱″	۳۸° ۲۲′ ۵۲″	۳۶/۵۷	شمال	۴۳۷/۵۷	۷/۲۷
۱۱	شیروان دره‌سی	۲۷۰۰-۲۴۰۰	۴۷° ۵۰′ ۵۱″	۳۸° ۲۰′۲۱″	۴۰/۰۴	شمال	۴۵۵/۹۷	۵/۸۸
۱۲	شیرافکن	۳۰۰۰-۲۷۰۰	۴۷° ۴۹′ ۱۶″	۳۸° ۲۰′ ۴۳″	۳۲/۶۴	شرق	۴۹۲/۷۷	۵/۸۶
۱۳	بالای تله کابین	۳۳۰۰-۳۰۰۰	۴۷° ۵۰′ ۵″	۳۸° ۱۸′۴۴″	۱۸/۵۵	شمال شرق	۵۲۰/۳۷	۴/۳۷

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری ویژگی‌های گیاه و خاک: در ابتدا در منطقه مورد مطالعه (دشت مغان تا سبلان) با استفاده از نقشه‌های شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع مناطق همگن از لحاظ توپوگرافی مشخص شدند. سپس با توجه به مساحت هر منطقه همگن، مکان نمونه‌برداری در آن منطقه همگن مشخص شد. به‌طورکلی در هر مکان سه ترانسکت ۱۰۰ متری به‌صورت موازی و عمود بر شیب غالب منطقه و به فاصله ۵۰ متر از یکدیگر قرار گرفت. نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی–سیستماتیک طبقه‌بندی شده انجام گرفت. به‌طوری‌که در این روش در هر سایت ارتفاعی پلات‌اندازی در نقطه اول به‌صورت تصادفی و در نقاط بعدی به روش سیستماتیک انجام شد. در امتداد هر ترانسکت ۵ پلات یک مترمربعی قرار گرفت. سطح مناسب پلات نمونه‌برداری با توجه به مطالعات انجام شده (قربانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ ولی‌زاده یونجالی و همکاران، ۱۳۹۴) به روش حداقل سطح و نوع و نحوه پراکنش گونه‌های گیاهی و تعداد پلات بعد از نمونه‌برداری اولیه با توجه به تغییرات پوشش گیاهی با روش آماری تعیین شد. فاصله بین پلات‌ها با توجه به منابع (قربانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ ولی‌زاده یونجالی و

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

همکاران، ۱۳۹۴)، خصوصیات پوشش گیاهی (نوع و توزیع پوشش گیاهی)، وضعیت فیزیوگرافی، عوامل بوم‌شناسی، طول و مساحت طبقات ارتفاعی و وسعت منطقه (ارزانی و عابدی، ۱۳۹۴) انتخاب شد. در هر پلات پوشش گیاهی به تفکیک فرم رویشی گندمیان، پهن‌برگان و بوته‌ها برداشت شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای خاک نیز در پلات اول، دوم و آخر و با توجه به عمق گسترش ریشه گیاهان، در دو عمق شامل عمق اول (۰ تا ۱۵ سانتی‌متر) و عمق دوم (۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر) نمونه‌های خاک برداشت شد. سپس نمونه‌های خاک و گیاه به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شد.

نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک شده، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند و نمونه‌های گیاهی برای خشک شدن کامل به مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۵ درجه قرار گرفتند. در نمونه‌های خاک و گیاه به تفکیک فرم رویشی، مقدار نیتروژن به روش کجلدال (Black et al., 1965; Black, 1982)، مقدار فسفر به روش اولسن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری (Jones, 2001)، مقدار کلسیم به روش EDTA و مقدار سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (غازان‌شاهی، ۱۳۸۵؛ امامی، ۱۳۷۵) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری عناصر پرمصرف خاک و مواد معدنی گیاهان از نظر نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگرف-اسمیرنوف در سطح ۵ درصد بررسی شد. پس از حصول اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها، میانگین عناصر معدنی خاک در دو عمق و گیاه به تفکیک فرم رویشی گندمیان، بوته و پهن‌برگان در سطوح ارتفاعی مختلف با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و روش توکی مقایسه شد. کلیه آنالیزهای آماری در محیط نرم‌افزار Minitab 18 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تأثیر ارتفاع بر مقادیر عناصر پرمصرف خاک و مواد معدنی گیاهان در مراتع مغان تا سبلان نشان داد، خاک‌ها طی زمان تحت تأثیر عوامل مختلف به خصوصیات معینی گرایش پیدا کرده‌اند و برای استقرار انواع گیاهان مساعد شده‌اند. از جمله ویژگی‌های خاک منطقه غلظت عناصر معدنی موجود در آن‌ها است که برای گیاهان ضروری هستند. این عناصر تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند ارتفاع و عمق دچار تغییرات شده‌اند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

بررسی تغییرات غلظت عناصر پر مصرف خاک

الف) مقایسه غلظت عناصر پرمصرف خاک در طبقات ارتفاعی در عمق اول: نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه غلظت عناصر پرمصرف خاک در طبقات ارتفاعی مختلف با یکدیگر شامل ۱۱ طبقه ارتفاعی (مقایسه میانگین‌ها) ارائه شده است (جدول ۲). نتایج نشان داد که همه عناصر پرمصرف خاک در عمق اول در ارتفاعات مختلف دارای اختلاف معنی‌دار هستند. به‌طوری‌که تغییرات مقدار عنصر نیتروژن در طبقات ارتفاعی مختلف در عمق سطحی روند مشخصی نداشت. اما بیشترین مقدار نیتروژن (۰/۴۷ درصد) در طبقات ارتفاعی ۳۰۰۰-۲۷۰۰ و ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر و کم‌ترین مقدار نیتروژن (۰/۲۴ درصد) در ارتفاع ۱۵۰۰-۱۲۰۰ متر بود (جدول ۲). مقدار فسفر در عمق اول در طبقه ارتفاعی ۳۰۰ - ۰ متر (۵۷/ ۰ پی‌پی‌ام) دارای بیشترین اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۱) با ارتفاع ۱۵۰۰ - ۱۲۰۰ متر (۸۷/۸ پی‌پی‌ام) بود. مقدار فسفر خاک در سایر ارتفاعات اختلاف معنی‌داری نداشت. مقدار پتاسیم خاک در عمق اول در طبقات ارتفاعی ۲۷۰۰-۲۴۰۰ متر (۵۶/۶۱ پی‌پی‌ام) و ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر (۵۷/۶۱ پی‌پی‌ام) با مقدار پتاسیم در عمق اول در ارتفاع ۱۵۰۰-۱۲۰۰ متر (۱۱/۱۱ پی‌پی‌ام) دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۱)است. در سایر طبقات مقدار پتاسیم تغییر معنی‌داری نداشته است. مقدار سدیم خاک در عمق اول دارای بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۱) بین طبقات ارتفاعی ۳۰۰۰-۲۷۰۰ متر (۵۱/۱۹ پی‌پی‌ام) و ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر (۶۹/۸ پی‌پی‌ام) در مقایسه با طبقات ارتفاعی ۹۰۰-۱۲۰۰ متر (۵/۱۶ پی‌پی‌ام) و ۱۵۰۰-۱۲۰۰ متر (۴/۸۱ پی‌پی‌ام) است (جدول ۲). مقدار کلسیم خاک در عمق اول در طبقات ارتفاعی ۲۴۰۰-۲۱۰۰ متر (۱۶/۶۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) و ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر (۱۶/۵۳ میلی‌اکی والان بر لیتر) با طبقه ارتفاعی ۲۱۰۰-۹۰۰ متر (۳ تا ۹ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) دارای اختلاف معنی‌داراست. در سایر طبقات تغییر معنی‌داری مشاهده نشده است (جدول ۲). حمید و همکاران (Hamid et al., 2021) بیان کردند که عناصر غذایی خاک با تغییرات ارتفاع تغییر می‌کند و مهم‌ترین دلیل این مسأله تغییر در درجه حرارت هوا با تغییر ارتفاع است. اگر چه تغییرات عوامل دیگری مانند دمای خاک، شیب و پوشش گیاهی در امتداد ارتفاع ممکن است بر عناصر خاک تأثیر بگذارند.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

جدول ۲- مقایسه میانگین عناصر پرمصرف خاک در طبقات ارتفاعی در عمق اول خاک (۱۵-۰ سانتی‌متری خاک)

عناصر خاک / طبقات ارتفاعی	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	سدیم (ppm)	کلسیم (meq/l)
۰-۳۰۰	۰/۲۵±۰/۰۴^{bc}	۰/۰۳±۰/۱۱^{b}	۲۳/۲۲±۰/۷۹^{ab}	۹/۳۶±۰/۶۶^{cd}	۶/۷۳±۰/۰۲^{abc}
۳۰۰-۶۰۰	۰/۲۷±۰/۰۳^{abc}	۰/۷۹±۰/۹۳^{ab}	۲۵/۶۱±۰/۰۴^{ab}	۲۱/۶۴±۹/۱۷^{bcd}	۵/۰۶±۰/۰۷^{ab}
۶۰۰-۹۰۰	۰/۳۳±۰/۰۸^{abc}	۳/۸۲±۰/۷۹^{ab}	۴۰/۲۷±۰/۰۴^{ab}	۲۳/۳۱±۱۰/۰۵^{bcd}	۷/۶۰±۰/۰۱^{bc}
۹۰۰-۱۲۰۰	۰/۳۰±۰/۱۰^{abc}	۳/۶۷±۱/۱۵^{ab}	۱۷/۲۷±۰/۱۷^{ab}	۵/۱۶±۱/۸۴^{cd}	۴/۳۳±۰/۰۱۱^{ab}
۱۲۰۰-۱۵۰۰	۰/۲۴±۰/۰۸^{bc}	۸/۷۸±۱/۱۷^{ab}	۱۱/۱۱±۰/۰۶^{b}	۴/۸۱±۲/۹۴^{d}	۳/۹۳±۰/۰۶^{a}
۱۵۰۰-۱۸۰۰	۰/۳۲±۰/۰۸^{abc}	۰/۱۶±۰/۲۴^{ab}	۱۷/۶۱±۰/۱۵^{ab}	۳۴/۲±۲۶/۳^{bc}	۵/۱۰±۰/۰۵^{ab}
۱۸۰۰-۲۱۰۰	۰/۱۹±۰/۱۴^{c}	۰/۵۸±۰/۰۵^{ab}	۱۴/۱۱±۰/۰۹^{ab}	۳۳/۴۸±۱۱/۷۳^{abcd}	۴/۲۶±۰/۰۳^{ab}
۲۱۰۰-۲۴۰۰	۰/۳۷±۰/۱۰^{ab}	۰/۰۸±۰/۵۱^{ab}	۳۱/۶۱±۰/۳۱^{ab}	۳۸/۹۴±۱۰/۴۳^{abcd}	۱۶/۴۶±۰/۰۲^{c}
۲۴۰۰-۲۷۰۰	۰/۳۴±۰/۰۴^{ab}	۰/۳۷±۰/۰۶^{ab}	۵۶/۶۱±۰/۰۲^{a}	۳۷/۰۸±۲۲/۳^{abcd}	۶/۶۶±۰/۰۷^{abc}
۲۷۰۰-۳۰۰۰	۰/۴۷±۰/۰۸^{a}	۴/۲۲±۰/۲۱^{a}	۳۱/۶۱±۰/۰۶^{ab}	۵۱/۱۹±۳/۷۶^{ab}	۵/۱۳±۰/۰۴^{abc}
۳۰۰۰-۳۳۰۰	۰/۴۷±۰/۰۳^{a}	۰/۲۷±۰/۲۹^{ab}	۵۷/۶۱±۰/۱۹^{a}	۶۹/۸±۹/۰^{a}	۱۶/۵۳±۰/۰۰^{c}
P	۰/۰۰**	۰/۰۱**	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**
F	۶/۴۰	۲/۹۱	۳/۴۷	۶/۹۷	۶/۶۶

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری است. ^{a} و ^{b} و ^{c} در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

ب) مقایسه غلظت عناصر پرمصرف خاک در طبقات ارتفاعی در عمق دوم: نتایج مربوط به مقایسه میانگین عناصر پرمصرف خاک در عمق دوم در طبقات ارتفاعی در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که مقدار فسفر در عمق دوم در طبقات ارتفاعی ۳۰۰ - ۰ (۰/۳۷ پی‌پی‌ام) و ۹۰۰ - ۶۰۰ متر (۲۱/۷ پی‌پی‌ام) دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) است و مقدار فسفر عمق دوم در سایر طبقات اختلاف نداشته‌اند (جدول ۳). در عمق دوم نیز مقدار پتاسیم در طبقات ارتفاعی ۱۸۰۰-۱۵۰۰ متر (۹/۲۷ پی‌پی‌ام) و ۱۵۰۰-۱۲۰۰ متر (۹/۲۷ پی‌پی‌ام) با طبقات ارتفاعی ۲۷۰۰-۲۴۰۰ متر (۲۷/۹ پی‌پی‌ام) و ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر (۳۵/۲۷ پی‌پی‌ام) دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0/01$) هستند. در سایر طبقات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). مقدار سدیم در عمق دوم در طبقات ارتفاعی دارای اختلاف معنی‌دار نیست (جدول ۳). در عمق دوم اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار کلسیم خاک در طبقات مختلف ارتفاعی مشاهده نشد (جدول ۳). سلیمان‌اوف و همکاران (Suleymanov et al., 2021) نیز گزارش کردند که بین میزان کلسیم و پتاسیم با ارتفاع رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد، در حالی که فسفر و سدیم رابطه منفی و غیر معنی‌دار با ارتفاع داشته است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

جدول ۳- مقایسه میانگین عناصر پرمصرف خاک در طبقات ارتفاعی در عمق دوم خاک (۱۵-۳۰ سانتی‌متر)

عناصر خاک / طبقات ارتفاعی	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	سدیم (ppm)	کلسیم (meq/l)
۰-۳۰۰	۰/۰۳±۰/۳۶^{b}	۲۲/۹۴±۰/۰۱^{bc}	۱۱/۲۰±۲/۸۲^{a}	۳/۶۰±۱/۰۳^{a}
۳۰۰-۶۰۰	۰/۱۸±۰/۶۰^{ab}	۲۲/۹۴±۰/۰۳^{abc}	۳۱/۵±۱۹/۶^{a}	۳/۵۳±۰/۳۰^{a}
۶۰۰-۹۰۰	۲/۱۷±۰/۰۴^{a}	۱۴/۹۴±۰/۰۱^{abc}	۲۳/۵±۱۶/۶^{a}	۲/۸±۰/۹^{a}
۹۰۰-۱۲۰۰	۰/۷۳±۰/۸۵^{ab}	۱۰/۶۱±۰/۰۲^{ab}	۱۰/۰۳±۰/۰۰^{a}	۲/۷±۰/۷۰^{a}
۱۲۰۰-۱۵۰۰	۱/۹۲±۰/۹۲^{ab}	۹/۲۷±۰/۰۱^{a}	۲۴/۹۴±۲۳/۷^{a}	۳/۹۳±۱/۰۷^{a}
۱۵۰۰-۱۸۰۰	۰/۱۱±۰/۰۵^{ab}	۹/۲۷±۰/۰۰^{a}	۴۳/۲±۱۵/۴^{a}	۴/۴۶±۰/۳۰^{a}
۱۸۰۰-۲۱۰۰	۰/۳۴±۰/۳۳^{ab}	۱۳/۶۱±۰/۰۱^{abc}	۳۵/۶۹±۸/۴۲^{a}	۵/۰±۰/۶^{s}
۲۱۰۰-۲۴۰۰	۰/۰۹±۰/۴۸^{ab}	۱۴/۶۱±۰/۰۳^{abc}	۱۲/۷۷±۶/۵۴^{a}	۵/۲۶±۱/۵۲^{a}
۲۴۰۰-۲۷۰۰	۰/۴۲±۰/۱۹^{ab}	۳۷/۹۴±۰/۰۰^{c}	۳۱/۷±۳۰/۹^{a}	۵/۴۶±۱/۹۴^{a}
۲۷۰۰-۳۰۰۰	۲/۴۲±۰/۹۷^{ab}	۱۷/۹۴±۰/۰۲^{abc}	۴۷/۶۷±۲/۷۴^{a}	۳/۷۳±۰/۷۵^{a}
۳۰۰۰-۳۳۰۰	۰/۱۷±۰/۲۳^{ab}	۳۵/۲۷±۰/۰۰^{c}	۴۲/۷۶±۸/۴۷^{a}	۴/۲±۰/۴^{a}
P	۰/۰۲*	۰/۰۰**	۰/۰۹۱^{ns}	۰/۰۶۶^{ns}
F	۲/۷۲	۷/۵	۱/۹۵	۲/۱۲

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری است. ^{a} و ^{b} و ^{c} در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

همان‌طور که بیان شد تغییرات عناصر ماکرو خاک و گیاه در ارتفاعات مختلف روند مشخصی ندارد. ولی‌زاده یونجالی و همکاران (۱۳۹۴) به نتیجه مشابهی دست یافتند و بیان کردند که تغییرات غلظت عناصر غذایی خاک و گیاهان رونیده در طبقات ارتفاعی مراتع دامنه شمالی سبلان روند مشخصی نداشتند. بر اساس نتایج آن‌ها در ارتفاع ۱۵۰۰ متر سدیم، کلسیم و منگنز نمونه‌های خاک؛ در ارتفاع ۲۰۰۰ متر پتاسیم، آهن و عنصر روی خاک؛ و در ارتفاع ۳۰۰۰ متر سدیم، پتاسیم، فسفر، کلسیم و آهن گیاهان؛ و فسفر، منیزیم و مس خاک به همراه روی، منگنز و مس نمونه‌های گیاه دارای بیشترین غلظت بودند و عناصر پتاسیم، آهن و مس خاک و گیاهان بین طبقات ارتفاعی مراتع شمال سبلان تغییرات مشابهی داشتند. اما میزان عنصر نیتروژن در ارتفاعات بالاتر بیش‌تر بود. افزایش غلظت نیتروژن در ارتفاعات بالاتر را می‌توان به رابطه میزان نیتروژن و مواد آلی نسبت داد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵). در پروفیل ارتفاعی مغان تا سبلان ماده آلی در طبقه ارتفاعی ۶۰۰-۰ کم‌ترین مقدار و در طبقه ارتفاعی بالاتر از ۲۴۰۰ بیشترین مقدار را نشان داد، در واقع با افزایش ارتفاع ماده آلی افزایش یافته و بر اثر آن میزان نیترون نیز افزایش یافته است. همچنین این مسأله ممکن است به‌دلیل افزایش پوشش گیاهی در ارتفاعات باشد. پوشش گیاهی از لحاظ نوع و تراکم پوشش، در غلظت نیتروژن خاک

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

نقش مهمی دارد (غفاری، ۱۳۹۱). خاک‌هایی که زیر پوشش گیاهان با ریشه فراوان هستند، معمولاً دارای مقدار بیشتری مواد آلی و نیتروژن هستند (جوادی و همکاران، ۱۳۸۴؛ جلیلوند و همکاران، ۱۳۸۶).

همچنین، نتایج نشان داد که مقدار عناصر ماکرو خاک تحت تاثیر ارتفاع تغییر می‌کنند که با نتایج بلنک و همکاران (Blank et al., 2007) مطابقت دارد و آن‌ها نشان دادند که ارتفاع روی در دسترس بودن عناصر غذایی خاک مؤثر است. بر اساس نتایج آن‌ها در درمنه‌زارهای استپی در ارتفاعات میانی مقدار دسترسی عناصر پتاسیم و فسفر در خاک بیشترین مقدار را داشته و در پایین‌ترین مناطق کم‌ترین مقدار را در ارتفاعات پایین داشته است. دسترسی کلسیم بیش‌ترین مقدار را در سایت‌های با ارتفاع پایین و در ارتفاعات دیگر مقدار کلسیم مشابه بود. دسترسی منگنز برای ارتفاعات بالا کم‌ترین مقدار را داشت. اما مقدار آهن، سدیم و منیزیم در ارتفاعات مختلف تغییر معنی‌داری نداشته است. یکی از دلایل تأثیر ارتفاع بر غلظت عناصر موجود در خاک ممکن است تغییر در نوع پوشش گیاهی باشد (تمرتاش و همکاران، ۱۳۹۲). زیرا گیاهان بر چرخه عناصر غذایی و خصوصیات مکانی خاک‌ها اثر می‌گذارند (احمدخانی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج پژوهش‌های گذشته نشان داده است که تغییر و تحول عناصر غذایی خاک در برخی شرایط به‌طور شدیدی تحت‌الشعاع نوع و مقدار پوشش گیاهی قرار می‌گیرد. به‌طور مثال نتایج به‌دست‌آمده از بررسی برخی از خصوصیات خاک در رویشگاه بوته‌زار بیانگر آن است که خاک زیر بوته‌ها دارای تأثیر فراوانی از پوشش گیاهی و بقایایی آن (لاشبرگ) است. میزان نیتروژن خاک نیز در لایه سطحی خاک بیشتر است که برگشت قابل‌توجه نیتروژن از طریق لاشبرگ است. همچنین میزان فسفر در خاک رویشگاه بوته‌زار بیش‌تر از گراس‌ها است که دلیل این امر هم ریشه این گیاهان است که فسفر قابل جذب را جذب می‌کنند (طحان و صبری، ۱۳۹۴).

ج) مقایسه غلظت عناصر پرمصرف خاک در عمق اول و دوم: نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر پرمصرف خاک در عمق اول (۰-۱۵ سانتی‌متری خاک) و عمق دوم (۱۵-۳۰ سانتی‌متری خاک) در ارتفاعات مختلف با توجه به جداول ۲ و ۳، نشان می‌دهد که همه عناصر پرمصرف خاک در عمق اول بیشتر از عمق دوم است (مقدار نیتروژن در عمق دوم اندازه‌گیری نشد، زیرا مقدار نیتروژن در عمق دوم اندک است). بالا بودن مقدار نیتروژن در عمق سطحی به این دلیل است که نیتروژن در خاک به‌خصوص در لایه سطحی بیشتر به‌صورت ترکیبات آلی وجود دارد، بنابراین فرایند تجمع نیتروژن در خاک با تجمع مواد آلی رابطه نزدیک دارد (جدول ۲). میانگین فسفر در اکثر طبقات ارتفاعی مورد مطالعه در عمق اول بیشتر است (جدول ۲). بر اساس نتایج حضور زیاد عنصر فسفر به‌ویژه در قشر سطحی خاک سایت‌های مورد مطالعه را می‌توان چنین توجیه نمود که با افزایش بقایای گیاهی در این

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

سایت‌ها، مقدار ماده آلی خاک افزایش می‌یابد و چون میزان هوموس در خاک نیز افزایش یافته است، هوموس با فسفر غیرقابل جذب خاک، تشکیل یک کمپلکس آلی بنام فسفوهومیک می‌کند که بسیار قابل جذب‌تر است. دلیل دیگر نیز این است که هوموس مانند یک آنیون به‌وسیله ذره رسی جذب می‌شود و فسفات تبادلی آن آزاد می‌گردد و می‌تواند دلیلی بر افزایش فسفر باشد (صفائیان و همکاران، ۱۳۸۸). این نتایج با یافته‌های مکوریا و همکاران (Mekuria et al., 2007)، تیسما و همکاران (Tessema et al., 2011) و مفیدی‌چلان (۱۳۹۱) مطابقت دارد. از طرفی چون قسمت عمده فسفر خاک به‌صورت ترکیب با مواد آلی است، لذا خاک‌های لایه سطحی که سرشار از مواد آلی هستند دارای مقدار فسفر بیشتری نسبت به لایه زیرین هستند (جوادی و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین گیاهان فسفر را از لایه‌های عمیق‌تر خاک جذب می‌کنند و پس از مردن و پوسیدن انساج آن‌ها، مقدار زیادی فسفر در سطح خاک تجمع پیدا می‌کند و کم شدن میزان فسفر در لایه‌های زیرین به این علت است که گیاه فسفر را از این لایه‌ها استخراج می‌کند و به سطح می‌آورد و در عین حال، مقدار ناچیزی از فسفر در نتیجه آبشویی به‌طور دائم از دست می‌رود (سالاردینی، ۱۳۸۲). میانگین پتاسیم در تمامی سایت‌های مورد مطالعه در ارتفاعات مختلف در عمق اول بیشتر از عمق دوم است (جدول ۲). از جمله دلایل بیشتر بودن پتاسیم در عمق سطحی را می‌توان به اسیدیته کم‌تر این سایت‌ها نسبت داد به‌طوری‌که گفته می‌شود هر چه اسیدیته محیط کم‌تر باشد میزان پتاسیم خاک بیشتر می‌شود (سالاردینی، ۱۳۸۲).

در سایت‌های مورد مطالعه به علت چرای دام حجمی از اندام‌های گیاه برداشت شده است که این امر باعث می‌شود که مصرف پتاسیم گیاه افزایش یابد. درباره کاهش پتاسیم در عمق دوم می‌توان گفت خروج پتاسیم از خاک یا با برداشت این عنصر توسط گیاه یا در اثر آبشویی صورت می‌گیرد؛ لذا تغییرات ایجاد شده را می‌توان در مورد برداشت پتاسیم توسط گیاهان و سپس برگشت پتاسیم به عمق اول توسط اختلاط بقایای گیاهی و لاشبرگ به خاک سطحی نسبت داد که سبب افزایش پتاسیم در عمق اول و کاهش آن در عمق دوم می‌شود (کهندل و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین وجود گیاه و بقایای گیاهی ریخته شده در سطح خاک مانع آبشویی این عنصر شده، سبب افزایش پتاسیم در لایه سطحی نسبت به عمق دوم می‌شود. این نتایج با یافته‌های مهدوی‌اردکانی و همکاران (۱۳۸۹) و تیاگو (Teaguea, 2011) مطابقت دارد. میانگین کلسیم در تمامی سایت‌های مورد مطالعه در ارتفاعات مختلف در عمق اول بیش‌تر از عمق دوم است (جدول ۲ و ۳). بر اساس نتایج، میانگین کلسیم در تمامی سایت‌های مورد مطالعه در ارتفاعات مختلف در عمق اول بیش‌تر از عمق دوم است. بیشتر بودن میزان عناصر قابل‌جذب در عمق اول کاملاً قابل انتظار است؛ زیرا تجمع و حضور لاشبرگ‌ها که مهم‌ترین منابع ورود عناصر تغذیه‌ای خاک و ماده آلی آن هستند در لایه‌های سطحی خاک بیشتر است

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

و در واقع عناصر غذایی موجود در خاک با مواد تغذیه‌ای آزادشده توسط گیاهان و چرخه فعال در لایه‌های سطحی خاک ارتباط مستقیمی دارند (سلیمانی رحیم‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). میانگین سدیم در طبقات ارتفاعی ۳۰۰-۰ متر، ۶۰۰-۳۰۰ متر، ۱۲۰۰-۹۰۰ متر، ۱۵۰۰-۱۲۰۰ متر، ۱۸۰۰-۱۵۰۰ متر در عمق دوم بیشتر از عمق اول است. ولی میانگین سدیم در طبقات ارتفاعی ۹۰۰-۶۰۰ متر، ۲۴۰۰-۲۱۰۰ متر، ۲۷۰۰-۲۴۰۰ متر، ۳۰۰۰-۲۷۰۰ متر، ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر در عمق اول بیش‌تر از عمق دوم است (جدول ۲). به‌طورکلی می‌توان گفت که غلظت عناصر پرمصرف خاک تحت تأثیر ارتفاع و عمق تغییر می‌کند. اما این تغییرات روند مشخصی ندارند. بر اساس نتایج میانگین سدیم در ارتفاعات بالاتر در عمق اول بیشتر از عمق دوم بوده است. درحالی‌که در ارتفاعات پایین در عمق دوم بیشتر از عمق اول بوده است. با وجود آن‌که میزان بارندگی در سایت‌های ارتفاع بالاتر، بیشتر از سایت‌های پایین است و انتظار می‌رود که آبشویی بیشتر صورت گرفته و غلظت عناصر در عمق دوم بیشتر باشد، اما به دلیل پوشش و لاشبرگ بیشتر در ارتفاعات، آبشویی عناصر کم‌تر صورت گرفته و در نتیجه غلظت عناصر در عمق اول بیشتر از عمق دوم است. اما در سایت‌های پایین‌تر میزان کم‌تر تراکم پوشش و تجمع کم‌تر لاشبرگ باعث شست‌وشوی سریع‌تر عناصر از خاک می‌شود (الیاس‌آذر، ۱۳۸۱).

مقایسه عناصر معدنی گیاه در طبقات ارتفاعی

یکی از اطلاعات مهم موردنیاز برای مدیریت صحیح و اصولی مراتع، آگاهی از ارزش غذایی گیاهان موجود در مرتع است. ارزش گونه‌های مرتعی در مکان‌های مختلف متفاوت است؛ زیرا عوامل مختلفی بر ارزش غذایی گونه‌ها اثر می‌گذارد. ارزش غذایی گونه‌ها تحت تأثیر میزان عناصر معدنی در آن‌ها است. عوامل مؤثر بر میزان عناصر موجود در گیاهان را می‌توان با عنوان عامل محیطی (ارتفاع از سطح دریا، ویژگی‌های خاک و ...)، مرحله رشد، زمان برداشت و فرم رویشی گیاهان تقسیم‌بندی کرد. بر اساس فرضیات تحقیق حاضر، ارتفاع و فرم رویشی می‌تواند از عوامل مؤثر بر میزان عناصر موجود در گیاهان باشد. از این‌رو با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه غلظت عناصر معدنی گیاهان در طبقات ارتفاعی مختلف با یکدیگر مقایسه شد در واقع غلظت عناصر در سایت‌های مختلف شامل ۱۱ سایت با یکدیگر مقایسه و نتایج ارائه شده است.

الف) مقایسه عناصر معدنی فرم رویشی گندمیان در طبقات ارتفاعی: نتایج مربوط به میانگین عناصر معدنی گیاه با فرم رویشی گندمیان در طبقات ارتفاعی در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در فرم رویشی گندمیان مقدار عناصر نیتروژن ($P<0/01$)، فسفر ($P<0/01$)، پتاسیم ($P<0/01$) و سدیم ($P<0/01$) در طبقات ارتفاعی مختلف دارای اختلاف معنی‌داری است. اما مقدار

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

کلسیم در فرم رویشی گندمیان در طبقات ارتفاعی مختلف تغییر معنی‌داری نداشته است. در فرم رویشی گندمیان مقدار نیتروژن در ارتفاعات مختلف روند مشخصی نداشت. به‌طوری‌که در این فرم رویشی کمترین مقدار نیتروژن در ارتفاع ۶۰۰-۳۰۰ متر ۱/۰۲ درصد است و بیش‌ترین مقدار نیتروژن در ارتفاع ۲۱۰۰-۱۸۰۰ متر ۲/۳۵ درصد است.

جدول ۴- مقایسه میانگین عناصر معدنی فرم رویشی گندمیان در طبقات ارتفاعی

عناصر / طبقات ارتفاعی	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (ppm)	سدیم (ppm)
۰-۳۰۰	۱/۰±۷۳/۲۱^{ab}	۴۹۲/۸±۷/۰۹^{a}	±۵/۲۷۶ ۳۵/۱^{a}	۸۶/۸±۵۵/۲^{a}	۳۷/۶۳±۰/۰۰^{c}
۳۰۰-۶۰۰	۱/۰±۰۲/۱۴^{b}	۳۱۳/۴±۴۴/۱^{b}	۹۵/۷±۴/۳^{d}	۵۷/۴±۳۵/۹^{a}	۱۳/۴۱±۰/۰۱^{ab}
۶۰۰-۹۰۰	۱/۹۶±۰/۵^{ab}	۴۳۸/۷±۵/۳^{ab}	۲۳۴/۳± ۳۴/۵^{abc}	۶۵/۰± ۲۷/۶^{a}	۱۵/۵۸±۰/۰۱^{abc}
۹۰۰-۱۲۰۰	۱/۶۳±۰/۱۷^{ab}	۴۷۸/۱±۶/۷^{ab}	۲۱۲/۰±۲۴/۱^{abcd}	۵۰/۸± ۲۵/۸^{a}	۱۰/۳۰±۰/۰۰^{ab}
۱۲۰۰-۱۵۰۰	۲۱^{ab}	۴۱۷/۰±۳۷/۵^{ab}	۱۶۲/۵±۵۳/۸^{bcd}	۸۱/۵۰± ۱۴/۰۲^{a}	۱۲/۰۱±۰/۰۲^{ab}
۱۵۰۰-۱۸۰۰	۱/۶۵±۰/۴۵^{ab}	۵۰۶/۸±۲۱/۶^{a}	۱۶۶/۵±۷۶/۴^{abcd}	۱۰۵/۷±۲۳/۸^{a}	۱۲/۷۹±۰/۰۱^{ab}
۱۸۰۰-۲۱۰۰	۲/۳۵±۰/۲۶^{b}	۲۳۵/۲±۱۷/۹^{ab}	۲۴۰/۷±۲۲/۱^{ab}	۹۵/۷± ۱۳/۳^{a}	۱۰/۶۱±۰/۰۰^{ab}
۲۱۰۰-۲۴۰۰	۱/۲۸±۰/۱۴^{b}	۴۷۰/۵±۴۲/۲^{ab}	۱۰۰/۷±۲۷/۲^{d}	۷۰/۶۱± ۵/۰۳^{a}	۹/۶۵±۰/۰۱^{a}
۲۴۰۰-۲۷۰۰	۱/۶۵±۰/۶^{ab}	۴۱۷/۲±۴۳/۳^{ab}	۱۰۹/۸±۹/۵^{cd}	۷۳/۹±۲/۹^{a}	۱۰/۳۰±۰/۰۱^{ab}
۲۷۰۰-۳۰۰۰	۱/۸۶±۰/۴۰^{ab}	۴۰۸/±۱۵/۴^{ab}	۱۵۱/۳±۳۶/۳^{abcd}	۹۷/۴±۷/۶^{a}	۱۷/۴۴±۰/۰۰^{bc}
۳۰۰۰-۳۳۰۰	۱/۷۸±۰/۳۱^{ab}	۵۴۸/۲±۳۶/۶^{a}	۱۶۴/۱±۳۶/۳^{abcd}	۷۸/۴±۳۱/۷^{a}	۱۶/۸۲±۰/۰۱^{abc}
F	۲/۷۶	۳/۷۳	۵/۳۴	۱/۱۶	۶/۹۲
P	۰/۰۱**	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۳۵^{ns}	۰/۰۰**

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری است. ^{a}، ^{b} و ^{c} در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

مقدار فسفر در فرم رویشی گندمیان، در ارتفاعات مختلف روند مشخصی نداشت. به‌طوری‌که کمترین مقدار فسفر در فرم رویشی گندمیان در ارتفاع ۲۱۰۰-۱۸۰۰ متر ۲۳۵/۲ پی‌پی‌ام است و بیش‌ترین مقدار فسفر در این فرم در ارتفاع ۳۳۰۰-۳۰۰۰ متر ۵۴۸/۲ پی‌پی‌ام است (جدول ۴). مقدار پتاسیم در فرم رویشی گندمیان، در ارتفاعات مختلف روند مشخصی نداشت، به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار پتاسیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۶۰۰-۳۰۰ متر ۹۵/۷ پی‌پی‌ام است و بیش‌ترین مقدار پتاسیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۳۰۰-۰ متر، ۲۷۶/۵ پی‌پی‌ام است (جدول ۴). مقدار کلسیم در فرم رویشی گندمیان در طبقات ارتفاعی مختلف تغییر معنی‌داری نداشته است. سدیم در فرم رویشی گندمیان در ارتفاعات مختلف روند مشخصی نداشت و کم‌ترین مقدار سدیم در این فرم رویشی گندمیان در ارتفاع

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

۲۱۰۰-۲۴۰۰ متر ۹/۶۵ پی‌پی‌ام است و بیش‌ترین مقدار سدیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۳۰۰-۰ متر ۳۷/۶۳ پی‌پی‌ام است (جدول ۴). ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2021) نشان دادند که رطوبت خاک به‌تدریج با افزایش ارتفاع افزایش یافت و باعث افزایش مواد معنی اکوسیستم شد. افزایش در دسترس بودن مواد مغذی خاک و محتوای آب خاک به طور قابل‌توجهی باعث افزایش تنوع گونه‌های مرتع آلپ شد. آن‌ها بیان کردند که تغییرات مواد مغذی تا حد زیادی تحت تأثیر تغییرات رطوبت خاک در گرادیان ارتفاعی است.

ب) مقایسه عناصر معدنی فرم رویشی بوته در طبقات ارتفاعی: نتایج مربوط به میانگین عناصر معدنی گیاه با فرم رویشی بوته در طبقات ارتفاعی در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در فرم رویشی بوته مقدار عناصر پتاسیم (P<۰/۰۱) و سدیم (P<۰/۰۱) در طبقات ارتفاعی مختلف اختلاف معنی‌داری داشته است. اما عناصر نیتروژن، فسفر و کلسیم در این فرم رویشی در طبقات ارتفاعی مختلف تغییر معنی‌داری نداشته است. پتاسیم در فرم رویشی بوته در ارتفاعات مختلف روند مشخصی نداشت. به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار پتاسیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۳۰۰۰-۲۷۰۰ متر ۶۱/۹ پی‌پی‌ام است و بیش‌ترین مقدار پتاسیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۹۰۰-۶۰۰ متر ۲۷۵/۸ پی‌پی‌ام است (جدول ۵). در فرم رویشی بوته مقدار سدیم (P<۰/۰۱) در طبقات ارتفاعی مختلف اختلاف معنی‌داری داشته است طوری که کم‌ترین مقدار سدیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۲۷۰۰-۲۴۰۰ متر ۱۰/۹۲ پی‌پی‌ام است و بیشترین مقدار سدیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۶۰۰-۳۰۰ متر ۵۸/۴۴ پی‌پی‌ام است (جدول ۵).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

جدول ۵- مقایسه میانگین عناصر معدنی فرم رویشی بوته در طبقات ارتفاعی

عناصر / طبقات ارتفاعی	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (ppm)	سدیم (ppm)
۰-۳۰۰	۲/۰±۰۱/۰۲^{a}	۴۹۲/۸±۷/۰۹^{a}	۲۶۱/۰± ۲۴/۴^{ab}	۱۶۱/۱±۰/۱^{a}	۴۲/۲۹±۰/۰۰^{ab}
۳۰۰-۶۰۰	۲/۷۵±۰/۰۶^{a}	۴۱۴/۳۰±۳/۶^{a}	۱۶۸/۶± ۱۳/۰^{ab}	۱۴۲/۶۹±۰/۱۴^{a}	۵۸/۴۴±۰/۰۰^{b}
۶۰۰-۹۰۰	۲/۳۱±۰/۰۱^{a}	۴۳۵/۶±۱۷/۲^{a}	۲۷۵/۸±۱۳/۵^{a}	۱۴۲ /۶۹±۰/۰۱^{a}	۲۰/۲۴±۰/۰۱^{ab}
۹۰۰-۱۲۰۰	-	-	-	-	-
۱۲۰۰-۱۵۰۰	۱/۹۶±۰/۰۸^{a}	۴۳۴/۱±۱۲/۰۱^{a}	۱۷۰/۵±۶۷/۶^{ab}	۱۱۴/۱۹± ۰/۱۰^{a}	۲۸/۶۳±۰/۰۲^{ab}
۱۵۰۰-۱۸۰۰	۲/۱±۰/۰۹^{a}	۴۱۱/۵±۴۹/۰^{a}	۱۸۹/۴±۱۳۲/۷^{ab}	۱۱۲/۵۱ +۰/۱۴^{a}	۲۳/۳۵±۰/۰۴^{ab}
۱۸۰۰-۲۱۰۰	۲/۲۵±۰/۰۶^{a}	۴۱۴/۰±۱۶/۸^{a}	۱۸۶/۴± ۶۷/۷^{ab}	۱۰۲/۴۶±۰/۰۱^{a}	۱۲/۷۹±۰/۰۰^{ab}
۲۱۰۰-۲۴۰۰	۳/۰۶±۰/۳۳^{a}	۳۳۶/۹±۱۲/۵^{a}	۹۳/۲۴±۷/۵۷^{b}	۹۹/۱۰±۰/۰۳^{a}	۱۲/۴۸±۰/۰۰^{ab}
۲۴۰۰-۲۷۰۰	۲/۰۳±۰/۰۶^{a}	۴۱۷/۲±۲۶/۸^{a}	۹۷/۱± ۴۹/۱^{b}	۹۱/۵±۰/۲^{a}	۱۰/۹۲±۰/۰۱^{a}
۲۷۰۰-۳۰۰۰	۲/۱۱±۰/۰۳^{a}	۳۴۲±۲۴^{a}	۶۱/۹± ۹/۵^{b}	۹۰/۷۲±۰/۰۸^{a}	۱۴/۳۴±۰/۰۱^{ab}
۳۰۰۰-۳۳۰۰	۲/۱۷±۰/۰۸^{a}	۴۱۰/۲±۳۲/۴^{a}	۶۵/۱± ۲۴/۱^{b}	۱۰۲/۴۶±۰/۰۹^{a}	۱۲/۷۹±۰/۰۱^{ab}
F	۰/۵۲	۱/۳۰	۴/۴۵	۱/۷۰	۳/۲۶
P	۰/۸۴^{ns}	۰/۲۴^{ns}	۰/۰۰**	۰/۱۴^{ns}	۰/۰۱**

ج) مقایسه عناصر معدنی فرم رویشی پهن‌برگان در طبقات ارتفاعی: نتایج مربوط به میانگین عناصر معدنی گیاه با فرم رویشی پهن‌برگان در طبقات ارتفاعی در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که مقدار عنصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و سدیم در فرم رویشی پهن‌برگان در طبقات ارتفاعی مختلف تغییر معنی‌داری داشته است. ولی عنصر فسفر در فرم رویشی پهن‌برگان تغییر معنی‌داری در طبقات ارتفاعی مختلف نداشته است. مقدار نیتروژن در فرم رویشی پهن‌برگان در ارتفاعات مختلف روند مشخصی نداشت. به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار نیتروژن در فرم رویشی پهن‌برگان در ارتفاع ۲۴۰۰-۲۱۰۰ متر ۱/۴۹ درصد است و بیش‌ترین مقدار نیتروژن در این فرم رویشی در ارتفاع ۱۲۰۰-۹۰۰ متر ۲/۶۴ درصد است (جدول ۶). مقدار پتاسیم در فرم رویشی پهن‌برگان در ارتفاعات مختلف روند مشخصی نداشت. به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار پتاسیم در فرم رویشی پهن‌برگان در ارتفاع ۳۰۰-۶۰۰ متر ۱۶۸/۶ پی‌پی‌ام است و بیش‌ترین مقدار پتاسیم در فرم رویشی پهن‌برگان در ارتفاع ۶۰۰-۹۰۰ متر ۵۴۸/۵ پی‌پی‌ام است (جدول ۶). کلسیم در فرم رویشی پهن‌برگان در ارتفاعات مختلف روند مشخصی نداشت. به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار کلسیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۲۷۰۰-۲۴۰۰ متر ۱۱۹/۲ پی‌پی‌ام و بیشترین مقدار کلسیم در این فرم در ارتفاع ۳۰۰-۰ متر ۲۶۱/۷ پی‌پی‌ام است

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

(جدول ۶). سدیم در فرم رویشی پهن‌برگان در ارتفاعات مختلف روند مشخصی نداشت به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار سدیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۲۷۰۰-۲۴۰۰ متر ۱۲/۱۸ پی‌پی‌ام است و بیشترین مقدار سدیم در این فرم رویشی در ارتفاع ۶۰۰-۳۰۰ متر ۲۸/۳ پی‌پی‌ام است (جدول ۶). به‌طورکلی می‌توان گفت که غلظت عناصر معدنی در گیاهان تحت تأثیر ارتفاع تغییر می‌کند. اگرچه این تغییرات روند مشخصی ندارد.

جدول ۶- مقایسه میانگین عناصر معدنی فرم رویشی پهن برگان در طبقات ارتفاعی

عناصر / طبقات ارتفاعی	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (ppm)	سدیم (ppm)
۰-۳۰۰	۱/۰±۷۹/۱۵^{bcd}	۵۴۳/۱±۷/۶^{a}	۲۸۹/۸ + ۲۰/۱^{abc}	۷/۶۲۱±۱/۵^{a}	۲۵/۰±۸/۱^{ab}
۳۰۰-۶۰۰	۲/۱۱±۰/۲۸^{abcd}	۴۸۰/۶±۴۴/۱^{a}	۱۶۸/۶± ۳۴/۵^{bc}	۱۷۷/۸±۰/۵^{abc}	۲۸/۳±۰/۶^{a}
۶۰۰-۹۰۰	۲/۲۲±۰/۲۶^{abcd}	۴۶۳/۷±۲۱/۰^{a}	۴۰۰/۳± ۹۶/۴^{a}	۱۴۱/۰۱±۱/۳۶^{bc}	۱۷/۷۶±۰/۱۱^{abc}
۹۰۰-۱۲۰۰	۲/۶۴±۰/۳۵^{a}	۴۹۹/۰±۲۰/۲^{a}	۳۲۶/۹± ۶۷/۳^{ab}	۱۶۶/۱۶±۰/۶۸^{abc}	۱۵/۲۷±۰/۰۴^{abc}
۱۲۰۰-۱۵۰۰	۱/۸۹±۰/۲۳^{bcd}	۴۵۹/۷±۱۵/۹^{a}	۲۳۵/۹± ۹۲/۵^{bc}	۱۲۵/۹±۱/۶^{c}	۱۴/۴۹±۰/۱۱^{c}
۱۵۰۰-۱۸۰۰	۱/۸۳±۰/۳۷^{cd}	۴۸۲/۸±۴۶/۱^{a}	۱۶۰/۹± ۳۱/۲	۱۴۶/۰۴±۰/۹۳^{bc}	۱۵/۷۴±۰/۱۲^{bc}
۱۸۰۰-۲۱۰۰	۲/۲۹±۰/۱۱^{abc}	۵۱۱/۱±۴۵/۹^{a}	۲۳۷/۵±۱۴/۶^{abc}	۱۶۲/۸±۱/۰^{abc}	۱۴/۶۵±۰/۰۹^{bc}
۲۱۰۰-۲۴۰۰	۱/۴۹±۰/۱۷^{d}	۴۸۰/۹ ±۲۰/۵^{a}	۱۷۱/۱± ۴۱/۵^{bc}	۱۲۹/۲± ۱/۴^{bc}	۱۴/۰۳±۰/۰۷^{bc}
۲۴۰۰-۲۷۰۰	۲/۴۱±۰/۱۲^{abc}	۴۷۳/۰ ±۲۵^{a}	۲۰۲/۴± ۹۰/۵^{bc}	۱۱۹/۲±۲/۴^{c}	۱۲/۱۸±۰/۱۱^{c}
۲۷۰۰-۳۰۰۰	۲/۵۳±۰/۱۹^{ab}	۴۳۴/۰±۳۶/۷^{a}	۲۳۱/۱±۳۳/۶^{abc}	۲۲۹/۸±۱/۴^{ab}	۲۰/۵۵±۰/۰۲^{abc}
۳۰۰۰-۳۳۰۰	۱/۷۵±۰/۲۵^{cd}	۵۴۸/۵±۲۲/۳^{a}	۲۴۳/۹±۲۵/۳^{abc}	۱۴۹/۳±۱/۱^{bc}	۲۰/۲۴±۰/۰۳^{abc}
F	۶/۲۹	۰/۴۸	۴/۶۹	۴/۸۳	۴/۴۲
P	۰/۰۰**	۰/۹۸^{ns}	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**

همان‌طورکه بیان شد غلظت عناصر معدنی گیاهان در ارتفاعات مختلف تغییر می‌کند، اما این تغییرات روند مشخصی ندارد. تحقیقات دیگر نیز این نتیجه را تایید کرده‌اند. برای مثال عناصر موجود در برگ گیاهان با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابد که به‌دلیل ناتوانی گیاهان در استفاده از منابع جذب-شده برای رشد، تفسیر می‌شود. سوته و همکاران (Soethe et al., 2008) در پژوهشی در دسترس بودن عناصر غذایی در ارتفاعات مختلف در جنگل مونتان گرمسیری در اکوادور را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دسترسی گیاهان به عناصر غذایی مختلف مانند N، P، S و K، به‌طور قابل‌توجهی با افزایش ارتفاع در جنگل‌های مونتان گرمسیری کاهش داشته است؛ زیرا در ارتفاعات بالای جنگل‌های مونتان گرمسیری، دسترسی به عناصر غذایی در خاک معدنی به علت خواص شیمیایی خاک نامطلوب

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

برای رشد ریشه کاهش نشان داده است (Schrumpf et al., 2001). محققان عناصر معدنی گیاه را تحت تأثیر ارتفاع در شرایط محیط‌زیست لاداخ بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که غلظت مواد معدنی (نیتروژن، کلسیم و منیزیم) با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد و این کاهش جذب نیتروژن با افزایش ارتفاع، ممکن است رشد گیاه را محدود کند و این محدودیت رشد احتمالا به‌دلیل خاک‌های کم توسعه یافته و کمبود آب باشد (Aerts and Chapin et al., 2000) علت این مسأله تاثیر ارتفاع بر دما و رطوبت است. کاهش دمای خاک از طریق کاهش رشد ریشه، کاهش سوخت و ساز گیاهی، کاهش تولید سیدروفور، افزایش مقدار بی‌کربنات در محلول خاک بر فراهمی عناصر در خاک برای گیاه تأثیر می‌گذارد و زیادی دما نیز از طریق افزایش تجزیه میکروبی، افزایش میزان بی‌کربنات در اثر افزایش فعالیت میکروبی، افزایش جذب فسفر و مقدار رطوبت خاک نیز با تأثیر بر سوخت و ساز گیاهی، غلظت بی‌کربنات در محلول خاک بر فراهمی عناصر برای گیاه اثر می‌گذارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که میزان عناصر پرمصرف خاک و همچنین مواد معدنی گیاهان در طبقات ارتفاعی مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند. ارتفاع به‌دلیل تغییرات وضعیت آب و هوایی بر ترکیبات عناصر غذایی خاک اثر دارد؛ به‌طوری‌که در مناطقی که داری رطوبت و دمای مناسب هستند خاک با جذب رطوبت بیش‌تر نسبت به مناطق کم ارتفاع از نظر ترکیباتی مانند عناصر غذایی غنی‌تر بوده است. در بیشتر مناطق، خاک مراتع مرتفع به‌دلیل افزایش میزان نزولات دارای رطوبت بیشتری بوده، دارای ارزش غذایی بالاتری برای رویش گیاهان است. میزان تغییرات عناصر معدنی در فرم‌های رویشی به‌دلیل تفاوت در انتخاب عناصر و تجمع آن در گیاهان از محلول خاک مختلف متفاوت است. همان‌طورکه مشاهده شد در پهن برگان عنصر فسفر، در گندمیان، میزان کلسیم و در بوته‌ها سه عنصر کلسیم، فسفر و نیتروژن تفاوت معنی‌داری را در ارتفاعات مختلف نداشتند. همچنین بر اساس نتایج به نظر می‌رسد که تغییر در میزان عناصر غذایی در گیاهان به واسطه تغییر میزان این عناصر در خاک در اثر عامل ارتفاع است.

منابع

امامی، ع. ۱۳۷۵. *روش‌های تجزیه گیاه*، نشریه فنی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۹۸۰ (۱): ۲۴۸ صفحه.

الیاس‌آذر، خ. ۱۳۸۱. *اصلاح خاک‌های شور و سدیمی*، چاپ اول، ارومیه، انتشارات دانشگاه ارومیه.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

احمدخانی، ر.، آریاپور، ع.، احمدی، ا.، احمدخانی، ی. ۱۳۹۰. بررسی رابطه بین عناصر موجود در گیاه *Galium verum* و ویژگی‌های خاک (مطالعه موردی: دره شهداء استان آذربایجان غربی). اکوفیزیولوژی گیاهی، ۳: ۹-۲۸.

ارزانی، ح.، عابدی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی مراتع اندازه‌گیری پوشش گیاهی، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۲۳ صفحه.

تقی‌پور، م.، خادمی، ح.، ایوبی، ش. ۱۳۸۹. تغییرات مکانی غلظت سرب و روی در خاک‌های سطحی و ارتباط آن با مواد مادری و نوع کاربری در بخشی از استان همدان. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴(۱): ۱۴۴-۱۳۲.

تمرتاش، ر.، جعفری، م.، حیدری شریف آباد، ح.، زاهدی امیری، ق.، زهتابیان، غ. ۱۳۹۲. بررسی ارتباط عناصر غذایی خاک با پوشش گیاهی در حوزه آبخیز لار. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۴ (۷): ۴۲-۵۶.

جعفری، م.، ارزانی، ح. ۱۳۷۹. جزوه درسی اکوسیستم مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

جوادی، ا.، جعفری، م.، آذرنیوند، ح.، زاهدی امیری، ق. ۱۳۸۴. بررسی اثرات چرای دام بر روی پارامترهای خاک در مرتع ییلاقی لار. مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، ۱۱ (۴): ۷۸-۷۲.

رضایی، گ.، زرین‌کفش، م.، افتخاری، ک. ۱۳۹۵. بررسی اثر جهت و ارتفاع شیب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های دامنه شمالی رشته کوه البرز (مطالعه موردی مرزن‌آباد استان مازندران). دومین کنگره‌ی ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران، تهران.

رئیسی منفرد، ا.، یاوری، ع. ۱۳۹۹. بررسی وضعیت عناصر غذایی در خاک و گیاه برخی رویشگاه های طبیعی گیاه دارویی مریم گلی خلیجی (*Salvia santolinifolia*). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۳۹ (۹): ۲۲۹-۲۱۵.

سالاردینی، ع. ۱۳۸۲. حاصلخیزی خاک، چاپ ششم انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۳ صفحه.

سلیمانی رحیم‌آبادی، م.، کوچ، ی.، اکبری‌نیا، م. ۱۳۹۴. مقایسه عناصر غذایی پرمصرف خاک در توده‌های جنگل‌کاری در مرکز بذر جنگلی خزر، آمل. بومشناسی جنگل‌های ایران، ۶(۳): ۵۴-۴۶.

صفائیان، ر.، آذرنیوند، ح.، جعفری، م.، آزادی، س. ۱۳۸۸. نقش عوامل محیطی در استراتژی بهره‌برداری پایدار از جاشیرزاران با تاکید بر عوامل خاکی و توپوگرافی (مطالعه موردی: جاشیرزاران شمال استان فارس). مرتع، ۳ (۲): ۲۰۲-۱۹۰.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

طحان، ع.، صبری، ا. ۱۳۹۴. بررسی برخی خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک در دو رویشگاه مرتعی (مطالعه موردی مراتع ییلاقی آغداش – شهرستان شاهین‌دژ در استان آذربایجان غربی). تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۶ (۲): ۶۴-۵۵.

غازان‌شاهی، ج. ۱۳۸۵. آنالیز خاک و گیاه، انتشارات آییژ، ۲۷۲ صفحه.

غفاری، س. ۱۳۹۱. تأثیرعملیات مختلف اصلاح مرتع بر برخی ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی (مطالعه موردی: حوزه تنگ سرخ)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی تهران.

فروغی‌فر، ح؛ جعفرزاده، ع؛ ترابی گلسفیدی، ح؛ علی اصغرزاد، ن؛ تومانیان، ن؛ داوتگر، ن. ۱۳۹۰. تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی در شکل‌های اراضی مختلف دشت تبریز. دانش آب و خاک، ۲۱ (۳): ۲۱-۱.

قربانی، ا.، پورعلی، ا.، بدرزاده، م.، تیمورزاده، ع.، شریفی نیارق، ج.، پورنعمتی، ا. ۱۳۹۳. تأثیر فاصله از روستا بر فلور، شکل زیستی، کوروتیپ، تنوع و یکنواختی گونه‌ای در مراتع حریم شهرستان مشکین شهر. حفاظت زیست بوم گیاهان، ۲ (۵): ۱۰۸-۹۱.

قربانی، ا.، زین‌العابدینی، ن.، عزیزیان، ع.، هاشمی‌مجد، ک. ۱۳۹۴. ارزیابی تغییرات عناصر مس و روی نسبت به ارتفاع در مراتع جنوب شرقی سبلان. دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

کهندل، ا.، ارزانی، ح.، حسینی توسل، م. ۱۳۸۸. تاثیر شدت‌های گوناگون چرای دام بر مواد آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳ (۶): ۶۵-۵۹.

کلبادی، ا.، مازندرانی، م.، مهدی‌پور، آ.، اکبرزاده، م.، خوشمو، م. ۱۳۸۹. نقش ارتفاع در میزان عناصر معدنی موجود در گیاه دارویی *E.telmateia* Ehrh در رویشگاه‌های مختلف شرق مازندران. همایش ملی گیاهان دارویی، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

گلدانساز، س.، آذرنیوند، ح.، جعفری، م.، زارع چاهوکی، م. ۱۳۸۸. بررسی بوم‌شناسی فردی گونه *Eurotia ceratoides* در مراتع استپی ندوشن. مرتع، ۲(۴): ۵۷۸-۵۷۱.

مهدوی‌اردکانی، ر.، جعفری، م.، ضرغام، ن.، زارع‌چاهوکی، م.، باغستانی‌میبدی، ن.، طویلی، ع. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر گونه‌های گز، تاغ و اشنان برخاک در منطقه چاه افضل یزد. جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ۲ (۴): ۳۶۵-۳۵۷.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

مفیدی‌چلان، م.، جعفری، م.، طویلی، ع.، معتمدی، ج. ۱۳۹۱. تاثیر کپه‌کاری بر برخی ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی در مراتع حوزه امام کندی ارومیه. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی مرتع و مرتعداری ایران، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۲۱۷ صفحه.

ولی‌زاده یونجالی، ر.، میرزائی آقجه قشلاق، ف.، قربانی، ا. ۱۳۹۴. مقایسه عناصر غذایی خاک و گیاهان مرتعی براساس طبقات ارتفاعی و مراحل زیستگرد در دامنه‌های شمالی سبلان. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۹ (۷۳): ۲۳۳ -۲۴۶.

Aerts, R., Chapin, F. S. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: are-evaluation of processes and patterns. Advances in Ecological Research, 30: 1–67.

Black, C.A., Evans, D.D., Ensminger, L.E., White, G., Clark, F.E. 1965. Methods of soil analysis, Part 1, Physical analysis. American Society of Agronomy. Madison, WI.

Black, C.A. 1982. Methods of soil analysis, Part 2, chemical and microbiological properties,. American Society of Agronomy. Madison, WI.

Blank, R.R., Chambers, J.C., Roundy, B., Whittaker, A. 2007. Nutrient Availability in Rangeland Soils: Influence of Prescribed Burning, HerbaceousVegetation Removal, Overseeding with Bromus tectorum, Season, and Elevation. Rangeland Ecology and Management, 60(6): 644-655.

Gillian, F.S., Dick, D.A. 2010. Spatial heterogenieity of soil nutrients and plant species in herb- dominated communities of contrasting land use. Plant Ecology, 209: 83-94.

Ghafari, S., Ghorbani, A., Moameri, M., Mostafazadeh, R., Bidarlors, M. 2018. Compoaition and structure of species along altitude gradient in Moghan-Sabalan ranglands, Iran. Joyrnal of Mountain Science, 15(6): 1209-1228.

Hamid, M., Khuroo, A.A., Malik, A.h., Ahmad, R, Singh, C.P. 2021. Elevation and aspect determine the differences in soil properties and plant species diversity on Himalayan mountain summits. Ecological Research, 36(2): 340-352.

Jones, C., Jacobsen, J. 2001. Plant nutrition and soil fertility. Montana State University- Bozeman, 406.

Leonard, J. 1998. Relationships between vegetation cover and soil in arid and semi-arid area. Research Institute of Forests and Rangelands. USA.

Mekuria, W., Veldkamp, E., Haile, M., Nyssen, J., Muys, B., Gebrehiwot, K. 2007. Effectiveness of exclosures to restore degraded soils as a result of overgrazing in Tigray, Ethiopia. Journal of Arid Environments, 69: 270-284.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]

Moghaddam, S.M., Lamb, E.G., Gorbani, A., Arzani, H., Mobaser, J.A., Mostafazadeh, R. 2022. Interactions among climate, topography, soil structure and rangeland aboveground net primary production, The Rangeland Journal.

Schrumpf, M., Guggenberger, G., Valarezo, C., Zech, W.2001. Tropical montane rain forest soils. Development and nutrient status along an altitudinal gradient in the south EcuadorianAndes. Die Erde, 132: 43–60.

Shukla, M.K., Lal, R., Ebringer, M. 2004. Principal component analysis for predicting corn biomas and grian yeild. Soil Science, 169(3): 215-224.

Soethe, N., Lehmann, J., Engels, C. 2008. Nutrient availability at different altitudes in a tropical montane forest in Ecuador. Journal of Tropical Ecology, 24:397–406.

Suleymanov, A., Abakumov, E., Suleymanov, R., Gabbasova, I., Komissarov, M. 2021. The soil nutrient digital mapping for precision agriculture cases in the trans-ural steppe zone of Russia using topographic attributes. ISPRS International Journal of Geo-Information 10(4): 243P.

Tandon, HL.S. 1989. Fertilizer management in food crops. Fertilizer development and consultation organization. Journal of New Delhi India, 191-198.

Teaguea, W.R., Dowhowera, S.L., Bakera, S.A., Haileb, N., DeLaunea, P.B., Conovera, D.M. 2011.Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. Agriculture, Ecosystems and Environment, 141: 310–322.

Tessema, Z.K., de Boer, W.F., Baars, R.M.T., Prins, H.H.T. 2011. Changes in soil nutrients, vegetation structure and herbaceous biomass in response to grazing in a semi-arid savanna of Ethiopia. Journal of Arid Environments, 75: 662- 670.

Vetaas, O.R., Gerytnes, J.A. 2002. Distribution of vascular plant species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal. Global Ecology and Biogeography, 11:291-301.

Zhang, A., Li, X., Wu, S., Li, L., Jiang, Y., Wang, R., Ahmed, Z., Zeng, F., Lin, L., Li, L. 2021. Spatial pattern of C: N: P stoichiometry characteristics of alpine grassland in the Altunshan Nature Reserve at North Qinghai-Tibet Plateau. Catena, 207p.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-06-04]