

## The effect of reforestation on some soil properties and understory vegetation in Kolet forests, Mazandaran Province

Khadijeh Asghari Aghozgoleh<sup>\*1</sup> | Hamid Jalilvand<sup>2</sup> | Hamed Asadi<sup>3</sup>

1. Corresponding Author, Ph.D. Student of Forest Biological Sciences, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Iran. E-mail: [khadijeh.as71@gmail.com](mailto:khadijeh.as71@gmail.com)
2. Professor, Dept. of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Iran. E-mail: [hj\\_458\\_hj@yahoo.com](mailto:hj_458_hj@yahoo.com)
3. Assistant Prof., Dept. of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Iran. E-mail: [h.asadi@sanru.ac.ir](mailto:h.asadi@sanru.ac.ir)

### Article Info

#### Article type:

Full Length Research Paper

#### Article history:

Received: 12.04.2021

Revised: 02.05.2022

Accepted: 02.06.2022

#### Keywords:

*Cupressus sempervirens*,  
DCA analysis,  
Physic-chemical soil  
properties,  
Species diversity,  
Vegetation restoration

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Reforestation stands can affect the diversity of plant species and soil characteristics of an area. In this study, the effects of 25-year-old reforestation stands with *Acer velutinum* Bioss., *Alnus subcordata* C. A. M. and *Cupressus sempervirens* species on plant biodiversity, understory vegetation, and some Physico-chemical of soil properties were studied compared with natural forest (*Carpinus betulus* and *Fagus orientalis*) in the Kolet forests of Mazandaran province.

**Materials and Methods:** In each reforested stand and natural forest, ten plots (20×20 meters) were selectively sampled in transects which were 100-m stretches systematically. Then, the list of all herbaceous species and their abundance (cover percentage) was recorded. Also, in each sample plot, a soil sample was taken from the four corners and its center at a depth of 0-15 cm, then these samples were mixed and a composite sample was taken to study the physico-chemical characteristics of the soil (bulk density, soil texture, acidity, electrical conductivity, organic carbon, total nitrogen, absorbable phosphorus, and potassium). The indices of richness (Margalef and Menhenic), evenness (Shannon-Wiener), and diversity (Simpson and Shannon-Wiener) were also studied.

**Results:** The results showed that reforested stands were significantly different from the natural forest (control) in terms of soil reaction rate ( $P<0.05$ ), potassium, clay, and relative soil moisture ( $P<0.01$ ). Also, the amount of acidity and absorbable potassium reaction in *Acer velutinum* Bioss mass (6.99, 904.51 mg kg<sup>-1</sup>) was the highest and lowest in natural mass (6.18, 557.57 mg/kg). It was observed that the highest percentage of clay in natural mass (43.57%) and the lowest percentage in *Alnus subcordata* mass (39.32%) and the relative moisture in *Acer velutinum* Bioss mass (40.78%) was the highest and It has the lowest value in *Cupressus sempervirens* mass (20.12%). But other soil variables did not show significant differences with natural forests. Margalef and Manhenic richness in the four reforestation stands was significantly different ( $P<0.05$ ). The diversity indices (Simpson, 0.58 and Shannon-Wiener, 1.26) and the richness (Margalef, 2.00 and Mannick, 1.57) were higher in the natural forest than four reforestation stands and the evenness index (Shannon-Wiener, 0.82) showed the highest value in the *Cupressus sempervirens* stand. Multiple regression of soil variables with the first and second axes of DCA analysis indicates that only potassium has been

---

effective in the separation and differentiation of vegetation in the area and the four studied stands can be distinguished in terms of understory vegetation.

**Conclusion:** In general, the results of the present study showed that the richness indices of understory vegetation species, as well as the characteristics of moisture, soil reaction and absorbable potassium, changed under the influence of reforestation and according to DCA analysis is the most important component in mass segregation. Potassium is an absorbable plant. Also, the study of biodiversity indices showed that the diversity and richness indices were higher due to the fusion of species in the natural massif (*Carpinus betulus* and *Fagus orientalis*) compared to the reforested massifs of conifers (*Cupressus sempervirens*). In other words, the results show a greater protective role of broadleaf stands (*Acer velutinum* Bioss and *Alnus subcordata* C.A.M) and natural stands (*Carpinus betulus* and *Fagus orientalis*) than needle stands (*Cupressus sempervirens*) for richness and diversity of understory vegetation species and sustainable maintenance of communities the underside is in the Kolet area.

---

Cite this article: Asghari Aghozgoleh, Khadijeh, Jalilvand, Hamid, Asadi, Hamed. 2022. The effect of reforestation on some soil properties and understory vegetation in Kolet forests, Mazandaran Province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 28 (4), 25-43.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JWFST.2022.19723.1949

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## اثر جنگل کاری بر برخی مشخصه‌های خاک و پوشش علفی کف جنگل کلت در استان مازندران

خدیدجه اصغری آغوزگله\*<sup>۱</sup> | حمید جلیلودن<sup>۲</sup> | حامد اسدی<sup>۳</sup>

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، مازندران، ایران. رایانامه: [khadijeh.as71@gmail.com](mailto:khadijeh.as71@gmail.com)
۲. استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، مازندران، ایران. رایانامه: [hj\\_458\\_hj@yahoo.com](mailto:hj_458_hj@yahoo.com)
۳. استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، مازندران، ایران. رایانامه: [h.asadi@sanru.ac.ir](mailto:h.asadi@sanru.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله کامل علمی- پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> جنگل‌های دست‌کاشت می‌توانند بر تنوع گونه‌های گیاهی و خصوصیات خاک یک منطقه اثرگذار باشند. بدین منظور در پژوهش حاضر به بررسی اثرات توده‌های ۲۵ ساله جنگل کاری شده با گونه‌های پلت، توسکا بیلاقی و زربین بر تنوع زیستی گیاهی و پوشش کف جنگل و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مقایسه با جنگل طبیعی (ممرز و راش) در جنگل کلت استان مازندران پرداخته شد.
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۰/۰۹/۱۳ <b>تاریخ ویرایش:</b> ۱۴۰۰/۱۱/۱۶ <b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۰/۱۱/۱۷	<b>مواد و روش‌ها:</b> در هر توده جنگل کاری شده که درختان در فاصله ۲×۲ متر کاشته شدند و توده طبیعی مجاور آن تعداد ده قطعه نمونه ۴۰۰ مترمربعی (۲۰×۲۰ متر) به صورت انتخابی با ابعاد شبکه آماربرداری ۱۰۰×۱۰۰ متر پیاده شد. سپس فهرست همه گونه‌های علفی و وفور (درصد پوشش) آن‌ها ثبت شد. هم‌چنین در هر قطعه نمونه اقدام به برداشت یک نمونه خاک از چهار گوشه و مرکز آن به عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر شد، سپس این نمونه‌ها با هم مخلوط و یک نمونه ترکیبی به منظور مطالعه مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (جرم مخصوص ظاهری، بافت خاک، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، کربن آلی، ازت کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب) در آزمایشگاه تهیه شد. هم‌چنین به بررسی شاخص‌های غنای (مارگالف و منهنیک)، یکنواختی (شانون- وینر) و تنوع (سیمپسون و شانون- وینر) نیز پرداخته شد.
<b>واژه‌های کلیدی:</b> احیای پوشش گیاهی، تجزیه DCA، تنوع گونه‌ای، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، زربین	<b>یافته‌ها:</b> نتایج نشان داد توده‌های جنگل کاری شده از نظر میزان واکنش خاک ( $P < 0/05$ )، پتاسیم قابل جذب، رس و درصد رطوبت نسبی خاک با جنگل طبیعی اختلاف معنی‌داری داشتند ( $P < 0/01$ ). هم‌چنین، به ترتیب مقدار واکنش خاک و پتاسیم قابل جذب در توده پلت (۶/۹۹)

۹۰۴/۵۱ میلی گرم بر کیلوگرم) بیشترین میزان و کمترین آن در توده طبیعی (۶/۱۸، ۵۵۷/۵۲ میلی گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. از طرفی بالاترین درصد رس در توده طبیعی (۴۳/۵۷ درصد) و کمترین درصد آن در توده توسکا (۳۹/۳۲ درصد) بود. رطوبت نسبی نیز در توده پلت (۴۰/۷۸ درصد) بیشترین میزان و در توده زربین (۲۰/۱۲ درصد) کمترین مقدار به خود اختصاص داده است؛ اما سایر متغیرهای خاک اختلاف معنی داری با توده طبیعی نشان ندادند. میزان غنای مارگالف و منهنیک در چهار توده دارای تفاوت معنی داری بود ( $P < 0.05$ )، شاخص تنوع (سیمپسون، ۰/۵۸)، (شانون- وینر، ۱/۲۶) و غنای (مارگالف، ۲/۰۰)، (منهنیک، ۱/۵۷) نیز در توده طبیعی بیش تر از توده های جنگل کاری شده بود و شاخص یکنواختی (شانون- وینر، ۰/۸۲) در توده زربین بیشترین مقدار را نشان داد. تحلیل رگرسیون چندگانه متغیرهای خاکی با دو محور اول و دوم تحلیل DCA بیانگر آن است که تنها پتاسیم در تفکیک و تمایز توده های گیاهی منطقه مؤثر واقع شده است و چهار توده مورد مطالعه از نظر ترکیب پوشش گیاهی زیرآشکوب قابل تفکیک و تمایز هستند.

**نتیجه گیری:** به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شاخص های غنای گونه های علفی و هم چنین مشخصات رطوبت، واکنش خاک و پتاسیم قابل جذب تحت تأثیر جنگل کاری تغییر کرده و طبق تحلیل DCA مهم ترین مؤلفه مؤثر در تفکیک توده های گیاهی پتاسیم قابل جذب است. هم چنین بررسی شاخص های تنوع زیستی بیانگر بالا بودن شاخص های تنوع و غنا با توجه به آمیختگی گونه ها در توده طبیعی (ممرز و راش) نسبت به توده های جنگل کاری شده سوزنی برگ (زربین) بود. به عبارتی نتایج نشان دهنده نقش حفاظتی بیش تر توده های پهن برگ (پلت و توسکا) و توده طبیعی (ممرز و راش) نسبت به توده سوزنی برگ (زربین) برای غنا و تنوع گونه های علفی و نگهداری پایدار جوامع زیرآشکوب در منطقه کُلت است.

استناد: اصغری آغوزگله، خدیجه، جلیلود، حمید، اسدی، حامد (۱۴۰۰). اثر جنگل کاری بر برخی مشخصه های خاک و پوشش علفی کف جنگل کُلت در استان مازندران. نشریه پژوهش های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۸ (۴)، ۲۵-۴۳.

DOI: 10.22069/JWFST.2022.19723.1949



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت جهان و وابستگی انسان‌ها به طبیعت جهت رفع نیازهای خود، روند تخریب بوم‌سامانه‌ها سریع‌تر شده و سیمای آن‌ها روزبه‌روز حالت طبیعی خود را از دست داده است (۵۵). جنگل‌ها نیز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بوم‌سامانه‌ها، تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی مورد تخریب قرار گرفتند، به طوری که با تغییر کاربری اراضی به زمین‌های کشاورزی و مسکونی سطح جنگل‌های جهان به ۳۸ درصد کاهش یافته است (۲۲). به‌طور متوسط سالانه ۱۳ میلیون هکتار از مساحت جنگل‌های جهان به کاربری‌های غیراراضی جنگلی تغییر یافته و یا به‌طور کلی از بین رفته‌اند (۲۲). کاهش مساحت جنگل و تخریب آن، انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری و در نتیجه کاهش تنوع زیستی را در دنیا به همراه داشته است که می‌توان با انجام فعالیت‌های جنگل کاری، اراضی تخریب یافته را بازسازی نمود (۳۹). امروزه مطالعات پیرامون اثرات جنگل کاری با گونه‌های مختلف بر روی تنوع زیستی پوشش گیاهی، زادآوری زیراشکوب و خصوصیات خاک به‌منظور بررسی چگونگی روند توالی، بازسازی بوم‌شناختی و حفاظت از تنوع زیستی رویشگاه امری ضروری و شناخته شده است (۳۳).

مجمع عمومی سازمان ملل متحد سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ را به‌عنوان دهه احیای بوم‌سامانه‌های جنگلی از طریق بازسازی و احیای مناطق تخریب یافته در سراسر جهان اعلام کرد (۱۰). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که جنگل کاری‌ها قابلیت و توانایی زیادی برای احیاء و بهبود تنوع گیاهی در خاک‌های تخریب یافته دارند. برای برخی از پژوهش‌گران، جنگل کاری رویکردی مناسب و انعطاف‌پذیر برای جلوگیری از فرسایش خاک و بازیابی عملکردهای بوم‌سامانه (۵۲) و برخی دیگر جنگل کاری را به‌عنوان

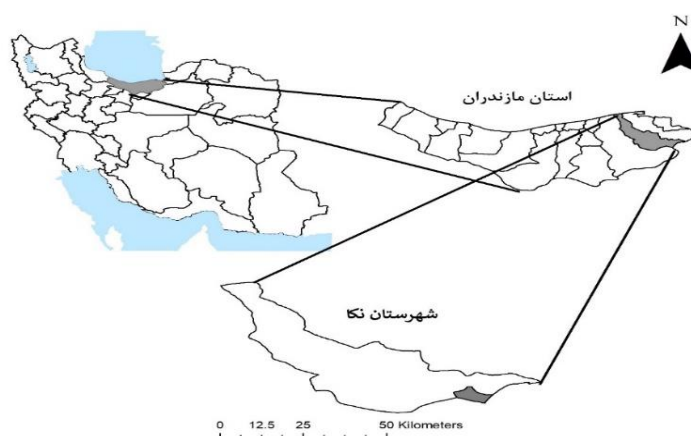
فرصتی برای کاهش تغییرات آب و هوایی که می‌تواند تأثیر مثبتی بر تنوع زیستی پوشش گیاهی داشته باشد به‌ویژه با کاشت گونه‌های بومی می‌دانند (۱۵). تأثیر گونه‌های درختی ممکن است در خصوصیات متنوعی مانند مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، تولید لاشه‌ریزه، عمق پراکنش ریشه‌ها، توان پراکنش مجدد عناصر غذایی، افزایش تثبیت نیتروژن و معدنی‌شدن نیتروژن خاک و در نهایت بر حاصلخیزی خاک اثرگذار باشد (۶). هم‌چنین تنوع زیستی یک هدف کلیدی برای مدیریت پایدار جنگل‌هاست به طوری که بر مبنای فرضیه تنوع-پایداری افزایش تنوع گونه‌ای عامل افزایش پایداری بوم‌شناختی و تولید جوامع زیستی است (۱۸)، در این رابطه آشکوب علفی از مهم‌ترین اجزاء بوم‌سامانه جنگلی است که بیش‌ترین تنوع گیاهی را در میان تمامی طبقات جنگل به خود اختصاص داده است (۱، ۱۱). از این رو می‌توان گفت که تنوع گونه‌ای جنگل تا حد زیادی تابعی از تنوع آشکوب علفی است که سریع‌تر از دیگر طبقات جنگل به آشفستگی‌ها (بهره‌برداری، چرای دام و اندازه روشنه‌ها) و عوامل محیطی (خاک، جهت دامنه، شیب و ارتفاع از سطح دریا) پاسخ داده و این امر موجب می‌شود تا گونه‌های علفی از نرخ انقراض طبیعی بالاتری نسبت به گونه‌های گیاهی دیگر طبقات برخوردار باشند (۲۰). بررسی‌ها نشان داده است که جنگل کاری با ایجاد تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سبب تغییر در حاصلخیزی رویشگاه نیز می‌شود (۴). خاک و عوامل فیزیوگرافی از عمده‌ترین متغیرهای محیطی هر بوم‌سامانه هستند که با تغییر در پوشش گیاهی می‌توانند مقدار شاخص‌های تنوع زیستی بوم‌سامانه را تحت تأثیر قرار دهند چراکه در نتیجه تغییر در مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، ترکیب و مقدار رشد پوشش گیاهی جنگلی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۹). رستم‌آبادی و همکاران

تجزیه گرادبان غیرمستقیم می‌باشد، انجام شد. هم‌چنین به بررسی اثرات جنگل‌کاری پلت (*Acer velutinum* Boiss.)، توسکا بیلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey)، زرین (*Cupressus sempervirens* L.) در مقایسه با رویشگاه طبیعی بر پوشش علفی کف جنگل و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه کُلت واقع در بخش سه طرح جنگلداری نکا-ظالم‌رود نیز پرداخته شد، چراکه ارزیابی عرصه‌های جنگل‌کاری شده نقش مهمی در اتخاذ تصمیم‌های آتی و ایجاد جنگل‌هایی باکیفیت و کمیت بهتر در آینده خواهد داشت.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد مطالعه واقع در بخش سه طرح جنگلداری نکا-ظالم‌رود بود که در حوضه آبخیز ۷۷ و در جنوب شهرهای نکا و بهشهر در استان مازندران واقع شده است (شکل ۱). متوسط ارتفاع از سطح دریا منطقه کُلت ۴۵۵ متر است. میانگین متوسط بارندگی در جنگل کُلت طبق گزارش ایستگاه هواشناسی قراخیل قائم‌شهر ۹۶۰ میلی‌متر برآورد شد و اقلیم منطقه مرطوب با زمستان خنک می‌باشد. در منطقه سه تیپ خاک شامل: راندزین تا راندزین شسته‌شده، قهوه‌ای شسته‌شده پسدوگلی و قهوه‌ای شسته‌شده با افق کلسیک وجود دارد و بافت خاک نیز رسی تا رسی-لومی بوده و گونه درختی غالب منطقه *Carpinus betulus* L به همراه *Fagus orientalis* Lipsky است. سال کاشت نهال‌ها مربوط به سال ۱۳۷۲ بوده و فاصله کاشت نهال‌ها ۲×۲ متر می‌باشد. مساحت هرکدام از جنگل‌کاری‌های پلت، توسکا بیلاقی و زرین به ترتیب ۱۱، ۷ و ۱۵ هکتار است. عملیات پرورشی در پنج سال اول شامل: وجین کردن و دو تا چهار سال برنامه آزاد کردن و طبق هر ده سال یک مرحله تنک کردن؛ انجام پذیرفت (۲۹).

(۲۰۱۴) در پژوهشی در منطقه کلوده آمل به بررسی اثر جنگل‌کاری توسکا بیلاقی بر تنوع زیستی گیاهی در مقایسه با رویشگاه طبیعی انجیلی-ممرز پرداختند و دریافتند که ضخامت کم‌تر لاشبرگ، تاج پوشش سبکتر و نیتروژن بیش‌تر در خاک جنگل‌کاری توسکا در مقایسه با توده طبیعی سبب افزایش غنای علفی منطقه شد (۵۱). هوشمند و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی خصوصیات خاک در جنگل‌کاری گیلاس وحشی و پلت در غرب مازندران پرداخته و دریافتند که میزان اسیدیته، ازت و کربن آلی در جنگل‌کاری با گیلاس وحشی بیش‌تر از پلت بوده و گیلاس وحشی در برخی فاکتورهای مورد مطالعه عملکرد بهتری نسبت به افراپلت خالص نشان داده است (۲۱). هم‌چنین موتلو (۲۰۱۹) در پژوهشی در مالاتیای ترکیه به بررسی اثرات جنگل‌کاری بر تنوع زیستی گیاهی پرداخته و دریافت که جنگل‌کاری با گونه‌های پهن‌برگ (*Quercus* sp.) باعث افزایش شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌های علفی منطقه نسبت به گونه‌های سوزنی‌برگ (*Pinus nigra*) شده است (۴۴)؛ بنابراین مطالعه و مقایسه تنوع پوشش علفی کف جنگل در ارتباط با شرایط خاکی می‌تواند اطلاعات مهمی در مورد ترکیب، تنوع و دیگر ویژگی‌های تیپ‌های جنگلی این بوم‌سامانه ارزشمند را ارائه دهد. چراکه به دلیل وجود تغییرات زیاد در متغیرهای محیطی، کنش‌های پیچیده بین گیاهان و عوامل محیطی، همبستگی‌های ایجادشده بین این متغیرها با آن عوامل، بررسی رابطه بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی تأثیرگذار، ضروری است. این پژوهش نیز با فرض بر افزایش شاخص‌های تنوع زیستی توده‌های جنگل‌کاری‌شده نسبت به توده طبیعی و با هدف شناسایی مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر تنوع گونه‌های علفی منطقه با روش تجزیه تطبیقی قوس‌گیری‌شده DCA که مهم‌ترین روش



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی عرصه مورد مطالعه (طرح جنگل داری نکا- ظالم رود).

Figure 1. Geographical location of the study area (Neka- Zalemrood forestry plan).

با دستگاه پی‌اچ‌متر، هدایت الکتریکی با تهیه گل اشباع، ماده آلی به روش والکی بلاک، ازت با دستگاه کجلدال (۷)، فسفر قابل جذب با روش اولسن و پتاسیم قابل جذب به روش فلیم فتومتری مورد اندازه گیری قرار گرفت (۳۱).

**تجزیه و تحلیل اطلاعات و داده ها:** شناسایی و معرفی فلور منطقه با استفاده از منابع فلور ایرانیکا (۴۹)، فلور ایران (۲)، فلور رنگی ایران (۱۶) و فرهنگ نام های گیاهان ایران (۳۸) به طور دقیق انجام شد. برای مطالعه تنوع زیستی پوشش علفی کف جنگل از شاخص تنوع گونه ای سیمپسون و شانون- وینر، غنای گونه ای مارگالف و منهنیک، شاخص یکنواختی شانون- وینر استفاده شد (جدول ۱). داده های پوشش علفی در نرم افزار اکسل سازمان دهی و ذخیره شدند، آنگاه در نرم افزار PAST تجزیه های غنای (مارگالف و منهنیک)، یکنواختی (شانون- وینر)، تنوع (سیمپسون و شانون- وینر) انجام شد (۲۶).

**روش مطالعه:** نمونه برداری و جمع آوری داده ها در سه توده جنگل کاری شده پلت، توسکا بیلاقی، زربین و توده طبیعی (شاهد) در فصل پاییز ۱۳۹۸ انجام شد. در هر یک از توده ها با روش انتخابی ده قطعه نمونه مربعی شکل با ابعاد ۲۰×۲۰ متر (۴۰۰ مترمربع) پیاده شد (۳). فاصله هر قطعه نمونه با قطعه نمونه بعدی حدود ۵۰ متر در نظر گرفته شد که مجموعاً در منطقه مورد مطالعه با ابعاد شبکه آمار برداری (۱۰۰×۱۰۰ متر) ۴۰ قطعه نمونه برداشت شد. در هر قطعه نمونه فهرست کلیه گونه های علفی و سپس وفور (درصد پوشش) گونه های گیاهی به درصد ثبت شد (۳). هم چنین در هر قطعه نمونه (۴۰۰ مترمربع) از چهار گوشه و مرکز آن از عمق ۰-۱۵ سانتی متر با بیلچه نمونه خاک برداشت و باهم مخلوط و یک نمونه خاک ترکیبی جهت بررسی مشخصه های فیزیکی و شیمیایی در آزمایشگاه جدا شد (۳۰). در آزمایشگاه جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه، بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۷)، واکنش خاک

جدول ۱- شاخص‌های غنای، یکنواختی و تنوع گونه‌ای.

Table 1. Indices of richness, uniformity, and diversity of species.

منبع Source	معادله Equation	شاخص index
(36)	$R = \left( \frac{S - 1}{\ln N} \right)$	شاخص غنای مارگالف Margalf richness index
(37)	$R = \frac{S}{\sqrt{N}}$	شاخص غنای منهیک Mannic richness index
(27)	$\lambda = 1 - \sum_i p_i^2$	شاخص تنوع سیمپسون Simpson diversity index
(45)	$H' = -\sum_i p_i \ln(p_i)$	شاخص تنوع شانون-وینر Shannon-Wiener diversity index
(35)	$E = \frac{H}{\ln S}$	شاخص یکنواختی شانون-وینر Shannon-Wiener uniformity index

R، شاخص غنای گونه‌ای؛ S، تعداد کل گونه‌ها؛ LnN، لگاریتم طبیعی؛ N، تعداد کل؛ λ، شاخص تنوع سیمپسون؛ pi، نسبت درصد تاج پوشش گونه i ام به مجموعه درصد تاج پوشش گونه‌ها.

R, species richness index; S, total number of species; LnN, natural logarithm; N, total number; λ, Simpson diversity index; pi, the ratio of the percentage of canopy cover of the i species to the percentage of canopy cover of the species.

شاپیروویلیک و از رویه‌ی یک‌طرفه نرم‌افزار SAS انجام شد، همگنی واریانس به روش لُون و پس‌از آن تجزیه واریانس، از رویه جی‌ال‌ام در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد (۵۴). مقایسه گروهی میانگین‌ها با فرض بر وجود شاهد (جنگل طبیعی) که در نزدیک‌ترین محل جنگل‌کاری‌ها قرار داشت به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (الاس‌دی) در سطح پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در مجموع ۳۲ گونه علفی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند که متعلق به ۲۶ تیره گیاهی است که از این تعداد گونه‌های *Nasturtium officinale*, *Cirsium sp.* Miller, *Primula heterochroma* Stapf, L.R.Br., *Sambucus Ebulus* L., *Sanicula europaea* L., *Euphorbia*, *Geranium robertianum* L.

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلیک و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون در نرم‌افزار SAS انجام شد و با استفاده از رویه جی‌ال‌ام<sup>۱</sup> تجزیه واریانس و سپس پساواریانس و مقایسات گروهی چند دامنه‌ای میانگین‌ها به روش استیودنت-نیومن-کلز<sup>۲</sup> در سطح احتمال (پنج درصد) انجام شد. در این پژوهش از روش رسته‌بندی، روش تجزیه تطبیقی قوس‌گیری‌شده DCA<sup>۳</sup> برای یافتن اختلافات ترکیب پوشش گیاهی و رابطه بین ترکیب گونه‌ای توده‌ها با مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شد (۴۱). برای تجزیه DCA از بسته وگان در نرم‌افزار R استفاده شد (۲۳، ۳۲). همچنین برای تجزیه متغیرهای مربوط به خاک از نرم‌افزار آماری SAS<sup>۴</sup> استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها به روش

1. GLM : General linear mode
2. SNK : Student- Neuman- Keuls
3. DCA: Detrended correspondence analysis
4. SAS: Statistical analysis system



طرفی با توجه به این که در توده های جنگل کاری شده گونه ها در فاصله ۲×۲ متر کاشته شده اند، بنابراین فضای اشغال شده توسط تاج پوشش کم تر از توده طبیعی بود. هم چنین در این توده به محض باز شدن تاج پوشش به دلیل خشک شدن برخی از پایه ها در رقابت، هجوم و رشد گونه های علفی مانند: *Pteridium aquilinum* L. و *Rubus hyrcanus* Juz به سرعت عرصه را اشغال می کنند که دلیل آن افزایش نور در کف جنگل است. اشغال سطح جنگل با چنین گونه هایی امکان حضور گونه های دیگر را کم کرده و در نهایت باعث کاهش تنوع گونه ای شده است و این موضوع با نتایج پژوهشی که در جنگل شفارود گیلان توسط میرزایی و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد نیز مطابقت دارد (۴۳). از طرفی باید به این موضوع نیز اشاره کرد که گونه های *Pteris cretica* L. و *Pteridium aquilinum* L. Kuhn قابل توجهی در توده زربین و توسکا حضور داشتند، این گونه ها عمدتاً فضاهای باز حاصل از بهره برداری و تخریب را مورد تهاجم قرار می دهند و در رقابت برای نور گونه های علفی کف جنگل به مقدار کمتری از نور دسترسی داشته و این مسأله باعث کاهش غنای گونه های علفی کف در توده توسکا و زربین می شود (۴۸)، افزون بر آن این گونه ها از طریق آللوپاتی و ترشح مواد سمی شیمیایی مانع از رشد و توسعه جمعیت دیگر گونه ها شده اند. با کاهش تراکم و فاصله گرفتن پایه های درختی از یکدیگر، شاخص های تنوع گونه ای افزایش یافته و بیشترین تنوع گونه ای، زادآوری و حاصلخیزی خاک در توده دارای تراکم پایین است؛ دلیل این امر نیز وجود گونه های نورپسند فراوان در منطقه است که با نتایج پژوهش چن و گائو (۲۰۱۴) در چین و لودینگ و همکاران (۲۰۱۰) در جنگل های شرق آفریقا مطابقت دارد (۸، ۳۴).

*Oplismenus undulatifolius*. و *helioscopia* L. Ard. P. منحصرأ در توده جنگل طبیعی رویش داشتند. هم چنین گونه های *Chelidonium majus* *Pteridium* و *Nonnea persica* Boiss. L. *aquilinum* L. Kuhn. فقط در توده توسکا بیلاقی دیده شدند و گونه هایی مانند: *Pteris cretica* L. *Prunella vulgaris* L. *Mentha pulegium* L. *Froriepia* *Plagiomnium cupidatum* *Trifolium repens* L. *subpinnata* Baill. *Oxalis acetosella* و *Polypodium vulgare* L. نیز منحصرأ در توده زربین رویش داشتند و بقیه گونه ها به صورت مشترک در توده های مورد مطالعه حضور داشتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین شاخص های مختلف تنوع مربوط به گونه های علفی نشان داد که چهار توده مورد مطالعه از نظر میزان غنای گونه ای (مارگالف و منهینک) باهم اختلاف معنی داری دارند ( $P < 0/01$ ). هم چنین مشخص شد که شاخص غنای مارگالف (۲/۰۰) و غنای منهینک (۱/۵۷) در توده طبیعی بیشترین مقدار را داشتند که دلیل آن را می توان به غلبه بالای گونه *Rubus hyrcanus* Juz نسبت به گونه های دیگر در توده های جنگل کاری شده دانست که با پوشاندن سطح وسیعی از منطقه مانع رسیدن نور کافی به کف جنگل شده و عدم حضور گونه های علفی دیگر را به همراه خواهد داشت که با نتایج احمدی ملکوت و همکاران (۲۰۱۱) که به این نتیجه رسیدند، غنای گونه ای در توده طبیعی بیش تر از توده جنگل کاری توسکا و ون بود، مطابقت دارد (۵). از دیگر عواملی که در زیاد بودن غنای گونه در جنگل طبیعی در مقایسه با مناطق جنگل کاری شده نقش داشتند می توان به برش یکسره جنگل، تک کشتی بودن و به هم خوردن ساختار جنگل در مناطق جنگل کاری شده که باعث کاهش غنای در این مناطق خواهد شد، اشاره کرد (۴۳). از

جدول ۲- فهرست گونه‌های علفی در منطقه مورد مطالعه.

**Table 2. List of plant species in the study area.**

نام فارسی Persian name	نام علمی scientific name	تیره Family	توسکا <i>Alnus subcordata</i>	پلت <i>Acer velutinum</i>	زربین <i>Cupressus sempervirens</i>	طبیعی Natural
کنگر	<i>Cirsium sp. Miller</i>	Compositae	-	-	-	✓
آب تره	<i>Nasturtium officinale (L.) R. Br.</i>	Cruciferae	-	-	-	✓
پامچال الوان	<i>Primula heterochroma Stapf</i>	Primulaceae	-	-	-	✓
مرهمی	<i>Sanicula europaea L.</i>	Umbelliferae	-	-	-	✓
آقظی	<i>Sambucus Ebulus L.</i>	Caprifoliaceae	-	-	-	✓
پیچک صحرائی	<i>arvensis L. Convolvulus</i>	Convolvulaceae	✓	✓	-	✓
بارهنگ	<i>Plantago major L.</i>	Plantaginaceae	-	-	✓	✓
سوزن چوبان قرمز	<i>Geranium robertianum L.</i>	Geraniaceae	-	-	-	✓
فرفیون	<i>Euphorbia helioscopia L.</i>	Euphorbiaceae	-	-	-	✓
علف جنگلی	<i>Oplismenus undulatifolius (Ard). P.</i>	Gramineae	-	-	-	✓
سرخس دوپایه	<i>Pteris cretica L.</i>	Pteridaceae	-	-	✓	-
پونه معطر	<i>Mentha pulegium L.</i>	Labiatae	-	-	✓	-
نعنا چمنی	<i>Prunella vulgaris L.</i>	Labiatae	-	-	✓	-
خزه چوبی	<i>Plagiomnium cupidatum</i>	Mniaceae	-	-	✓	-
زلنگ	<i>Froriepia subpinnata Baill.</i>	Umbelliferae	-	-	✓	-
شبدر سفید	<i>Trifolium repens L.</i>	Papilionaceae	-	-	✓	-
بسفایج	<i>Polypodium vulgare L.</i>	Polypodiaceae	-	-	✓	-
شبدرترشک جنگلی	<i>Oxalis acetosella L.</i>	Oxalidaceae	-	-	✓	-
تمشک خزری	<i>Rubus hyrcanus Juz.</i>	Rosaceae	✓	✓	✓	✓
کارکس	<i>Carex digitata L.</i>	Cyperaceae	✓	✓	✓	✓
گزنه دوپایه	<i>Urtica dioica L.</i>	Urticaceae	✓	✓	✓	✓
چمن پیازک‌دار	<i>Poa bulbosa L.</i>	Gramineae	✓	✓	✓	✓
کوله خاس	<i>Woron. Ruscus hyrcanus</i>	Liliaceae	✓	✓	✓	✓
سبزاب معمولی	<i>Veronica arvensis L.</i>	Scrophulariaceae	✓	✓	✓	✓
توت‌فرنگی	<i>Fragaria vesca L.</i>	Rosaceae	✓	✓	✓	✓
سرخس عقابی	<i>Pteridium aquilinum (L.) Kuhn.</i>	Hypolepidaceae	✓	-	-	-
مامیران	<i>Chelidonium majus L.</i>	Papaveraceae	✓	-	-	-

(✓)، نماد حضور گونه و (-)، نماد عدم حضور گونه در توده مورد مطالعه.

(✓) of species presence and (-) of species absence in the studied population.

ادامه جدول ۲-

Continue Table 2.

نام فارسی Persian name	نام علمی scientific name	تیره Family	توسکا <i>Alnus subcordata</i>	پلت <i>Acer velutinum</i>	زربین <i>Cupressus sempervirens</i>	طبیعی Natural
چشم گربه ای ایرانی	<i>Nonnea persica</i> Boiss.	Boraginaceae	✓	-	-	-
بنفشه جنگلی	<i>Viola Sylvestris</i> Lam.	Violaceae	✓	✓	✓	✓
سیکلامن	<i>Cyclamen coum</i> Miller.	Primulaceae	✓	✓	✓	✓
زنگی دارو	( <i>Phyllitis scolopendrium</i> L.) Newm.	Aspleniaceae	-	✓	✓	✓
ازملک	<i>Smilax excelsa</i> L.	Liliaceae	-	✓	✓	✓

(✓)، نماد حضور گونه و (-)، نماد عدم حضور گونه در توده مورد مطالعه.

(✓) of species presence and (-) of species absence in the studied population.

پژوهشی در شمال چین انجام دادند و به نتیجه مشابه با این پژوهش دست یافتند (۸). محمدنژاد کیاسری و همکاران (۲۰۰۹) نیز در پژوهش خود دریافتند که پلت و توسکا بیلاقی گزینه های مناسبی جهت احیای جنگل های مناطق شمال ایران هستند با این حال گونه زربین در مقایسه با گونه های پهن برگ موفق نبود (۴۲) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد و گونه های پهن برگ اثر مثبتی بر روی تنوع زیستی پوشش علفی کف جنگل نسبت به گونه سوزنی برگ زربین داشتند.

همچنین طبق نتایج به دست آمده تنوع گونه های علفی (فراوانی و غنای) در توده های پهن برگ (پلت و توسکا) بیش تر از جنگل کاری با سوزنی برگ (زربین) بود که با نتایج پوررحمتی (۲۰۰۵) و سگورا و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد (۴۷، ۵۲). بین شاخص های مختلف تنوع (سیمپسون و شانون-وینر) و یکنواختی شانون در چهار توده مورد مطالعه اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳) که با پژوهش هو و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد (۲۵). چن و گائو (۲۰۱۴) نیز

جدول ۳- مشخصه های آماری (میانگین ± اشتباه معیار) و سطح معنی داری شاخص های تنوع، غنا و یکنواختی گونه های علفی در چهار توده مورد مطالعه.

Table 3. Statistical characteristics (mean ± standard error) and the level of significance of indices of diversity, richness and uniformity of grass species in the four studied population.

سطح معنی داری The significance level	مقدار F محاسباتی Computational F value	زربین <i>Cupressus sempervirens</i>	توسکا بیلاقی <i>Alnus subcordata</i>	پلت <i>Acer velutinum</i>	طبیعی Natural	صفات Characteristics
0.008	4.21	1.36 <sup>b</sup> ± 0.15	1.18 <sup>b</sup> ± 0.15	1.07 <sup>b</sup> ± 0.17	2.00 <sup>a</sup> ± 0.16	غنا مارگالف Margalf Richness
0.001	5.74	1.32 <sup>ab</sup> ± 0.03	1.10 <sup>b</sup> ± 0.03	1.04 <sup>b</sup> ± 0.04	1.57 <sup>a</sup> ± 0.03	غنا منهنیک Menhenick Richness
0.385	1.03	0.55 <sup>a</sup> ± 0.01	0.44 <sup>a</sup> ± 0.01	0.44 <sup>a</sup> ± 0.02	0.58 <sup>a</sup> ± 0.01	تنوع سیمپسون Simpson diversity
0.295	1.26	1.07 <sup>a</sup> ± 0.09	0.87 <sup>a</sup> ± 0.09	0.93 <sup>a</sup> ± 0.10	1.26 <sup>a</sup> ± 0.09	تنوع شانون-وینر diversity of Shannon Wiener
0.252	1.39	0.82 <sup>a</sup> ± 0.005	0.74 <sup>a</sup> ± 0.005	0.78 <sup>a</sup> ± 0.006	0.73 <sup>a</sup> ± 0.006	یکنواختی شانون Shannon evenness

حروف انگلیسی متفاوت در سطر، اختلاف معنی دار و حروف یکسان بود عدم اختلاف معنی دار بین میانگین ها را نشان می دهد.

The English letters were different in the line, the difference was significant and the letters were the same, indicating no significant difference between the means.

پهن‌برگان به دلیل نوع مواد آلی، مدت‌زمان بیشتر برگدار بودن و تجمع بیش‌تر لاشبرگ در پای درختان، فعالیت و ترشحات ریشه‌ای و مواد موجود در لاشبرگ‌ها می‌باشد (۱۲)، هم‌چنین بالا بودن میزان مشخصه واکنش خاک در جنگل‌کاری پلت و توسکا را باید به تجزیه سریع لاشبرگ این گونه‌ها و در نتیجه غنی‌سازی محتوی مواد مغذی که خود بازگشت مقادیر زیادی از کاتیون‌های بازی به خاک را به همراه دارد اشاره کرد (۴۶) و کاهش واکنش خاک در توده زربین به واسطه تجزیه کند لاشبرگ و متعاقباً تولید اسید آلی و تأخیر در بازگشت کاتیون‌های بازی به خاک، توجیه‌پذیر است که با نتایج گوریک و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی دارد (۱۹). میزان رطوبت در چهار توده اختلاف معنی‌داری از خود نشان دادند ( $P < 0/01$ ) و به ترتیب توده پلت و توده زربین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان را داشتند (جدول ۴)، دلیل بیش‌تر بودن این مشخصه در توده پلت به دلیل آشفستگی و اختلال در خاک و تغییر در خواص فیزیکی خاک صورت گرفته و میزان نفوذپذیری آب در خاک کاهش و تجمع آب در لایه‌های سطحی افزایش می‌یابد و این نتیجه با یافته‌های نیل و همکاران (۱۹۹۷) همخوانی دارد (۴۵)؛ و علت کم‌تر بودن درصد رطوبت در توده زربین را می‌توان در بیش‌تر بودن مقدار باران‌ربایی توده‌های سوزنی‌برگ نسبت به پهن‌برگان و نیز ضخیم بودن لایه لاشبرگ در توده‌های سوزنی‌برگ (۱۳) بیان کرد که باعث کاهش مقدار آب رسیده به خاک می‌شود که با نتایج حقوق‌وردی (۲۰۱۵) و مسلمی و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد (۲۴، ۴۰).

نتایج مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داد که ازت، فسفر، هدایت الکتریکی، چگالی ظاهری، مواد آلی، شن و سیلت خاک در بین چهار توده مورد مطالعه (پلت، توسکا بیلاقی، زربین و طبیعی) اختلاف معنی‌داری نداشتند ( $P > 0/05$ ) ولی میزان واکنش خاک ( $P < 0/05$ )، رطوبت نسبی، پتاسیم قابل جذب و رس در بین چهار توده دارای اختلاف معنی‌داری بودند ( $P < 0/01$ ) (جدول ۴). طبق نتایج میزان واکنش خاک در توده پلت و توده توسکا با توده طبیعی و توده زربین دارای اختلاف معنی‌داری بود. واکنش خاک عامل مهمی در تغذیه شیمیایی و بیولوژیک گیاه است و بهترین واکنش خاک برای اغلب گیاهان حدود شش تا هفت است، زیرا حلالیت و قابلیت جذب اکثر عناصر غذایی در این واکنش خاک در حد مطلوب است (۲۸)، درواقع میزان واکنش خاک یکی از ویژگی‌های مهم در قابلیت تولید رویشگاه است و در خاک‌های جنگلی با تغییرات پوشش گیاهی دچار تغییر و تحول می‌شود (۵۶). واکنش خاک تحت‌تأثیر مواد بازگشتی از پوشش گیاهی قرار می‌گیرد و اگر مواد بازگشتی از پوشش گیاه دارای کاتیون‌های بازی کم‌تر مانند پتاسیم باشد می‌تواند باعث کاهش مقادیر pH خاک شود (۵۶) در پژوهش حاضر نیز با توجه به کم‌تر بودن میزان پتاسیم در توده طبیعی نسبت به توده‌های جنگل‌کاری‌شده می‌توان تفاوت کاهش واکنش خاک در توده طبیعی نسبت به توده‌های جنگل‌کاری‌شده را توجیه نمود. از آنجایی که میزان واکنش خاک در توده زربین نیز نسبت به پهن‌برگان کم‌تر بوده می‌توان گفت که کاهش بیش‌تر واکنش خاک سوزنی‌برگان نسبت به

جدول ۴- آماره های توصیفی خصوصیات خاک در چهار توده پلت، توسکا ییلاقی، زرین و جنگل طبیعی.

**Table 4. Descriptive statistics of soil properties in four populations of *Acer velutinum*, *Alnus subcordata*, *Cupressus sempervirens* and natural forest.**

سطح معنی داری The significance level	مقدار F محاسباتی Computational F value	جنگل طبیعی Natural Forest	زرین <i>Cupressus sempervirens</i>	توسکا ییلاقی <i>Alnus subcordata</i>	پلت <i>Acer velutinum</i>	خصوصیات Specifications
0.93	0.01	0.27± 0.02 <sup>a</sup>	0.26 ±0.02 <sup>a</sup>	0.26 ±0.01 <sup>a</sup>	0.28 ± 0.03 <sup>a</sup>	ازت N (%)
0.001	1.74	557.52± 77.86 <sup>b</sup>	589.33±55.57 <sup>ab</sup>	726.25± 209.84 <sup>ab</sup>	904.51 ±219.31 <sup>a</sup>	پتاسیم K (mg.kg <sup>-1</sup> )
0.67	0.18	7.14 ± 1.72 <sup>a</sup>	9.34 ± 2.62 <sup>a</sup>	5.81 ± 1.02 <sup>a</sup>	12.20 ± 4.15 <sup>a</sup>	فسفر P (mg.kg <sup>-1</sup> )
0.79	0.07	0.46 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.55 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.62 ± 0.08 <sup>a</sup>	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (ds.m <sup>-1</sup> )
0.27	1.25	1.66 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.80 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.82 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.86 ± 0.01 <sup>a</sup>	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr.cm <sup>3</sup> )
0.003	2.05	32.54 ± 2.89 <sup>b</sup>	20.12 ±1.18 <sup>c</sup>	40.33 ±1.43 <sup>a</sup>	40.78 ±2.58 <sup>a</sup>	رطوبت نسبی Moisture (%)
0.89	0.02	2.71 ± 0.43 <sup>a</sup>	2.61 ± 0.35 <sup>a</sup>	3.02 ± 0.40 <sup>a</sup>	2.69 ± 0.04 <sup>a</sup>	مواد آلی OM (%)
0.003	10.14	6.18 ±0.21 <sup>b</sup>	6.32 ±0.13 <sup>b</sup>	6.82 ±0.11 <sup>a</sup>	6.99 ± 0.06 <sup>a</sup>	واکنش خاک Soil reaction (pH)
0.16	2.00	15.48 ±2.18 <sup>a</sup>	22.44 ±1.79 <sup>a</sup>	17.92 ±1.83 <sup>a</sup>	20.60 ±2.67 <sup>a</sup>	شن Sand (%)
0.04	5.51	43.57 ±3.73 <sup>b</sup>	40.34 ±3.31 <sup>a</sup>	39.32 ±2.99 <sup>ab</sup>	39.96 ±3.97 <sup>ab</sup>	رس Clay (%)
0.70	0.15	40.94 ±3.08 <sup>a</sup>	37.22 ±2.65 <sup>a</sup>	42.75 ±2.54 <sup>a</sup>	39.48 ±1.70 <sup>a</sup>	سیلت Silt (%)

حروف انگلیسی متفاوت در سطر، اختلاف معنی دار بین میانگین ها در سطح پنج درصد را نشان می دهد.

The different English letters in the line show a significant difference between the means at the 5% level.

می تواند مقدار آن را بازهم کاهش دهد (۵۰)، بنابراین با توجه به سن بیش تر توده طبیعی کم بودن پتاسیم در آن را می توان توجیه نمود. در استونی در شمال اروپا تولید و تجمع عناصر غذایی، از جمله پتاسیم در جنگل کاری توسکا مورد بررسی قرار گرفت و نتایج بیانگر تأثیر مثبت جنگل کاری در میزان غلظت عناصر پرمصرف خاک بود (۵۳) در پژوهش حاضر نیز تأثیر مثبت جنگل کاری بر ذخیره سازی میزان پتاسیم مشهود

هم چنین نتایج نشان داد که میزان پتاسیم در بین چهار توده اختلاف معنی داری داشتند ( $P < 0/01$ ) و میزان پتاسیم در توده پلت، توسکا و زرین بیش تر از توده طبیعی بود. در ابتدای فصل رویش مقدار پتاسیم در برگ ها (سوزنی برگ و پهن برگ) بسیار زیاد می باشد ولی با توسعه فعالیت گیاهی مقدار آن به تدریج کاهش یافته و در پاییز به مقدار تقریباً ثابتی می رسد و در زمستان بعد، شرایط آب و هوایی

نتایج چهار محور اول تجزیه DCA با مقادیر ویژه ۱/۷۷، ۱/۰۲، ۰/۷۲، ۰/۵۴ و با تبیین واریانس به ترتیب ۰/۲۶، ۰/۱۵، ۰/۱۰ و ۰/۰۸ درصد از کل تغییرات در ترکیب فلورستیکی گونه‌های گیاهی سه توده جنگل کاری پلت، توسکا بیلاقی، زربین و جنگل طبیعی را ارائه می‌کنند (جدول ۵). دیاگرام تحلیل DCA نشان داد که چهار توده مورد مطالعه از نظر ترکیب پوشش گیاهی زیرآشکوب قابل تفکیک و تمایز هستند (شکل‌های ۲ و ۳).

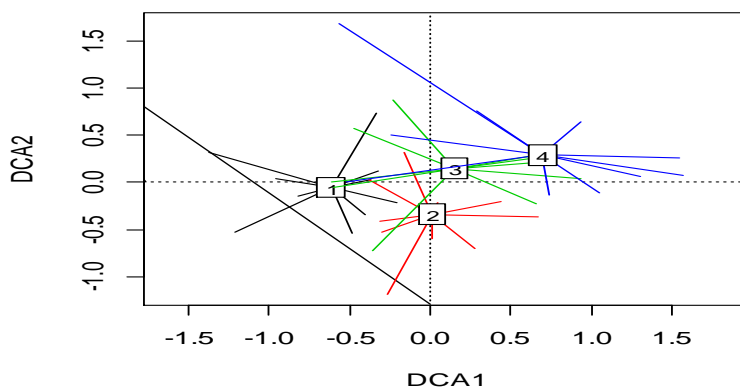
است، هم‌چنین رفیعی جاهد و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی در توده‌های دست‌کشت و توده طبیعی جنگلی در چمستان نور به نتایج مشابه با پژوهش حاضر دست یافتند (۵۰). از طرفی میزان تراکم تاج‌پوشش با مقدار برگشتی پتاسیم همبستگی مثبت دارد و در نتیجه مقادیر زیادی از پتاسیم جذب شده توسط گیاهان در اثر آبخوبی از سطح برگ‌ها در حین بارندگی شسته می‌شود (۱۴)؛ بنابراین در مناطقی که تراکم تاج‌پوشش بیش‌تر بود، میزان پتاسیم در خاک نیز افزایش یافت که با نتایج ما مغایرت دارد. طبق

جدول ۵- همبستگی بین محورها DCA و متغیرهای خاکی.

Table 5. Correlation between DCA axes and soil variables.

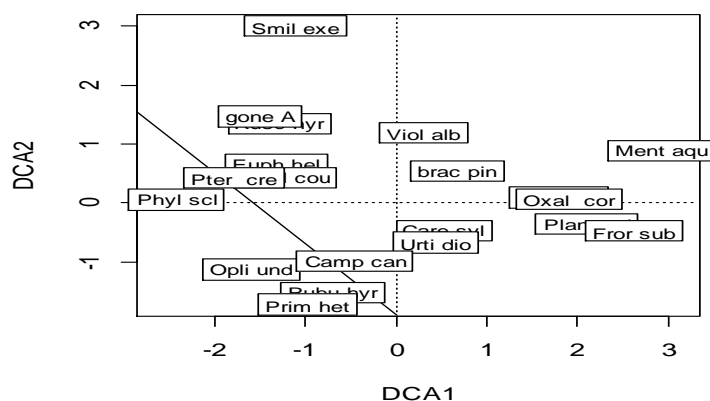
محور ۴ Axis 4	محور ۳ Axis 3	محور ۲ Axis 2	محور ۱ Axis 1	متغیرهای خاکی Soil Variables
0.54	0.72	1.02	1.77	Eigen values مقادیر ویژه
1.47	1.86	2.85	2.94	Gradient length طول گرادیان
0.08	0.10	0.15	0.26	VE <sup>1</sup> (%) درصد تبیین واریانس
0.61	0.53	0.42	0.26	همبستگی گونه- متغیر خاکی (S-SvCor) <sup>2</sup>
-	-	-	6.66	واریانس کل (Total variance)

1- Variance explanation 2- Species-Soil variable correlation



شکل ۲- نتایج تجزیه DCA در چهار توده (۱ طبیعی، ۲ توسکا، ۳ پلت، ۴ زربین).

Figure 2. Results of DCA analysis in four populations (1 natural, 2 alder, 3 *Acer velutinum*, 4 *Cupressus sempervirens*).



شکل ۳- نمایش پراکنش گونه های معرف طبق تجزیه DCA

Figure 3. Distribution of reagent species according to DCA analysis.

توسکا بیلاقی، زرین و توده طبیعی در جنگل کُلت معرفی می شود و فاکتورهای رس، واکنش خاک، ازت، شن، سیلت، رطوبت، فسفر، هدایت الکتریکی، چگالی ظاهری، درصد کربن آلی نیز معنی دار نبودند (جدول ۶).

تحلیل رگرسیون چندگانه متغیرهای خاکی نیز بیانگر معنی دار بودن متغیر پتاسیم ( $r^2=0/11$ ) با دو محور اول و دوم DCA است و به عنوان مهم ترین فاکتور خاکی مؤثر بر پراکنش اجتماعات گیاهی پلت،

جدول ۶- رگرسیون چندگانه فاکتورهای خاکی با دو محور اول تحلیل DCA

Table 6. Multiple regression of soil factors with the first two axes of DCA analysis.

P value	ضریب تبیین ( $r^2$ )	محور ۲	محور ۱	متغیرها
	Variance explanation coefficient	Axis 2	Axis 1	Variables
0.04**	0.11	-0.99	0.07	پتاسیم K (mg.kg <sup>-1</sup> )
0.13 <sup>ns</sup>	0.10	-0.13	0.99	رس Clay (%)
0.10 <sup>ns</sup>	0.10	-0.87	0.48	واکنش خاک Soil reaction (pH)
0.81 <sup>ns</sup>	0.01	-0.63	0.77	نیتروژن N (%)
0.61 <sup>ns</sup>	0.02	-0.48	-0.87	شن Sand (%)
0.61 <sup>ns</sup>	0.02	0.84	-0.48	سیلت Silt (%)
0.28 <sup>ns</sup>	0.06	-0.60	-0.79	رطوبت نسبی Moisture (%)
0.31 <sup>ns</sup>	0.06	0.50	0.86	فسفر P (mg.kg <sup>-1</sup> )
0.92 <sup>ns</sup>	0.005	-0.88	-0.47	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (ds.m <sup>-1</sup> )
0.89 <sup>ns</sup>	0.005	0.80	0.58	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr.cm <sup>3</sup> )
0.90 <sup>ns</sup>	0.006	-0.63	0.86	کربن آلی OC (%)

\*\* در سطح ۰/۰۱ معنی دار؛ <sup>ns</sup> معنی دار نیست.

\*\* Significant at the level of 0.01; <sup>ns</sup> is not significant.

متغیرها، بررسی رابطه بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی تأثیرگذار، ضروری است. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که شاخص‌های غنای گونه‌های علفی و هم‌چنین مشخصات رطوبت، واکنش خاک و پتاسیم قابل جذب تحت تأثیر جنگل‌کاری تغییر کرد و طبق نتایج تحلیل DCA تنها پتاسیم قابل جذب در تفکیک و تمایز توده‌های گیاهی منطقه مؤثر است. هم‌چنین بررسی شاخص‌های تنوع زیستی بیانگر بالا بودن شاخص‌های تنوع و غنا با توجه به آمیختگی گونه‌ها در توده طبیعی (ممرز و راش) نسبت به توده‌های جنگل‌کاری شده است و بر این اساس فرضیه پژوهش ما مبنی بر افزایش شاخص تنوع زیستی در توده‌های جنگل‌کاری شده رد شد. در واقع نتایج نشان‌دهنده نقش حفاظتی بیش‌تر توده‌های پهن‌برگ (پلت و توسکا) و توده طبیعی (ممرز و راش) نسبت به گونه سوزنی‌برگ (زربین) برای غنا و تنوع گونه‌های علفی و نگهداری پایدار جوامع زیرآشکوب در منطقه کُلت است.

به عبارت دیگر نتایج تحلیل رگرسیون چندگانه نشان داد که تنها پتاسیم در تفکیک و تمایز توده‌های گیاهی منطقه مؤثر واقع شده است. گیاهان نقش مهمی در تنظیم بیوژئوشیمیایی بوم‌سامانه‌ها به وسیله تثبیت ماده آلی خاک و جلوگیری از کاهش مواد مغذی دارند. با توجه به این‌که اکثر عناصر پرمصرف در توده‌های پهن‌برگ نسبت به سوزنی‌برگ دارای مقادیر ذخیره‌ای بیش‌تری هستند که این موضوع می‌تواند در ارتباط با نقش مؤثر و مثبت گونه‌های پهن‌برگ در افزایش کیفیت و بهره‌وری خاک در بوم‌سامانه‌های طبیعی باشد (۵۰)، هم‌چنین پتاسیم در اکثر خاک‌ها به مقدار زیادی وجود دارد و باعث تشدید عمل کربن‌گیری شده و یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در خاک می‌باشد که نقش بسیار مهمی در رشد گیاهان دارد (۳۰).

### نتیجه‌گیری

به‌طورکلی به دلیل وجود تغییرات زیاد در متغیرهای محیطی، کنش‌های پیچیده بین گیاهان و آن

### منابع

1. Ampoorter, E., Beaten, L., Vanhellemont, M., Bruelheide, H., Scherer-Lorenzen, M., Baasch, A., Erfmeier, A., Hock, M., and Verheyen, K. 2015. Disentangling tree species identity and richness effects on the herb layer: first results from German tree diversity experiment. *Vegetation Science J.* 26: 4. 742-755.
2. Asadi, M., Masoumi, A.A., Khatamsaz, M., and Mozaffarian, V. 1992-2002. *Flora of Iran*. Volumes 1-38. Publications of Forests and Rangelands Research Institute, Tehran University Press, 355p. (In Persian)
3. Asadi, H., Hosseini, S.M., and Ismailzadeh, O. 2011. Introduction of plant communities of Khybus protected area and their relationship with physiographic characteristics and plant biodiversity. *J. of Forests and Wood Products (Iranian natural resources)*. 64: 2. 107-127. (In Persian)
4. Abliz, A., Halik, U., Welp, M., and Zhang, L.X. 2015. Effects of Shelterbelt afforestation on soil properties in Kökyar, NW China. *Applied Ecology and Environmental Sciences J.* 10: 6. 2017-2036.
5. AhmadiMalakut, E., Soltani, A., and Hasanzad Navrodi, I. 2011. A comparison between understory phytodiversity of a natural forest and forest plantations (Case study: Langerud -Guilan). *J. of Forest.* 3: 2. 157-167. (In Persian)
6. Barbier, S., Gosselin, F., and Balandier, P. 2017. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved- A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management J.* 254: 1-15.



7. Cannell, M.G.R. 2003. Carbon sequestration and biomass energy offset: theoretical, potential and achievable capacities globally, in Europe and the UK. *Biomass and Bioenergy J.* 24: 2. 97-116.
8. Chen, Y., and Cao, Y. 2014. Response of tree regeneration and understory plant species diversity to stand density in mature *Pinus tabulaeformis* plantations in the hilly area of the Loess Plateau, China. *Ecological Engineering J.* 73: 238-245.
9. Crowley, W., Harrison, S.S.C., Coroi, M., and Sacre, V.M. 2003. An ecological assessment of the plant communities at Port Bannaturere serve in South Western Ireland. *Biology and Environment J.* 103: 2. 69-82.
10. Castro, J., Morales- Rueda, F., Navarro, F.B., Vacchiano, G., and Alcaraz-Segura, D. 2021. Precision restoration: A necessary approach to foster forest recovery in the 21st century. *Restoration Ecology J.* 29: 7. 345-360.
11. Esmailzadeh, O. and Nourmohammadi, K. 2017. Introduction of Total Indicator Value Model in Vegetation Classification. *J. of Plant Research.* 30: 2. 246-263. (In Persian)
12. Ellison, A.M., Buckley, H.B., Case, D., Cardenas, A., Duque, J., Lutz, J., Myers, J., and Orwig, D. 2019. Species Diversity Associated with Foundation Species in Temperate and Tropical Forests. *Forests J.* 128: 1-34.
13. Fan, J., Oestergaard, K.T., Guyot, A., and Lockington, D.A. 2014. Measuring and modeling rainfall interception losses by a native *Banksia* woodland and an exotic pine plantation in subtropical coastal Australia. *Hydrology J.* 515: 156-165.
14. Foth, H.D., and Ellis, B.G. 1988. Soil fertility. Published by Wiley, 304p.
15. Fuss, S., Lamb, W.F., Callaghan, M.W., Hilaire, J., Creutzig, F., Amann, T., Beringer, T., De Oliveira Garcia, W., Hartmann, J., and Khanna, T. 2018. Negative emissions-Part 2: Costs, potentials and side effects. *Environmental Research Letters*, 13: 6. 063002. ISSN 1748- 9326.
16. Ghahraman, A. 1984. Colorful flora of Iran. Volume 1-22. Forests and Rangelands Research Institute. Tehran, 125p. (In Persian)
17. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1982. Particle-size analyses. In: Klute, A. (Eds), *Method of Soil Analyses, Part: Physical and Mineralogical Methods*, American Society of Agronomy, Madison, pp. 383-411.
18. Gao, T., Hedblom, M., Emilsson, T., and Nielsen, A.B. 2014. The role of forest stand structure as biodiversity indicator. *Forest Ecology and Management J.* 330: 82-93.
19. Gorik, V., Lander, B., Pieter, D.F., Margot, V., Arno, T., Wim, B., Bart, M., and Kris, M. 2015. Vadderstory vegetation shifts following the conversion of temperate deciduous forest to the spruce plantation. *Forest Ecology and Management J.* 289: 363-370.
20. Gilliam, F.S., and Dick, D.A. 2010. Spatial heterogeneity of soil nutrients and plant species in herb-dominated communities of contrasting land use. *Plant Ecology J.* 209: 83-94.
21. Houshmand, A., Moshki, R., Mollashahi, M., Amiri, M., and Kia Kianian, M. 2019. Soil and silvicultural characteristics in plantations of *Prunus avium* L. and *Acer velutinum* Boiss. in the west forest of Mazandaran. *J. of Wood and Forest Science and Technology.* 26: 1. 37-48. (In Persian)
22. Ritchie, H., and Roser, M. 2021. Forests and Deforestation Published online at [OurWorldInData.org](https://ourworldindata.org/forests-and-deforestation). Retrieved from: <https://ourworldindata.org/forests-and-deforestation>.
23. Core Team, R. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
24. Haghvardi, K. 2015. Influence of native and non-native forestry series of Orchard Garden Tea on plant biodiversity and woody species regeneration. *J. of Plant Research.* 28: 3. 522-534. (In Persian)

25. Huo, H., Feng, Q., and Su, Y. 2014. The Influences of Canopy Species and Topographic Variables on Understory Species Diversity and Composition in Coniferous Forests. *The Scientific World J.* pp. 1-8.
26. Hammer, Q., David, A., Harper, T., and Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica J.* 4: 1. 1-9.
27. Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness; A unifying notation and its consequences. *Ecology J.* 54: 427-432.
28. Heydari, M.P., and Mahdavi, A.S. 2014. Ecological evaluation of watershed projects based on vegetation composition and soil physical and chemical properties. *J. of Zagros Forests Research.* 1: 1. 93-108. (In Persian)
29. Iran's Forests and Rangelands Organization. 2010. Forestry plan of District Three of Neka-Zalemroud forests. Mazandaran Natural Resources Administration Office, Iran. 109p. (In Persian)
30. Ja'fari, G., Tabari Kochaksaraei, M., Hussein, S.M., and Kuch, Y. 2013. Effect of soil factors on plant biodiversity of ecological species group in North Khorasan protected forest. *J. of Plant Research.* 28: 1. 79-90. (In Persian)
31. Jafari Haghighi, M. 2003. Soil decomposition methods (sampling and important physical and chemical analyzes). Nedaye Zahi Publications. 236p. (In Persian)
32. Jari Oksanen, F., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Peter R., Minchin, R., O'Hara, B., Gavin, L., Simpson, P., Henry, M., Stevens, E., and Wagner, H. 2020. *Vegan: Community Ecology Package.* R package version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
33. Kooch, Y., and Bayranvand, M. 2019. Labile soil organic matter is sensitive to forest floor quality of tree species mixtures in Oriental Beech forests. *Ecological Indicators J.* 107: 1-10.
34. Ludwig, F., Dekroon, H., Berendse, H.F., and Prins, H.T. 2010. The influence of savanna trees on nutrient, water, and light availability and the understory vegetation. *Plant Ecology J.* 170: 93-105.
35. Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its measurement* Princeton. Princeton University Press, London, 280p.
36. Margalef, M. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics J.* 3: 36-71.
37. Menhenic, E.F. 1964. A comparison of some species individuals diversity indices applied to sample of field insects. *Ecology J.* 45: 859-861.
38. Mozaffarian, V. 1996. *Dictionary of Iranian Plants.* Publications of the Institute of Contemporary Culture, Tehran University. 335p. (In Persian)
39. Moraghebati, F., Koruri, A.H., and Teymuri, M. 2001. Investigating the Effects of Eucalyptus, Poplar, and Silver Serving Against Damage and Some Soil Properties in Sheikh Neshin and Saravan Stations in Guilan Province. *J. of Pajouhesh and Sazandegi.* 53: 14. 26-34. (In Persian)
40. Moslemi Seyed Mahalle, S.M., Jalali, S.G., Hojjati, S.M., and Kooch, Y. 2020. The Effect of Different Forest types on Soil Properties and Biodiversity of Grassland cover and Regeneration in central Hyrcanian Forests (Case Study: Seri-Alandan-Sari). *J. of Ecology of Iranian Forests.* 7: 14. 10-21. (In Persian)
41. Mesdaghi, M. 2005. *Plant ecology.* Mashhad Univ. 187p. (In Persian)
42. Mohammadnezhad Kiasari, S., Sagheb-Talebi, K., Rahmani, R., Adeli, E., Jafari, B., and Jafarzadeh, H. 2009. Quantitative and qualitative evaluation of natural and planted forests at Darabkola Area in East of Mazandaran. *J. of Forest and Poplar Research.* 18: 23-32.
43. Mirzaei, J., Heydari, M., and Atar-Roshan, S. 2015. Changes in vegetation and plant species biodiversity after industrial logging in Shafaroud forest, Guilan. *J. of Plant Research.* 28: 2. 435-444. (In Persian)

44. Mutlu, B. 2019. The effect of afforestation on biodiversity in Malatya, Turkey. *Ecology and Environmental Research J.* 17: 6. 12787-12798.
45. Neill, C., Piccolo, M.C., Cerri, C.C., Steudler, P.A., Melillo, J.M., and Brito, M. 1997. Net nitrogen mineralization and net nitrification rates in soils following deforestation for pasture across the southwestern Brazilian Amazon Basin landscape. *Oecologia J.* 110: 2. 243-252.
46. Norden, U. 1994. The influence of broad-leaved tree species on pH and organic matter content of forest topsoils in Scania, South Sweden. *Scand J.* 9: 1. 1-8.
47. PourRahmati, G.H. 2005. Study of the effect of forest planning on biodiversity of vegetation in west Guilan, Master's Thesis of Natural Resources Faculty. Guilan University, 92p.
48. Pourbabaei, H., Fakhariad, M., and Meraji, A. 2005. Study on structure and plant species diversity in the box tree (*Buxus hyrcana* Pojark) sites, eastern Guilan, Iran. P 20-88, 17<sup>th</sup> International Botanical Congress, Vienna, Austria, Europe.
49. Rechinger, K.H. 2005. *Flora Iranica*, Akademish, Druck University Graz, Vol 1-176.
50. Rafeie Jahed, R., Hosseini, S.M., and Kooch, Y. 2016. The effect of overstory layer on soil physicochemical properties in a forest ecosystem. *J. of Wood and Forest Science and Technology.* 23: 4. 1-24. (In Persian)
51. Rostamabadi, A., Tabari, M., Jalilvand, H., and Salehi, A. 2014. Impacts of Alder (*Alnus subcordata*) plantation on nutrient and plant diversity in site of Parrotia-Carpinetum natural forest. *J. of Renewable Natural Resources Research.* 5: 1. 15-28. (In Persian)
52. Segura, C., Jiménez, M.N., Fernández-Ondoño, E., and Navarro, F.B. 2021. Effects of Afforestation on Plant Diversity and Soil Quality in Semiarid SE Spain. *Forests J.* 12: 12. 17-30.
53. Uri, V., Tullus, H., and Lohmus, K. 2002. Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* L.) Moench plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management J.* 161: 169-179.
54. Zare Chahouki, M.A., Nodehi, R., and Tavili, A. 2010. Investigation on the relationship between plant diversity and environmental factors in Eshtehard rangelands. *J. of Arid Biome Scientific and Research.* 1: 2. 41-48. (In Persian)
55. Zerbo, I., Bernhardt-Römermann, M., Ouédraogo, O., Hahn, K., and Thiombiano, A. 2016. Effects of climate and land use on herbaceous species richness and vegetation composition in West African savanna ecosystems. *Botany J.* 2: 1-11.
56. Zarin-Kafsh, M. 2002. *Forestry Soil. Interaction of soil and plants regarding ecological factors forests ecosystems.* Forest and Rangelands Research Institute Press, 376p. (In Persian)

