DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfrpr.2014.8434

دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران

جلد ۱۱ شماره ۲، صفحه ۱۴۸-۱۳۷، (۱۳۹۲)

بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا و مؤلفه‌های خاک بر میزان رقابت بین گونه‌های ارژن *Amygdalus orientalis* (مطالعه موردی: ذخیره‌گاه جنگلی تنگ‌خشک سمیرم)

محسن الهی[1*] و مسلم اکبری نیا[2]

۱*- نویسنده مسئول مکاتبات، دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس نور

پست الکترونیک: Mohsenelahi66s@yahoo.com

۲- دانشیار پژوهش، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳/۱۸

چکیده

امروزه ذخیره‌گاه‌های جنگلی به‌عنوان مناطق حفاظت شده بسیار مهم محسوب می‌شوند و تجزیه و تحلیل روابط پوشش‌گیاهی و عوامل محیطی در این ذخیره‌گاه‌ها به‌عنوان مباحث مهم بوم‌شناسی، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. به‌منظور رسیدن به اهداف مورد نظر، در منطقه مورد مطالعه (هسته مرکزی ذخیره‌گاه) ۳۰ قطعه‌نمونه دایره‌ای شکل ۲۰ آری به صورت کاملاً تصادفی پیاده شد. درون هر قطعه‌نمونه، ۴ میکروپلات به‌منظور بررسی رقابت، پیاده و میزان رقابت بین پایه‌های ارژن توسط شاخص رقابت Schütz محاسبه شد. در هر قطعه‌نمونه شیب، جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا ثبت شد. همچنین در هر قطعه‌نمونه یک نمونه ترکیبی خاک از دو عمق ۳۰-۰ و ۸۰-۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. ویژگی‌های خاک شامل نیتروژن، کربن، پتاسیم، فسفر، ماده‌آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها روش تحلیل عاملی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد بین متغیر-های مورد بررسی، ابتدا متغیرهای نیتروژن، کربن و ماده آلی دو عمق از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر میزان رقابت می‌باشند. بعد از آن شیب، ارتفاع از سطح دریا و پتاسیم عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر دارای اهمیت هستند. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت از مجموعه عوامل توپوگرافی و خاکی تأثیرگذار بر میزان رقابت بین گونه‌های ارژن در ذخیره‌گاه جنگلی تنگ‌خشک، عوامل خاکی از اهمیت بالاتری برخوردارند.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات خاک، فیزیوگرافی، شاخص رقابت Schütz، تحلیل عاملی، ارژن

مقدمه

امروزه یکی از اهداف مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست حفاظت بخش‌هایی از اکوسیستم به‌صورت طبیعی می‌باشد (مجنونیان، ۱۳۷۷). این حفاظت به‌دلیل داشتن الگویی از وضعیت اولیه طبیعت در سیستم‌های مختلف طبیعی می‌باشد (شامخی، ۱۳۸۸). بنابراین توجه به ذخیره‌گاه‌های جنگلی به‌عنوان مناطق حفاظت‌شده بسیار مهم شمرده می‌شوند. باتوجه به‌اینکه جنگلداری پایدار به‌دنبال حفاظت و مدیریت اصولی جنگل‌هاست، و اجرای برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی در شرایط مختلف اکولوژیکی و فیزیوگرافی عرصه متفاوت می‌باشند، بنابراین جمع‌آوری اطلاعات لازم برای حفاظت و مدیریت اصولی منابع جنگلی ضروری می‌باشد.

یکی از بحث‌های مهم بوم‌شناسی، تجزیه و تحلیل روابط پوشش گیاهی و عوامل محیطی می‌باشد (Antoine & Nikulas, 2000). در طی سالیان طولانی بوم‌شناسان به‌دنبال شناسایی عواملی بوده‌اند که تغییرات و روابط بین گیاهان را کنترل می‌نمایند (Glenn *et al.*,

2002). رفتار گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک اغلب تحت تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قرار دارد (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). عوامل فیزیکی شامل بارندگی (He *et al*., 2007)، رطوبت و بافت خاک (El-Demerdash *et al*., 1994)، عمق آب زیرزمینی (He *et al*., 2007) و عوامل توپوگرافی می‌باشد. از ویژگی‌های شیمیایی خاک می‌توان به میزان شوری، اسیدیته، ماده آلی، فسفر، نیتروژن و غیره اشاره کرد.

در کنار این عوامل، رفتارهای درختان و درختچه‌ها متأثر از رقابت بر سر منابع نیز می‌باشد (Coomes & Allen, 2007). هنگامی که دسترسی به برخی منابع کمیاب می‌شود، رقابت در میان درختان و درختچه‌ها به وجود می‌آید (Kimmins, 2004)، که ناشی از اثرات منفی درختان اطراف روی یک درخت هدف در نتیجه‌ی مصرف آب و مواد غذایی، منابع محدود مثل نور و غیره (Keddy, 1989) و همچنین فضای فیزیکی برای رشد می‌باشد (Walstad & Kuch, 1987). رقابت همچنین می‌تواند باعث کاهش رشد و زنده‌مانی گیاهان شود (Towill & Archibald, 1991). مطالعات بسیاری شاخص‌هایی را جهت کمّی‌کردن رقابت بین درختان و درختچه‌ها توسعه داده‌اند (Bella, 1971; Moore *et al*., 1973; Tomé & Burkhart, 1989; Holmes & Reed, 1991; Biging & Dobbertin, 1992; De Luis *et al*., 1998) و چگونگی اثرات رقابت بین درختان را بر میزان رشد آنها ارزیابی کرده‌اند. شاخص‌های رقابت از این نظر مورد توجه هستند که می‌توانند به تشخیص روابط رقابتی بین درختان کمک نمایند (Weiner, 1990) و از آن می توان برای پیش‌بینی رشد درختان براساس موقعیت قرار-گیری‌شان در توده نیز استفاده نمود (Biging & Dobbertin, 1995). شاخص‌های رقابت را می‌توان به دو دسته طبقه‌بندی نمود: ۱) شاخص‌های رقابت مستقل از فاصله، که در آن فاصله درخت هدف تا درختان همسایه مطرح نمی‌باشد و توابعی ساده از ابعاد درخت هدف می-باشند (Daniels *et al*., 1986, Biging & Dobbertin, 1995). ۲) شاخص‌های رقابت وابسته به فاصله، که برخلاف شاخص‌های دسته قبل برای محاسبه مقدار عددی رقابت، فاصله درخت هدف تا درختان همسایه و ابعاد درختان در نظر گرفته می‌شود (Contreras *et al*., 2011 ؛ Daniels *et al*., 1986 ; Tome and Burkhart, 1989, Biging & Dobbertin, 1992).

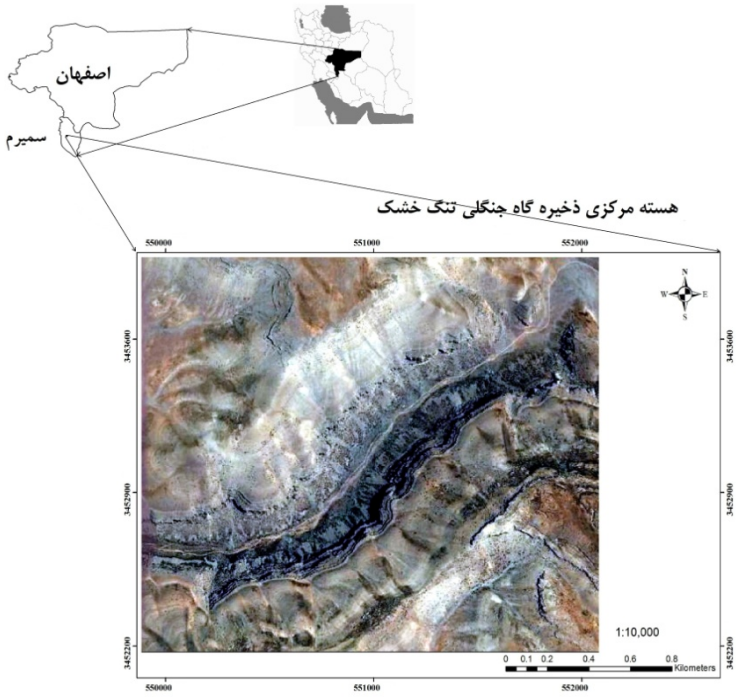
در زمینه بررسی رقابت بین درختان و درختچه‌ها و همچنین ارتباط سطح رقابت با دیگر فاکتورها می‌توان به برخی مطالعات اشاره کرد. Martin *et al*., (1948) عنوان کردند که شاخص‌های رقابت مستقل از فاصله، به طور قابل ملاحظه می‌توانند جایگزین یک مدل رشد برای *Pinus resinosa* جهت کاشت در Wisconsin شمالی شوند. Daniels *et al*., (1986) با مقایسه شاخص‌های رقابت متعدد بیان کردند که شاخص‌های وابسته به فاصله نسبت به شاخص‌های مستقل از فاصله به طور مؤثرتری مدل‌های رشد سطح مقطع را برای *Pinus taeda* به‌منظور کاشت در Louisiana شمالی بهبود می‌بخشند. Zhang and Shi (2003) طی بررسی‌هایشان به این نتیجه رسیدند که شاخص محلی پیوستگی مکانی با برخی شاخص‌های رقابت همانند شاخص Lorimer دارای همبستگی خطی شدید ، و با رشد سطح مقطع درخت دارای همبستگی متوسط می‌باشد. آنها پیشنهاد کردند که شاخص محلی پیوستگی مکانی می‌تواند جهت بررسی وضعیت رقابتی درختان جایگزین شاخص‌های رقابت شود. Mäkipää and Peltoniemi (2011) به اندازه-گیری سطح رقابت جهت پیش‌بینی مرگ و میر *Picea abies* در جنگل‌های مدیریت نشده نروژ پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که یک شاخص رقابت ساده به راحتی می‌تواند بسیاری از مدل‌های رشد را جهت بهبود مدل‌سازی مرگ و میر و ارزش حفاظتی توده‌های *Picea abies* نروژ پوشش دهد. Wen-jun *et al*., (2011) بعد از انجام مطالعه‌ای در جنگل‌های ماگنولیا (Mangnolia) Luan River واقع در ایالت Hebi، و براساس تراکم‌های متفاوت کاشت *Larix principis*، از شاخص رقابت Hegyi جهت کمی کردن میزان رقابت استفاده کردند. آنها اشاره کردند وقتی میزان عددی شاخص رقابت ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ می-باشد، زمینه‌های لازم جهت مدیریت صحیح جنگلکاری-های *Larix principis* فراهم می‌باشد.

بررسی منابع نشان می‌دهد که تاکنون ارتباط میزان رقابت بین گونه‌های درختی و درختچه‌ای با عوامل توپوگرافی و خاکی مورد مطالعه قرار نگرفته و تحقیق

حاضر برای اولین‌بار انجام شده است. با توجه به اینکه در بحث حفاظت و مدیریت پوشش گیاهی، یکی از موارد ضروری، شناخت عوامل تأثیرگذار بر روابط بین گونه-های گیاهی می‌باشد، بنابراین این تحقیق برای کمّی‌کردن میزان رقابت بین درختچه‌های ارژن و ارتباط آن با عوامل توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) و خاکی در ذخیره‌گاه جنگلی تنگ خشک سمیرم انجام شده تا زمینه را برای مدیریت و حفاظت سهل‌تر این ذخیره‌گاه فراهم آورد.

مواد و روش‌ها

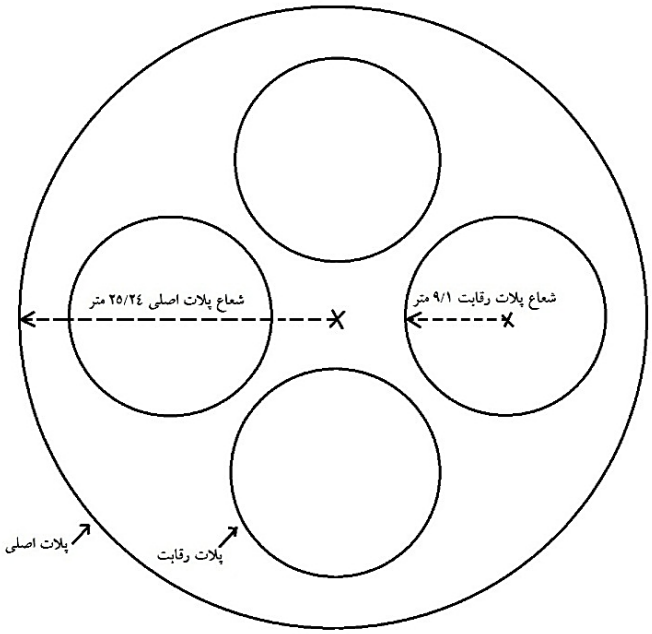
منطقه موردمطالعه: ذخیره‌گاه جنگلی تنگ‌خشک به مساحت ۳۹۶۸/۲۵ هکتار (۵۰۴ هکتار مربوط به هسته مرکزی و ۳۴۶۴/۲۵ هکتار مربوط به محدوده‌ی ضربه‌گیر) در طول جغرافیایی ″۲۰′۲۸°۵۱ تا ″۰۲′۳۴°۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ″۵۴′۰۹°۳۱ تا ″۴۵′۱۴°۳۱ شمالی و در فاصله ۲۰ کیلومتری شهرستان سمیرم واقع شده است (شکل ۱). متوسط ارتفاع از سطح دریا ۲۳۰۰ متر می‌باشد. مشخصات اقلیمی منطقه از آمار ۱۰ ساله ایستگاه کلیماتولوژی سمیرم استخراج شده است. متوسط بارندگی سالیانه در ذخیره‌گاه جنگلی تنگ‌خشک ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. متوسط دمای سالیانه، حداقل دمای مطلق و حداکثر دمای مطلق به‌ترتیب ۱۰/۶، ۱۹/۵- و ۳۸/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. طبق روش دومارتن منطقه موردمطالعه جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ذخیره‌گاه جنگلی تنگ خشک

روش تحقیق: به‌منظور انجام تحقیق و دستیابی به اهداف مورد نظر، در محیط نرم‌افزار Arc GIS Ver.10.1 تعداد ۳۰ نقطه به‌طور تصادفی و با شرط فاصله ۵۰ متر از یکدیگر (به علت عدم همپوشانی پلات‌ها) بر روی نقشه منطقه مورد مطالعه (هسته مرکزی ذخیره‌گاه) قرار داده شدند. این نقاط بر روی زمین مشخص شدند. هر نقطه در عرصه مرکز یک قطعه‌نمونه دایره‌ای شکل ۲۰ آری محسوب شد؛ در نقاطی که پیاده‌کردن قطعه‌نمونه به دلیل صخره‌ای بودن امکان‌پذیر نبود، آن قطعه نمونه به‌طور تصادفی به سمت چپ یا راست جابه‌جا شد (Park, 2001). در هر قطعه‌نمونه ابتدا خصوصیات رویشگاهی شامل شیب دامنه، جهت شیب و ارتفاع از

سطح دریا با استفاده از شیب‌سنج و GPS ثبت شد؛ سپس به فاصله ۱۲/۶۲ متر از مرکز پلات اصلی و در چهار جهت اصلی جغرافیایی، چهار نقطه روی زمین مشخص شد. هر کدام از این نقاط، مرکز میکروپلات رقابت قرار گرفتند. در مجموع، محدوده مورد مطالعه ۱۰۷ میکروپلات رقابت را شامل شد. شعاع میکروپلات رقابت ۳/۵ برابر میانگین قطر تاج پوشش درختچه‌های ارژن در نظر گرفته شد (Contreras *et al.*, 2011 ؛ Lorimer, 1983) (شکل ۲). نزدیکترین درختچه ارژن به مرکز میکروپلات رقابت به‌عنوان درخت هدف و دیگر درختچه‌های ارژن به‌عنوان رقیب محسوب شدند. درون هر میکروپلات رقابت، قطر تاج پوشش و ارتفاع تمام درختچه‌های ارژن اندازه‌گیری شد، همچنین فاصله بین درختچه هدف و هر کدام از درختچه‌های رقیب نیز اندازه‌گیری و فاصله افقی محاسبه شد. برای کمّی‌کردن میزان رقابت بین درختچه‌ها از شاخص رقابت Schütz (رابطه ۱) استفاده شد (Schütz, 1989). شاخص‌های دیگری نیز توسط محققان مختلف ارائه شده است ولی در ورود اطلاعات نیاز به داده قطر برابر سینه دارند که ارژن فاقد قطر برابر سینه مشخص می‌باشد.



شکل ۲- موقعیت قرارگیری پلات‌های رقابت درون پلات ۲۰ آری

رابطه ۱-
$$CI_{Sch\ddot{}utz} = \sum_{i=1}^{n} 0.5 \left[\frac{dist\ ij - (Cr\,j + Cr\,i)}{(Cr\,j + Cr\,i)} + 0.65 \cdot \frac{h\,i - h\,j}{dist\ ij} \right]$$

در این رابطه n تعداد درختان همسایه، h ارتفاع درختان به متر، $dist_{ij}$ فاصله افقی بین درخت هدف و درخت رقیب به متر و Cr متوسط شعاع تاج درختان به متر می‌باشد.

برای اندازه‌گیری فاکتورهای مربوط به خاک، در زیر تاج پوشش درخت هدف در هر میکروپلات رقابت و با توجه به عمق مؤثر ریشه‌دوانی ارژن، از دو عمق ۳۰-۰ و ۸۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه خاک برداشت شد، نمونه‌ها با هم ترکیب و برای هر عمق یک نمونه ترکیبی در نظر گرفته شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و هواخشک‌شدن، نمونه‌ها توسط چکش لاستیکی کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در نمونه‌ها به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید (Page *et al.*, 1982). بافت خاک به روش هیدرومتری، مقدار pH محلول خاک در سوسپانسیون ۲:۱ آب به خاک با

استفاده از دستگاه pH متر با الکترود شیشه‌ای اندازه‌گیری شد (Janzen, 1993). مقدار EC در عصاره این سوسپانسیون با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. کربن آلی خاک و ماده آلی به روش Walkley-Black (Walkley & Black, 1934)؛ نیتروژن با روش Kjeldahl (Mulvaney & Kurtz, 1982)؛ فسفر قابل جذب با استفاده از روش رنگ‌سنجی (Olsen *et al*., 1954) و پتاسیم قابل جذب با روش استات آمونیوم (Hanway & Heidel, 1952) اندازه‌گیری شد.

برای تجزیه و تحلیل عوامل توپوگرافی و خاکی در ارتباط با تغییر میزان رقابت در بین گونه‌های ارژن، از روش تحلیل عاملی توسط نرم‌افزار SPSS Ver.17 استفاده شد. این روش برای اولین‌بار توسط Pearson (۱۹۰۱) مطرح شد و برای تعیین تأثیرگذارترین متغیرها در زمانیکه تعداد متغیرهای مورد بررسی زیاد و روابط بین آنها ناشناخته باشد استفاده می‌شود. تجزیه عاملی در واقع گسترش تجزیه مؤلفه‌های اصلی است. در هر دو روش تلاش بر آن است که ماتریس کوواریانس تقریب زده شود، اما این تقریب در مدل تحلیل عاملی از دقت و ظرافت بیشتری برخوردار است. برای استفاده از روش تحلیل عاملی، متغیرها باید سنجش و همبستگی درونی آنها نیز بررسی شود. این مهم توسط ضریب KMO[1] و آزمون Bartlett انجام شد. مقدار بیش از ۰/۵ برای ضریب KMO استفاده از تحلیل عاملی را با احتیاط توجیه می‌کند (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). معنی‌دار بودن نتایج آزمون کرویت بارتلت نیز به مفهوم تأیید فرض مخالف می‌باشد، یعنی بین متغیرها همبستگی معنی‌دار وجود دارد و می‌توان از روش تحلیل عاملی استفاده کرد. برای استخراج عامل‌ها از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. برای تعیین تعداد مؤلفه‌های مهم از روش مقدار ویژه استفاده گردید. برای بهبود روابط بین متغیرها و عامل‌های اولیه، عمل دوران توسط روش Varimax انجام شد. این روش استقلال میان عامل‌های استخراجی را حفظ می‌کند.

نتایج

نتایج مربوط به درصد شیب هر قطعه نمونه اصلی و تعداد گونه ارژن در هر یک از میکروپلات‌های رقابت در چهار جهت اصلی قطعه نمونه اصلی در جدول ۱ ارائه شده است.

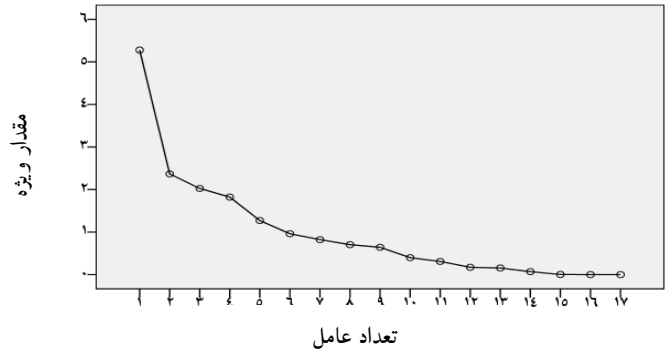
برای تعیین عوامل مؤثر بر میزان رقابت بین درختچه‌های ارژن، روش تحلیل عاملی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج سنجش متغیرها توسط ضریب KMO و آزمون بارتلت، مناسب‌بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی را تأیید می‌کند (Bartlett's Test, sig = 0 ،KMO = 0.513). نمودار اسکری‌گراف (شکل ۳) مقدار ویژه برای هر عامل را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که از عامل پنجم به بعد تغییرات مقدار ویژه کم می‌شود، پس می‌توان پنج عامل را به‌عنوان عوامل معنی‌دار استخراج کرد.

عامل‌هایی که مقدار ویژه آنها بیشتر از یک بود در نظر گرفته شدند، زیرا عامل با مقدار ویژه کمتر از یک نمی‌تواند واریانس را تبیین کند. درصد واریانس و مقدار ویژه عامل‌های معنی‌دار (عامل‌های با مقدار ویژه بیشتر از یک) در جدول ۲ آمده است. واریانس توجیه‌شده توسط هر عامل نشان‌دهنده اهمیت آن عامل در تبیین واریانس کل متغیرهای مورد بررسی است. جدول ۳ سهم متغیرها را در هر عامل، بعد از عمل دوران نشان می‌دهد. هر متغیر در عاملی قرار می‌گیرد که با آن عامل همبستگی بالای معنی‌دار داشته باشد. بیشترین مقدار مطلق مربوط به هر متغیر در عامل‌های مختلف و به شرط معنی‌داری نیز مشخص شده است. رتبه‌بندی مقدار شاخص رقابت پلات‌ها و نوع بافت خاک پلات‌ها با توجه به نمره عاملی عامل‌های اول و دوم، به‌ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ آمده است.

1- Kaiser Meyer Olkin

جدول ۱- درصد شیب قطعه نمونه‌های اصلی و تعداد گونه ارژن در هر یک از میکروپلات‌های رقابت

قطعه نمونه اصلی شماره	میکروپلات رقابت	تعداد گونه ارژن	شیب (درصد)	قطعه نمونه اصلی شماره	میکروپلات رقابت	تعداد گونه ارژن	شیب (درصد)	قطعه نمونه اصلی شماره	میکروپلات رقابت	تعداد گونه ارژن	شیب (درصد)
۱	N	۵	۱۰	۱۱	N	۳	۶۰	۲۱	N	۴	۷۰
	E	۴			E				E	۴	
	S	۴			S				S	۶	
	W	۵			W	۵			W	۳	
۲	N	۳	۱۰	۱۲	N	۳	۵۰	۲۲	N	۵	۹۰
	E	۴			E	۳			E	۴	
	S	۳			S	۳			S	۴	
	W	۴			W	۶			W	۵	
۳	N	۵	۸۰	۱۳	N	۵	۲۰	۲۳	N	۴	۵۰
	E				E	۴			E	۶	
	S	۴			S	۴			S	۳	
	W	۵			W	۲			W	۵	
۴	N	۴	۷۰	۱۴	N	۵	۲۰	۲۴	N	۴	۵۰
	E	۲			E	۴			E	۳	
	S	۴			S	۲			S	۴	
	W	۳			W	۳			W	۵	
۵	N	۳	۸۰	۱۵	N	۶	۳۰	۲۵	N	۵	۸۰
	E				E	۳			E		
	S				S	۴			S		
	W				W	۴			W	۴	
۶	N		۹۰	۱۶	N	۵	۲۵	۲۶	N		۷۰
	E	۴			E	۴			E	۴	
	S	۴			S	۴			S	۵	
	W	۵			W				W	۵	
۷	N	۳	۸۰	۱۷	N	۲	۳۰	۲۷	N	۴	۷۵
	E	۳			E	۴			E	۴	
	S	۳			S	۴			S	۴	
	W	۳			W	۲			W	۵	
۸	N		۷۰	۱۸	N	۴	۵۵	۲۸	N	۵	۸۰
	E	۳			E	۶			E	۴	
	S	۴			S	۴			S	۴	
	W	۳			W	۴			W		
۹	N	۴	۷۰	۱۹	N	۵	۶۰	۲۹	N	۵	۲۵
	E	۴			E	۳			E	۴	
	S	۲			S	۴			S	۴	
	W	۲			W	۵			W	۴	
۱۰	N	۳	۷۰	۲۰	N	۵	۶۵	۳۰	N	۵	۲۰
	E	۴			E	۴			E	۳	
	S	۴			S	۴			S	۴	
	W	۵			W	۴			W	۳	



شکل ۳- نمودار اسکری گراف برای تعیین تعداد عامل‌ها

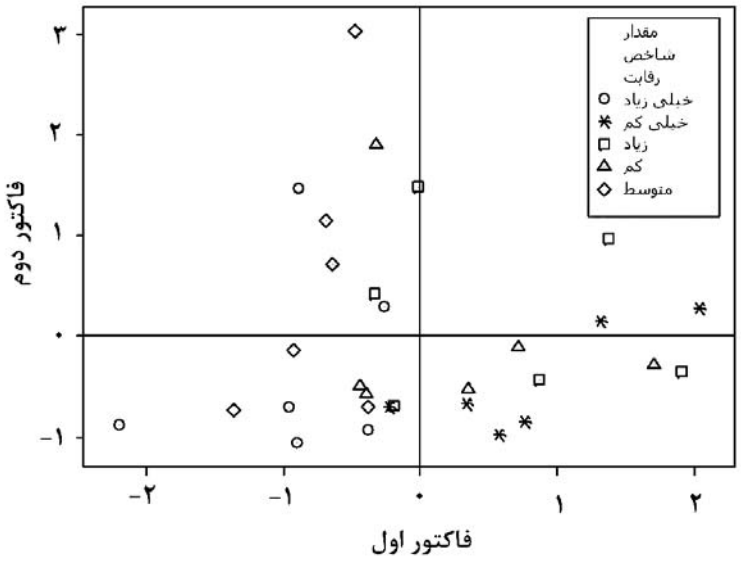
جدول ۲- درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف

عامل	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۳/۵۲	۲۰/۷۰۸	۲۰/۷۰۸
۲	۳/۰۶۳	۱۸/۰۱۸	۳۸/۷۲۶
۳	۲/۲۹۶	۱۳/۵۰۸	۵۲/۲۳۳
۴	۲/۰۵۳	۱۲/۰۷۴	۶۴/۳۰۷
۵	۱/۸۳۲	۱۰/۷۷۵	۷۵/۰۸۱

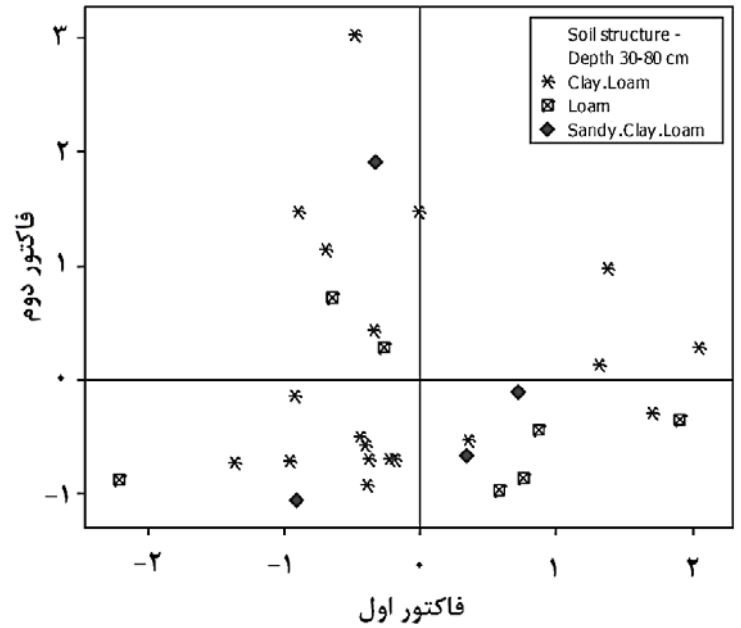
جدول ۳- ماتریس عاملی دوران یافته

متغیر	عامل‌ها				
	۱	۲	۳	۴	۵
شیب	۰/۰۶۱	-۰/۰۵۶	۰/۸۷۹	-۰/۰۹۷	۰/۱۰۱
جهت دامنه	- ۰/۰۰۸	- ۰/۰۲۰	- ۰/۰۰۳	۰/۳۸۹	۰/۶۶۵
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۴۰	- ۰/۰۱۳	۰/۷۹۱	۰/۱۳۵	- ۰/۲۱۸
نیتروژن ۱	۰/۱۲۲	۰/۹۲۹	- ۰/۰۷۵	- ۰/۰۳۶	۰/۱۰۸
نیتروژن ۲	۰/۹۳۱	۰/۲۰۴	۰/۰۵۹	۰/۰۹۱	۰/۱۴۸
کربن ۱	۰/۲۱۲	۰/۹۴۳	۰/۰۱۳	۰/۱۴۴	- ۰/۰۰۷
کربن ۲	۰/۹۳۴	۰/۱۵۷	۰/۱۰۱	۰/۱۷۴	۰/۰۷۷
پتاسیم ۱	- ۰/۰۷۹	- ۰/۰۷۶	- ۰/۶۴۲	- ۰/۱۰۵	- ۰/۳۵۹
پتاسیم ۲	- ۰/۱۳۷	- ۰/۲۰۲	- ۰/۲۸۹	- ۰/۰۱۵	- ۰/۷۵۸
فسفر ۱	۰/۴۱۶	۰/۳۶۶	۰/۱۶۲	- ۰/۱۹۸	۰/۳۱۵
فسفر ۲	۰/۲۰۱	- ۰/۰۷۹	- ۰/۱۹۴	- ۰/۳۵۵	۰/۶۸۵
ماده آلی ۱	۰/۲۰۴	۰/۹۴۴	۰/۰۰۵	۰/۱۴۵	۰/۰۰۲
ماده آلی ۲	۰/۹۳۳	۰/۱۶۰	۰/۱۰۵	۰/۱۷۴	۰/۰۷۴
هدایت الکتریکی ۱	۰/۴۸۱	۰/۲۴۷	- ۰/۳۹۹	۰/۲۹۱	- ۰/۰۳۷
هدایت الکتریکی ۲	۰/۱۹۷	- ۰/۰۱۲	- ۰/۰۴۴	۰/۷۹۱	- ۰/۰۳۲
اسیدیته ۱	- ۰/۱۰۷	- ۰/۲۷۶	- ۰/۳۵۶	- ۰/۷۱۹	- ۰/۰۴۸
اسیدیته ۲	- ۰/۵۳۱	- ۰/۰۳۵	۰/۱۴۰	- ۰/۵۹۹	- ۰/۱۰۲

کد یک بیانگر عمق اول (۳۰-۰ سانتی‌متر) و کد ۲ نشان‌دهنده عمق دوم (۸۰-۳۰ سانتی‌متر) است.



شکل ۴- رتبه‌بندی مقدار شاخص رقابت پلات‌ها با توجه به نمره عاملی عامل‌های اول و دوم



شکل ۵- نوع بافت خاک پلات‌ها با توجه به نمره عاملی عامل‌های اول و دوم

بحث

بکارگیری روش تحلیل عاملی در این مطالعه نشان داد، پنج عامل پنهانی که مقدار ویژه آنها بیشتر از یک بودند توانستند ۷۵ درصد از کل واریانس بین متغیرها را توجیه نمایند. در عامل اول نیتروژن عمق دوم، کربن عمق دوم، و ماده آلی عمق دوم، ۲۰/۷ درصد از واریانس کل را توجیه کردند. در عامل دوم نیتروژن عمق اول، کربن عمق اول و ماده آلی عمق اول ۱۸ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند. در عامل سوم شیب، ارتفاع از سطح دریا و پتاسیم عمق اول با ۱۳/۵ درصد تغییرات قرار گرفتند و در عامل چهارم هدایت‌الکتریکی عمق دوم و اسیدیته دو عمق قرار گرفتند که ۱۲ درصد تغییرات را به خود اختصاص دادند. عامل پنجم شامل جهت دامنه، پتاسیم عمق دوم و فسفر عمق دوم با ۱۰/۸ درصد تغییرات است.

نتایج رتبه‌بندی میزان رقابت پلات‌ها از لحاظ عامل‌های اول و دوم در شکل ۴ نشان می‌دهد که در محور اول از راست به چپ، به مقدار شاخص رقابت اضافه می‌شود، همچنین با توجه به این شکل و جدول ۳، در محور اول از راست به چپ نیتروژن، کربن و ماده آلی عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متری کاهش پیدا می‌کنند و رابطه عکس را با مقدار شاخص رقابت نشان می‌دهند. زیرا در مناطق خشک و نیمه‌خشک، رطوبت خاک از مهمترین عوامل در استقرار و رشد گونه‌های چوبی محسوب می‌شود (Mahoney & Rood, 1998؛ Shafroth *et al*., 2000، Taylor *et al*., 1999) و از طرفی عمق ریشه‌دوانی (زارع چاهوکی و همکاران، ۱۳۸۷)، سازوکارهای غلظت و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، مانند جریان توده‌ای، انتشار و یا غلظت و انتقال به وسیله پدیده اسمز، همگی تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه است و در صورت کاهش رطوبت، شدت و مقدار عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌گردد (Taiz & Zeiger, 1998)، بنابراین به علت وجود رطوبت بیشتر در عمق پایین خاک و تسهیل در استفاده از منابع‌غذایی، درصد زیادی از ریشه‌های مؤثر ارژن در عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متری قرار دارند که باعث بهره‌وری بیشتر ارژن از حضور عنصر غذایی نیتروژن و همچنین مزایای مفید کربن و مواد آلی این عمق می‌شود. این بهره‌وری بیشتر، باعث تخلیه خاک از عناصر غذایی در عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متر شده و به دنبال آن افزایش حجم ریشه‌دوانی را شامل می‌شود، که منجر به افزایش ابعاد درختچه ارژن شده و میزان شاخص رقابت نیز افزایش پیدا می‌کند. جوادی و همکاران (۱۳۸۴) نیز در تحقیق خود در حوزه آبخیز سد لار مقدار بیشتر نیتروژن، کربن و ماده آلی عمق اول را نسبت به عمق دوم خاک گزارش کردند. کهندل و همکاران (۱۳۸۸) نیز در پژوهش خود در جنوب‌غربی شهر تهران و جنوب‌شرقی شهر هشتگرد بیان کردند که ماده آلی، نیتروژن و فسفر خاک در بین دو عمق اختلاف معنی‌داری دارند و میزان آنها در عمق اول بیشتر است. همچنین با توجه به شکل ۴ و ۵ در ناحیه منفی از محور اول و ناحیه منفی و مثبت از محور دوم که مقدار شاخص رقابت از دیگر نواحی بیشتر می‌باشد، بافت خاک Clay loam می‌باشد. این نوع خاک‌ها، از مقدار متعادل هر سه جز رس، شن و سیلت، مقدار بیشتری رس دارند، و از آنجا که ظرفیت تبادل کاتیونی در این خاک‌ها بیشتر است، شاخص رقابت که در واقع ارزیابی‌ای از منابع محدود برای رشد را به انجام می‌رساند (Shi & Zhang, 2003)، در این ناحیه دارای مقدار حداکثر می‌باشد.

با توجه به شکل ۴ و جدول ۳، در محور دوم از بالا به پایین مقدار شاخص رقابت کاهش پیدا می‌کند، در همین محور از بالا به پایین نیتروژن، کربن و ماده آلی عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری افزایش پیدا می‌کند. زیرا ریزش برگ، میوه و بقایای گیاهی روی سطح خاک باعث افزایش مواد آلی می‌شود که خود سبب افزایش کربن آلی و میزان نیتروژن خاک نیز می‌شود (Melero *et al*., 2007 ؛ Marschner *et al*., 2003). غلظت نیتروژن همبستگی بالایی با غلظت کربن آلی خاک دارد و معمولا غلظت هر دو از الگوی مشابهی تبعیت می‌نماید (Breuer *et al*., 2006) که به شدت غلظت ماده آلی ورودی خاک بستگی دارد. با افزایش نیتروژن، آب باران باعث افزایش کمی در میزان کربن و ماده آلی در سطح و عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک می‌شود، ولی در این عمق ریشه‌های مؤثر ارژن وجود ندارند که از عناصر غذایی موجود بهره کافی را ببرند. از این جهت رقابت شدید باعث کاهش رشد پایه‌های ارژن می‌شود (Towill & Archibald, 1991) و در نتیجه میزان شاخص رقابت نیز کاهش پیدا کرده‌است.

عامل سوم که در این تجزیه ۱۳/۵ درصد تغییرات را باعث شد، متغیرهای شیب، ارتفاع از سطح دریا و پتاسیم عمق اول می‌باشد. به‌طورکلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، پوشش گیاهی و چگونگی روابط بین آنها با عواملی که به نوعی در کنترل آب قابل‌دسترس نقش دارند، همبستگی زیاد وجود دارد. درحالی‌که با توجه به نتایج پژوهش زارع چاهوکی و همکاران (۱۳۸۸) در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب که رطوبت عامل محدودکننده نیست، عوامل پستی و بلندی و اقلیمی در رشد و ایجاد روابط بین گیاهان نقش دارند. بنابراین در این تحقیق متغیرهای شیب و ارتفاع از سطح دریا بعد از برخی متغیرهای خاکی دارای اهمیت می‌باشند. در این تحقیق با افزایش شیب و ارتفاع از سطح دریا مقدار شاخص رقابت کاهش می‌یابد، همچنین در عامل سوم، متغیر شیب نسبت به ارتفاع از سطح دریا در اعمال تغییرات مؤثرتر می‌باشد. در اراضی پرشیب عمق خاک کم است و در طولانی مدت، پدیده خاکسازی کمتر اتفاق می‌افتد و شرایط مطلوب برای رشد مناسب وجود

ندارد، بنابراین هنگامی که دسترسی به برخی منابع محدود می‌شود، رقابت در میان پایه‌ها به‌وجود می‌آید (Kimmins, 2004) و ناشی از اثرات منفی پایه‌های درختچه‌ای همسایه روی یک پایه هدف در نتیجه‌ی مصرف آب و مواد غذایی و غیره می‌باشد (Keddy, 1989)، که باعث کاهش مقدار شاخص رقابت در شیب‌های تند شده است. از طرفی در شیب‌های تند، حتی برای گونه‌های بذر سنگین، انتشار بذر محدود به تاج گونه مادری نیست (حسینی، ۱۳۹۰) و نهال‌ها در فاصله زیادی از درختان مادری مستقر می‌شوند، که فاصله زیاد بین پایه‌ها، باعث کاهش مقدار شاخص رقابت شده‌است. حسینی (۱۳۹۰) نیز در رابطه با انتشار بذر و استقرار طبیعی زادآوری جنسی گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه و کیکم در جنگل‌های زاگرس بیان کرد که فاصله انتشار بذر از درخت مادری با افزایش درصد شیب همبستگی مثبت دارد. کاهش مقدار شاخص رقابت با افزایش ارتفاع از سطح دریا نیز به این دلیل می‌باشد که با افزایش ارتفاع، مجموع عوامل اکولوژیک مانند شرایط اقلیمی، خاکی، وضعیت ژئومرفولوژی و غیره که در رشد و نمو گیاهان تأثیر بسزایی دارند، حالت نامساعد پیدا می‌کنند و باعث عدم وجود شرایط مناسب برای رشد مطلوب
می‌شوند. بنابراین این رشد نامطلوب که کاهش ارتفاع درختچه‌های ارژن و کوچک شدن تاج پوشش را شامل می‌شود، باعث کاهش مقدار عددی شاخص رقابت در ارتفاعات بالا شده است. بعد از متغیرهای شیب و ارتفاع از سطح دریا، پتاسیم عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری رابطه معنی‌داری با عامل سوم دارد و مقدار آن از پتاسیم عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متری بیشتر است. در خاک‌های شنی، به دلیل پایین بودن میزان نسبی کلوییدهای فعال در جذب کاتیون‌ها، مقدار زیادی از پتاسیم توسط آب به اعماق شسته می‌شود (ملکوتی و شهابی، ۱۳۸۴) ولی با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه بیشتر پلات‌ها دارای خاک با بافت Clay loam می‌باشند، انتقال پتاسیم به عمق پایین کمتر می‌باشد، ولی همین مقدار کم پتاسیم نیز به خوبی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، زیرا با توجه به بافت خاک موجود، از میان فرایند‌های مختلف برای قابلیت دسترسی پتاسیم برای گیاهان، تثبیت پتاسیم در بین لایه‌های رسی از بیشترین اهمیت برخوردار است (Mengel & Kirkby, 1980). از این رو عنصر پتاسیم با نقش‌های مهمی که در فیزیولوژی گیاهان ازجمله نقش مؤثر در فتوسنتز، تنظیم اسمزی، تنظیم روزنه‌ای و نظام آبی گیاه دارد، باعث افزایش رشد گیاه می‌شود و به عبارتی افزایش ابعاد باعث افزایش مقدار شاخص رقابت شده است.

در عامل چهارم، هدایت‌الکتریکی عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متری و اسیدیته دو عمق، متغیرهایی هستند که بیشترین تغییرات را توجیه می‌نمایند. در این تحقیق کاهش هدایت‌الکتریکی باعث افزایش مقدار شاخص رقابت می‌شود. زیرا با کاهش هدایت‌الکتریکی خاک که شاخصی از شوری خاک می‌باشد، گیاهان کمتر تحت تنش شوری قرار می‌گیرند. در مطالعه حاضر دو عمق مختلف خاک از نظر اسیدیته با هم تفاوت چندانی نداشتند و اسیدیته هر دو عمق با عامل چهارم رابطه معنی‌داری داشته و دامنه آن بین ۸/۴-۷/۸ بود. با توجه به اینکه ذخیره‌گاه جنگلی تنگ‌خشک از رویشگاه‌های طبیعی گونه ارژن می‌باشد، بنابراین این میزان اسیدیته خاک برای رشد مطلوب پایه‌های ارژن و دیگر گیاهان موجود در ذخیره‌گاه مناسب می‌باشد. عامل پنجم، جهت دامنه، پتاسیم و فسفر عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متری را شامل می‌شود. همبستگی بین عدد آزیموت جهت‌دامنه و شاخص رقابت، یک همبستگی مثبت می‌باشد و با توجه به اینکه در این مطالعه بیشتر پلات‌ها در جهت‌های دامنه‌ی شرقی و غربی قرار داشتند، می‌توان گفت با تغییر دامنه از شرقی به غربی، میزان شاخص رقابت نیز افزایش پیدا می‌کند. زیرا گونه ارژن جزء گونه‌های حرارت‌پسند می‌باشد و به مقدار زیادی حرارت نیاز دارد (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲) و در جهت‌های غربی نور بیشتری جذب می‌کند، در نتیجه گونه‌های ارژن از ابعاد بزرگتری برخوردارند که باعث افزایش شاخص رقابت شده‌است. علوی و همکاران (۱۳۸۶) نیز عنوان کردند که گونه ملج جزء گونه‌های گرماپسند می‌باشد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا، جهت برآورد کردن نیاز حرارتی خود، از جهت‌های شمالی به غربی و جنوبی تغییر جهت داده و به پراکنش و رشد خوبی در این جهت‌ها می‌رسد. پتاسیم عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نیز از متغیرهای مهم در تبیین واریانس می‌باشد. فسفر عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متر نیز در عامل پنجم معنی‌دار می‌باشد. از سازوکارهای گوناگونی که موجب افزایش جذب فسفر توسط گیاهان می‌گردد می‌توان

به جستجوی حجم بیشتری از خاک و افزایش انحلال فسفر در خاک اشاره کرد (آقابابایی و همکاران، ۱۳۹۰)، با توجه به اینکه در عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متری، رطوبت خاک و حجم ریشه‌های مؤثر ارژن بیشتر می‌باشد، بنابراین جستجوی قابل توجهی از خاک و افزایش انحلال فسفر اتفاق می‌افتد.

به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت از مجموع عوامل توپوگرافی و خاکی تأثیرگذار بر میزان رقابت بین گونه‌های ارژن در ذخیره‌گاه جنگلی تنگ‌خشک، عوامل ادافیکی از اهمیت بالاتری برخوردارند. از آنجا که در عامل اول نیتروژن، کربن‌آلی و ماده‌آلی عمق ۸۰-۳۰ سانتی‌متری بیشترین سهم را در ایجاد تغییرات کل دارند، بنابراین توصیه می‌شود هنگام جنگل‌کاری با این گونه، در ته گودال کشت نهال، از اصلاح‌کننده‌های آلی استفاده شود. زیرا سبب افزایش کربن‌آلی و نیتروژن، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و تأمین عناصر غذایی می‌شود. همچنین با توجه به اینکه با افزایش شیب و ارتفاع از سطح دریا، مقدار شاخص رقابت کاهش می‌یابد، در واقع به دلیل منابع‌غذایی محدودتر، عمق خاک کمتر و شرایط سخت‌تر و رقابت بر سر منابع‌غذایی افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین توصیه می‌شود در هنگام جنگل‌کاری این گونه در شیب‌ها و ارتفاعات بالا، فاصله مناسب بین پایه‌ها رعایت شود.

منابع مورد استفاده

- آقابابایی، ف.، رئیسی، ف. ح. و نادیان، ا.، ۱۳۹۰. اثر همزیستی میکوریزایی بر جذب عناصر غذایی توسط برخی ژنوتیپ‌های تجاری گیاه بادام در یک خاک لوم شنی. پژوهش های خاک، ۲: ۱۴۷-۱۳۷.
- جزیره‌ای، م. ح. و ابراهیمی رستاقی، م.، ۱۳۸۲. جنگل‌شناسی زاگرس، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۶۰ صفحه.
- جوادی، س. ا.، جعفری، م، آذرنیوند، ح. و علوی، س. ج.، ۱۳۸۴. بررسی اثر شدت چرای دام بر تغییرات ماده آلی و نیتروژن خاک در مراتع لار. منابع طبیعی ایران، (۵۸)۳: ۷۱۸-۷۱۱.
- حسینی، ا.، ۱۳۹۰. انتشار بذر و استقرار طبیعی زادآوری جنسی گونه‌های درختی بلوط ایرانی، بنه و کیکم در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های میان‌تنگ در استان ایلام). فصلنامه علمی تخصصی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۳: ۷۴-۶۵.
- زارع چاهوکی، م. ع.، جعفری، م. و آذرنیوند، ح.، ۱۳۸۷. بررسی رابطه بین تنوع گونه‌ای و عوامل محیطی در مراتع پشتکوه استان یزد. پژوهش و سازندگی، ۷۸: ۱۹۹-۱۹۲.
- زارع چاهوکی، م. ع.، قمی، س، آذرنیوند، ح. و پیری-صحراگرد، ح.، ۱۳۸۸. بررسی رابطه بین تنوع گونه‌ای و عوامل محیطی؛ مطالعه موردی: مراتع آرتون-فشندک طالقان. مرتع ، ۲ :۱۸۰-۱۷۱.
- زارع چاهوکی، م. ع.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش‌های منابع طبیعی با نرم‌افزار SPSS، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۰ صفحه.
- زارع چاهوکی، م. ع.، زارع چاهوکی، ا. و زارع ارنانی، م.، ۱۳۸۹. تاثیر عوامل توپوگرافی و خاک موثر بر پراکنش گونه‌های گیاهی در مراتع اشتهارد. منابع طبیعی ایران، ۳: ۳۴۰-۳۳۱.
- شامخی، ت.، ۱۳۸۸. قوانین و مدیریت منابع طبیعی (جنگل‌ها و مراتع)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۶۳ صفحه.
- علوی، س. ج.، زاهدی‌امیری، ق.ا، مروی مهاجر، م.ر. و نوری، ز.، ۱۳۸۶. بررسی پراکنش مکانی گونه ملج در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود کنار نوشهر. محیط شناسی، ۴۳: ۹۳-۱۰۰.
- کهندل، ا.، ارزانی، ح. و حسینی توسل، م.، ۱۳۸۸. تاثیر شدت-های گوناگون چرای دام بر مواد آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، (۳) ۶: ۶۵-۵۹.
- مجنونیان، ه.، ۱۳۷۷. راهنمای آماده سازی پارک ملی و مناطق حفاظت شده برای توریسم، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۵۸ صفحه.
- ملکوتی، م. ج. و شهابی، ع.ا.، ۱۳۸۴. پتاسیم در کشاورزی ایران، انتشارات سنا، ۳۰۲ صفحه.
- Antoine, G. and Niklaus, E. Z., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modeling, 135: 147–186.

Bella, I. E., 1971. A new competition model for individual trees. Forest Science, 17: 364–372.

- Biging, G. S. and Dobbertin, M., 1992. A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees. Forest Science, 38: 695–720.
- Biging, G. S. and Dobbertin, M., 1995. Evaluation of competition indices in individual tree growth models. Forest Science, 41:360–377.
- Breuer, L., Huisman, J. A. Keller, T. and Frede, H. G., 2006. Impact of a conversion from cropland to grassland on C and N storage and related properties: analysis of a 60 year chronosequence. Geoderma, 133: 6-18.

- Contreras, M. A., Affleck, D. and Chung, W., 2011. Evaluating tree competition indices as predictors of basal area increment in western Montana forests. Forest Ecology and Management, 262: 1939–1949.
- Coomes, D. A. and Allen, R. B., 2007. Effects of size, competition and altitude on tree growth. Journal of Ecology, 95:1084–1097.
- Daniels, R. F., Burkhart, H. E. and Clason, T. R., 1986. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. Canadian Journal of Forest Research, 16: 1230–1237.
- DeLuis, M., Raventos, J., Cortina, J., Moro, M. J. and Bellot, J., 1998. Assessing components of a competition index to predict growth in an even-aged *Pinus nigra* stand. New Forests, 15: 223–242.
- El-Demerdash, M. A., Hegazy, A. K. and Zilay, A. M., 1994. Distribution of the plant communities in Tihamah coastal plains of Jazan region, Saudi Arabia. Vegetation, 112:141–151.
- Glenn, M., Robert, E., Brian, H., David, R. F., Jonathan, H. and Dana, M., 2002. Vegetation variation across Cape Cod, Massachusetts: environmental and historical determinants. Journal of Biogeography, 29: 1439–1454.
- Hanway, J. J. and Heidel, H., 1952. Soil analysis methods as used in Iowa state college, soil testing laboratory. Iowa Agriculture, 57: 1–31.
- He, M. Z., Zheng, J. G. Li, XR. and Qian, Y. L., 2007. Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa Plateau, China. Journal of Arid Environments, 69: 473–489.
- Holmes, M. J. and Reed, D. D., 1991. Competition indices for mixed species northern hardwoods. Forest Science, 37: 1338–1349.
- Janzen, H. H., 1993. Soluble salts. In: Carter, M.R. (Ed.), Soil sampling and methods of analysis. CRC Florida, 807 P.
- Keddy, P. A., 1989. Competition. Chapman and Hall, 552 p.
- Kimmins, J. P., 2004. Forest ecology: A foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry. Prentice Hall, 596 P.
- Lorimer, C. G., 1983. Tests of age-independent competition indices for individual trees in natural hardwood stands. Forest Ecology and Management, 6: 343–360.
- Mahoney, J. M. and Rood, S. B., 1998. Streamflow requirement for cottonwood seedling recruitment: an interactive model. Wetlands, 18: 634-645.
- Marschner, P., Kandeler, E. and Marschner, B., 2003. Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. Soil Biology and Biochemistry, 35: 453-461.
- Martin, G. L. and E. k, AR., 1984. A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation red pine diameter and height growth. Forest Science, 30: 731–743.
- Melero, S., Madejon, E., Ruiz, J. C. and Herencia, J. F., 2007. Chemical and biochemical properties of a clay soil under dry land agriculture system as affected by organic fertilization. European Journal of Agronomy, 26: 327-334.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A., 1980. Potassium in crop production. Advances in Agronomy, 33:59-110.
- Moore, J. A., Budelsky, C. A. and Schlesinger, R. C., 1973. A new index representing individual tree competitive status. Canadian Journal of Forest Research, 3: 495–505.
- Mulvaney, R. L. and Kurtz, L. T., 1982. A new method for determination of 15N-labeled nitrous oxide, Soil Science Society of America Journal, 46: 1178-1184.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular. 939: 1-19.
- Page, A. L., 1982. Methods of Soil Analysis, part2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, 1159 p.
- Park, A. D., 2001. Environmental influences on post-harvest natural regeneration in Mexican pine-oak forests. Forest Ecology and Management, 144: 213-228.
- Pearson, K., 1901. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. Philosophical Magazine, 2: 559-572.
- Peltoniemi, M. and Mäkipää, R., 2011. Quantifying distance-independent tree competition for predicting Norway spruce mortality in unmanaged forests. Forest Ecology and Management, 261:30–42.
- Sch¨utz, J. P., 1989. Zum Problem der Konkurrenz in Mischbest¨anden. Schweizerische Zeitschrift f¨ur Forstwesen, 140: 1069–1083.
- Shafroth, P. B., Stromberg, J. C. and Patten, D. T., 2000. Woody riparian vegetation response to different alluvial water table regimes. Western North American Naturalist, 60: 66-76.
- Shi, H. and Zhang, L., 2003. Local analysis of tree competition and growth. Forest Science, 49:938-955.
- Taiz, L. and Zeiger, E., 1998. Plant Physiology (zed ed), Sinager Associates. Inc. Publisher, Sunderland Massa Chusetts, 757p.
- Taylor, J. P., Wester, D. B. and Smith, L. M., 1999. Soil disturbance, flood management and riparian woody plant establishment in the Rio Grande floodplain. Wetlands, 19: 372-382.
- Tomé, M. and Burkhart, H. E., 1989. Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual trees. Forest Science, 35: 816–831.
- Towill, W. D. and Archibald, D. A., 1991. A Competition Index Methodology for Northwestern Ontario. Ministry of Natural Resources, 10: 1-12.
- Walkley, A. and Black, I. A., 1934. An examination of the Degetiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-38.
- Walstad, J. D. and Kuch, P. J., 1987. Forest vegetation management for conifer production. John Wiley and Sons, New York, 523 p.
- Weiner, J., 1990. Asymmetric competition in plant populations. Trends in Ecology & Evolution, 5: 360–364.
- Wen-jun, L., Guo-dong, D., Yin-tong, Z., Guang-lei, G. and Yu, H., 2011. The study of under different competition index the density of *Larix principis* plantation. Energy Procedia, 11: 2064-2069.