

ارزیابی سیستم های اگروفارستری با تاکید بر حفاظت خاک

(مطالعه موردی: شهرستان های فریدن و چادگان استان اصفهان)

زهرة بازوند^۱، سید محسن حسنی^{۲*}، داود آزادفر^۳، قوام الدین زاهدی امیری^۴، محمد عوافی همت^۵

تاریخ دریافت ۹۴/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش ۹۵/۸/۴

چکیده

خاک یکی از مهم ترین اجزای منابع طبیعی تجدید شونده به حساب می آید و بر اثر قطع درختان دچار خسارت می شود. چنانچه این منبع با ارزش مورد حفاظت قرار نگیرد، قابلیت تولیدی آن کاهش یافته و پایداری جمعیت های انسانی و حیوانی روی آن متزلزل می شود. حفاظت خاک امری مهم تلقی شده و شناخت چگونگی تأثیر پذیری آن در سیستم های اگروفارستری ضروری به نظر می رسد. کارایی این سیستم ها برای کنترل فرسایش خاک در صورتی که شباهت های سیستم به جنگل طبیعی از لحاظ فراوانی لاشبرگ، فاصله و ارتفاع درختان بیشتر باشد افزایش می یابد. هدف این پژوهش مشخص کردن بهترین سیستم های اگروفارستری از نظر فرسایش پذیری و حفاظت خاک است. نتایج بدست آمده از این بررسی دارای ابعاد مختلف می باشد. دو جنبه مهم آن عبارتند از: اولاً شناسایی و ثبت تعداد سیستم ها، عملیات ها و تکنولوژی های اگروفارستری موجود در منطقه و ثانیاً بررسی وضعیت خاک سیستم های اگروفارستری موجود در منطقه و حفاظت خاک در این سیستم ها می باشد. با توجه به مرور منابع انجام شده سه فاکتور بافت، درصد خلل و فرج و درصد رطوبت وزنی خاک برای بررسی فرسایش پذیر بودن یا نبودن سیستم های اگروفارستری، مورد ارزیابی قرار گرفتند. همان گونه که انتظار می رفت نتایج این تحقیق ثابت کرد که از نظر فرسایش پذیری و حفاظت خاک سیستم درختان برای حفظ و احیای خاک نسبت به سیستم های دیگر موجود در منطقه در شرایط کاملاً بهتری قرار دارد.

کلمات کلیدی: سیستم های اگروفارستری، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، فرسایش پذیری، حفاظت خاک.

^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

^۲ - دانشجوی دکتری جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گرگان، گرگان، ایران

^۳ - دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گرگان، گرگان، ایران

^۴ - استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۵ - استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول تلفن همراه: ۰۹۱۳۷۱۰۸۱۴۰

مقدمه

اگروفارستری نامی کلی برای فناوری‌ها و سیستم‌هایی از کاربری زمین است که در آنها گیاهان چوبی چندساله به طور دلخواه با گیاهان علفی و یا دام در یک نظم مکانی یا زمانی یا هر دو رشد می‌کنند و بین مولفه‌های درختی و غیر درختی سیستم روابط متقابل اکولوژیکی و اقتصادی وجود دارد (۷). اگروفارستری مفهومی قدیمی است؛ درختان، محصولات زراعی و دام به طور سنتی در کنار هم پرورش داده می‌شده‌اند، آنچه جدید است علم مدرن اگروفارستری است، به طور مثال در مناطق اطراف آمازون طی بیش از هزاران سال جوامع بومی به طور آگاهانه و یا ناآگاهانه سیستم‌های کشاورزی خود را با درختان متنوع می‌ساختند و از محصولات و نیز کالاهای دیگر ناشی از این مدیریت بهره‌مند می‌شدند (۱۰). مداخلات مکانیکی اندک این سیستم‌ها امکان حفظ یکپارچگی خاک و چرخه عناصر غذایی را بهبود می‌بخشد و در نهایت تصاعد کربن و اکسید نیتروژن را کاهش می‌دهد و به عنوان ذخیره‌گاه بالقوه کربن، این سیستم‌ها به عنوان یک پاسخ سازشی به تغییر اقلیم هم در کاهش تصاعد کربن و هم در سازگاری با تغییرات بوم‌شناسی مطرح هستند (۱۶). خاک یکی از مهم‌ترین اجزای منابع طبیعی تجدید شونده به حساب می‌آید و بر اثر قطع درختان دچار خسارت می‌شود. چنانچه این منبع با ارزش مورد حفاظت قرار نگیرد، قابلیت تولیدی آن کاهش یافته و پایداری جمعیت‌های انسانی و حیوانی روی آن متزلزل می‌شود. بنابراین، حفاظت خاک امری مهم تلقی شده و شناخت

چگونگی تأثیر پذیری آن در سیستم اگروفارستری ضروری به نظر می‌رسد. یقیناً همه این سیستم‌ها بر روی خاک تأثیرگذارند. به طور کلی، بیش از ده نوع تکنولوژی اگروفارستری وجود دارد که در حفظ حاصلخیزی خاک و اصلاح قابلیت تولیدی آن نقش ایفا می‌کنند (۱۵).

سیستم‌های اگروفارستری در بین گزینه‌های نوین واقع شده است که مدیریت و حفاظت آب و خاک، احیای حاصلخیزی خاک و کنترل بیابان‌زایی را در بر می‌گیرند. در این سیستم‌ها علاوه بر کنترل فرسایش خاک تولیدات قابل ملاحظه درختی نیز فراهم می‌شود. اصولاً این سیستم‌ها برای ناحیه‌هایی با شدت بارندگی بالا، دامنه‌های شیبدار و پوشش گیاهی تنک با مقادیر بالای رواناب و فرسایش خاک ضروری هستند. در بیشه‌زراعی به تناسب نظارت محیطی، بهبود آب، خاک و هوا به مدیریت پایدار منابع طبیعی توجه می‌شود. تلفیق درختان یا بوته‌ها با محصولات زراعی سنتی یک روش اکولوژیکی و بیولوژیکی برای کنترل فرسایش آبی و بادی است. این سیستم گزینه‌ای در مقابل سازه‌های پرهزینه کنترل فرسایش (تراس‌ها) برای کاهش فرسایش آب و رواناب محسوب می‌شود (۱۴).

فرسایش خاک در اراضی شیبدار بدون اقدامات اگروفارستری شاید به مقدار ۲۰۰ تن در هکتار برسد (جدول ۱). با معرفی سیستم‌های اگروفارستری می‌توان فرسایش خاک را در دامنه‌هایی با شیب کمتر از ۵۰ درصد، حدود ۱۰۰ درصد کاهش داد. بزرگی و ابعاد کاهش فرسایش خاک برای هر منطقه متفاوت است و

ارتفاع درختان بیشتر باشد افزایش می یابد. کارایی آگروفارستری برای کاهش فرسایش خاک در چندین کشور مختلف دنیا در جدول (۱) آورده شده است.

به تفاوت های مدیریت خاک، اقلیم و تیپ های پوشش گیاهی بستگی دارد. کارایی این سیستم ها برای کنترل فرسایش خاک در صورتی که شباهت های سیستم به جنگل طبیعی در ارتباط با فراوانی لاشبرگ، فاصله و

جدول ۱- کارایی بیشه زراعی برای کاهش فرسایش خاک (۱۴)

کشور مورد مطالعه	شیب خاک (درصد)	فرسایش خاک با درخت (تن در هکتار در سال)	فرسایش خاک بدون درخت (تن در هکتار در سال)
آمریکا	کمتر از ۵	۰/۵	۹۲
جامائیکا	۲۴-۳۲	۰/۵	۱/۴
آمریکا	۲/۵	۰/۲	۰/۳
کنیا	۲۰-۴۰	۶	۱۱
هند	۲۵-۳۰	۴	۲۲
فیلیپین	۴۲	۴۵	۶۵
هند	۴	۱۲	۳۹
رواندا	۲۳-۵۵	۱-۳	۲۰-۱۵۰
پرو	۱۵-۲۰	۰/۲	۵۳
فیلیپین	۱۴-۲۱	کمتر از ۵	۱۰۰-۲۰۰

ذرات آن می باشد. هرچه چسبندگی ذرات خاک بیشتر باشد (خلل و فرج خاک کمتر می باشد) خاک در مقابل فرسایش مقاوم تر است. در رابطه با فرسایش بادی اهمیت رس، مواد آلی و سایر عوامل سیمان کننده کاملاً روشن می باشد. خاک های شنی و سیلتی که فاقد این عوامل سیمان کننده هستند به آسانی فرسایش می یابند (۱۱). خاک های بدون ساختمان به علت عدم چسبندگی ذرات مستعد فرسایش بادی و آبی می باشند، در حالی که خاک هایی که ساختمان دانه ای مناسبی دارند مقاوم به فرسایش هستند (۱۲). رطوبت خاک مهمترین عاملی است که در فرسایش بادی اثر دارد. خاک ها وقتی به فرسایش بادی حساسند که خشک باشند. باد ذرات خشک را

بنا به تعریف، فرسایش پذیری خاک مقاومت خاک در برابر جدا شدن و انتقال ذرات است. مهمترین ویژگی های خاک که در فرسایش - پذیری آن مؤثرند عبارت است از: بافت خاک، چسبندگی ذرات خاک، ساختمان خاک، ماده - آلی، درصد رطوبت وزنی خاک و شکل ذرات (۱۱). بررسی های انجام گرفته در زمینه بافت خاک نشان می دهد که در بافت رسی که ذرات آن ریز است و در بافت شنی که ذرات آن درشت است فرسایش خاک بیشتر صورت می - گیرد ولی در بافت های لومی با دانه های ریز کمترین مقدار فرسایش خاک وجود دارد (۱۲).

یکی دیگر از خصوصیات خاک که در میزان فرسایش بادی و آبی مؤثر است چسبندگی

به راحتی جابه‌جا می‌کند خاکی که رطوبت کافی داشته باشد منتقل نخواهد شد زیرا ذرات و دانه‌های مرطوب خاک در اثر نیروی چسبندگی ناشی از پوسته آب بین ذرات تقریباً پایدار هستند. به عبارت دیگر ذرات خاک به هنگام مرطوب بودن به یکدیگر می‌چسبند (۱۱).

در مورد آثار و مزایایی که سیستم‌های مختلف اگروفارستری می‌توانند داشته باشند تحقیقات و بررسی‌های فراوانی صورت گرفته است. متین خواه (۲۰۰۳) در رساله دکتری خود ۳۰ سیستم سنتی اگروفارستری را در استان کهگیلویه و بویراحمد شناسایی و ثبت نمود. وی اشاره می‌نماید که فراوانی و تنوع این سیستم‌ها در منطقه نشان می‌دهد که بهره‌وران اراضی این سیستم‌ها را به‌عنوان راه‌حلی برای برآورده سازی نیازهای خود و درعین حال حفاظت از منابع طبیعی به‌وجود آورده‌اند (۷). گرونیوالد^۱ (۲۰۰۶) در لوزاتیا^۲ و مرکز آلمان، پتانسیل محصول و مطلوبیت آن را تحت اعمال سیستم‌های اگروفارستری برای توده‌های متفاوتی از سپیدار، افاقیا و بید مطالعه کرد و علاوه بر بهبود حاصلخیزی خاک، نتیجه گرفت که سیستم‌های بیشه‌زراعی باعث بهبود فرسایش پذیری و حفاظت خاک نیز می‌شوند (۵). پینهو^۳ و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقات خود در مناطق اطراف آمازون به این نتیجه رسیدند که بسیاری از مزیت‌های سیستم‌های اگروفارستری را به سختی می‌توان

از حیث اقتصادی و یا اکولوژیکی تشریح و کمی‌سازی کرد به طوری که بسیاری از کشاورزان در استفاده و سرمایه گذاری روی درختان مردد هستند. ولی با این حال استفاده از گونه‌های مختلف درختی و دیگر عملیات به کار گرفته شده در سیستم‌های اگروفارستری می‌تواند یک راهکار جایگزین برای افزایش حاصلخیزی و حفاظت خاک برای پایداری کشاورزی مناطق حاره تلقی شود (۱۰). اسپیگلار^۴ و همکاران (۲۰۱۳) نتایج تحقیقات خود در زمینه اگروفارستری را بدین گونه اعلام می‌نمایند: اگروفارستری یک سیستم کاربری اراضی جایگزین با کشاورزی سنتی است که به عنوان یک روش پایدار اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی برای تثبیت امنیت غذایی بلند مدت در مناطق فقیر به خصوص در مناطق حاره و نیمه حاره استفاده می‌شود. علاوه بر این مداخلات مکانیکی اندک این سیستم‌ها امکان حفظ یکپارچگی خاک، حفاظت و چرخه عناصر غذایی خاک را بهبود می‌بخشد و در نهایت تصاعد کربن و اکسید نیتروژن را کاهش می‌دهد و به عنوان ذخیره‌گاه های بالقوه کربن، این سیستم‌ها به عنوان یک پاسخ سازشی به تغییر اقلیم هم در کاهش تصاعد کربن و هم در سازگاری با تغییرات بوم شناسی مطرح هستند (۱۶). کالابا^۵ و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی سیستم‌های اگروفارستری مناطق جنوب آفریقا به این نتیجه رسیدند که سیستم‌های بهبودیافته

⁴ Spiegelaar

¹.Kalaba

¹ Gruenewald

² Lozatyia

³ Pinho

افزایش می یابد. بنابراین هدف این پژوهش مشخص کردن بهترین سیستم های آگروفارستری از نظر فرسایش پذیری و حفاظت خاک است.

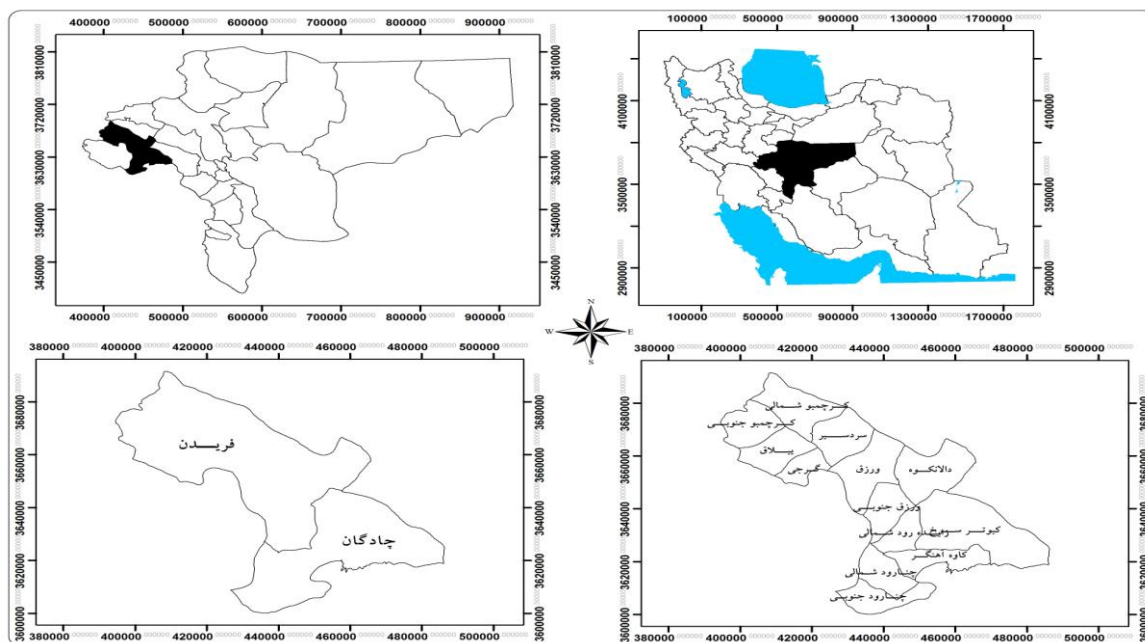
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهرستان های فریدن و چادگان در غرب استان اصفهان می باشد (شکل ۱). فاصله این دو شهرستان از هم ۲۵ کیلومتر و روستاها بسیار به یکدیگر نزدیک هستند. ۵۰ روستا در این دو شهرستان وجود دارد. منطقه مورد مطالعه ناحیه ای است کوهستانی که در دامنه رشته کوه های زاگرس قرار دارد. میانگین سالانه دما ۹/۸ درجه سانتیگراد و میانگین سالانه بارندگی ۳۲۴/۳ میلیمتر می باشد. براساس طبقه بندی اقلیمی به روش دومارتن با ضریب خشکی ۱۸/۸ جز مناطق نیمه خشک و با استفاده از روش آمبرژه با ضریب خشکی ۲۹/۱ جز مناطق نیمه خشک سرد است (۷).

بیشه زراعی علاوه بر افزایش حاصلخیزی و حفاظت خاک و تنوع زیستی، مزایایی را در کمک به معیشت روستایی، بهبود وضعیت اقتصادی و اجتماعی و عملکرد زیست محیطی در سیستم های کاربری اراضی ارائه می دهند. همچنین به عقیده آنها اخیراً افزایش سهم سیستم های آگروفارستری در جهت بهبود خدمات اکوسیستم و معیشت در مناطق روستایی به رسمیت شناخته شده است (۶).

در پایان این بخش باید گفت خاک یکی از مهم ترین اجزاء منابع طبیعی تجدید شونده به حساب می آید و بر اثر قطع درختان دچار خسارت می شود. چنانچه این منبع با ارزش مورد حفاظت قرار نگیرد، قابلیت تولیدی آن کاهش یافته و پایداری جمعیت های انسانی و حیوانی روی آن متزلزل می شود. حفاظت خاک امری مهم تلقی شده و شناخت چگونگی تأثیر پذیری آن در سیستم های آگروفارستری ضروری به نظر می رسد. این سیستم ها برای کنترل فرسایش خاک در صورتی که شباهت های سیستم به جنگل طبیعی از لحاظ فراوانی لاشبرگ، فاصله و ارتفاع درختان بیشتر باشد



شکل ۱- تصویر منطقه مورد مطالعه

روش های ثبت سیستم ها

الف) روش کارلویتز

کارلویتز^۱ (۴) در مقاله فناوری های بیشه زراعی و تولید علوفه بیان می دارد که واژه های متعددی تا آن تاریخ به طور مترادف در توصیف بیشه زراعی به کار می رفته است. عبارات کوتاهی مانند: آمیخته کاری نواری^۲ و یا کشت دالانی و یا درختان در مراتع^۳ در توصیف فناوری ها کافی نیستند. وی استاندارد کردن تعریف و توصیف فناوری های بیشه زراعی را ضروری شمرده و تعریف زیر را برای آن بیان می دارد: یک فناوری بیشه زراعی مجموعه ای از چگونگی خدمات، موقعیت ها، نظم ها و مدیریت- های درختان و درختچه ها و مؤلفه های زراعی

و دامی همراه آن است. وی اظهار می دارد که تنها اگر این ها و چند ویژگی دیگر به وضوح تشریح گردند، فناوری های بیشه زراعی را می- توان به راحتی از یکدیگر تشخیص داد. آنگاه هشت معیار زیر را برای توصیف فناوری ها بنیان گذاری می کند (۷ و ۴). ۱- نظم زمانی ۲- نظم مکانی ۳- مدیریت آمیخته ۴- اجزای غیر آمیخته ۵- تولید اولیه ۶- تولید ثانویه ۷- نقش خدماتی اجزای سیستم ۸- موقعیت اجزای در سیستم.

ب) روش متین خواه و همکاران

در این روش برای توصیف فناوری های موجود در استان کهگیلویه و بویر احمد بازدیدهایی از نقاط مختلف استان به عمل آمد. هرکجا موردی از یک تکنیک بیشه زراعی دیده شد اطلاعات آن ثبت و سپس سعی شد چهارچوبی برای توصیف این سیستم ها ایجاد شود. الگوی اصلی به کار رفته در این کار عبارت ۸ کلمه ای کارلویتز است. به این صورت که فرمی تهیه

¹. Carlowitz

². Hedgerow intercropping

³. Trees in rangelands

ترتیب از روش بازآزمایی و نظر متخصصان و اساتید این پژوهش استفاده شد. در پایان با توجه به مصاحبه و پرسش نامه های جمع آوری شده تعدیل هایی در معیارهای روش های قبلی صورت گرفت و همچنین چندین معیار متناسب با شرایط منطقه بر معیارهای روش های قبلی اضافه شد که هر یک از این معیارها دارای زیرمعیارهایی هستند که جهت روشن شدن وضعیت معیار اصلی در فرم در نظر گرفته شده است.

نمونه برداری خاک از سیستم های اگروفارستری منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش نحوه نمونه برداری خاک به صورت نمونه مرکب می باشد. یعنی از هریک از سیستم های اگروفارستری موجود در هر روستا که مساحت هریک از آنها یک هکتار بود چهار نمونه از چهار گوشه سیستم و یک نمونه خاک از مرکز سیستم از عمق ۰ تا ۷۵ سانتیمتر که ماکزیمم رشد ریشه درختان بود، برداشت شد و در نهایت نمونه مورد آزمایش ترکیبی از این پنج نمونه برداشت شده از قسمت های مختلف سیستم بود. از خصوصیات شیمیایی خاک منطقه فاکتورهای PH، EC و درصد آهک خاک و از خصوصیات فیزیکی بافت (درصد رس، سیلت و ماسه)، عمق، وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت ثقلی و درصد خلل و فرج خاک مورد آزمایش قرار گرفت. لازم به ذکر است اسیدیته خاک به وسیله قرار دادن الکتروود شیشه ای در حالت گل اشباع (۱۳)، هدایت الکتریکی با قرار دادن دستگاه

شد که ویژگی های هر یک از این فن ها را در ارتباط با کلمات به کاررفته در عبارت کارلویتز ثبت نماید. آنگاه با مراجعات متعدد به سیستم ها، فرم ثبت اطلاعات تکمیل تر و از نو اطلاعات ثبت می شد. این فرآیند تکرارپذیر، اهداف تعیین شده یعنی ثبت اطلاعات سیستم ها و ایجاد روشی برای این امر را متناسب با شرایط منطقه برآورده می ساخت. از کتاب آموزشی توصیف، تشخیص و طراحی^۱ که دیدگاه های مرکز بین المللی تحقیقات بیشه-زراعی^۲ را در خصوص توصیف کاربری زمین روشن می سازد نیز در این تحقیق استفاده شده است (۷).

ج) روش ثبت سیستم در این پژوهش

برای توصیف و ثبت فناوری های بیشه زراعی در منطقه از روشی که حاصل تلفیق مشاهدات میدانی، مصاحبه و ثبت اطلاعات پایه به علاوه روش اولیه کارلویتز و روش متین خواه و همکاران است، استفاده شد. اطلاعات به دست آمده در چهارچوب فرمی برای هر سیستم ثبت گردید. معیارهایی که متین خواه و همکاران جهت نام گذاری فناوری های بیشه زراعی در استان کهگیلویه و بویراحمد استفاده کرده اند، پایه اصلی این فرم بوده است. با توجه به بازدیدهای متعدد از منطقه مورد مطالعه و مصاحبه های انجام شده تعداد ۱۷ پرسش نامه از ۱۷ روستای منطقه که فناوری های بیشه زراعی در آنها مشاهده شد، جمع آوری شد همچنین برای روایی و پایایی بودن پرسش نامه ها به

^۱. Characterization, Diagnosis and Design

^۲. (ICRAF) International Center for Research on Agroforestry

الف) مشخصات جغرافیایی سیستم (ب) فاصله تا شهرستان مربوطه (ج) ارتفاع از سطح دریا (د) نام مالک (ه) نام روستا و جمعیت آن

۲- توپوگرافی ؛

الف) درصد شیب (ب) جهت جغرافیایی سیستم
۳- وضعیت بارندگی ؛

۴- عوامل نامساعد اقلیمی برای اگروفارستری ؛
الف) خشکسالی (ب) آفتاب شدید (ج) برف سنگین، تگرگ و یخبندان (د) صاعقه (ه) طوفان
۵- خاکشناسی ؛

۶- فون و فلور منطقه به ترتیب فراوانی ؛

الف) درختی و درختچه‌ای (ب) علفی (ج) جانوران منطقه

۷- وضعیت آب منطقه ؛

الف) رودخانه (ب) چشمه‌های منطقه (ج) قنات- های نزدیک (د) چاه‌های عمیق و نیمه عمیق
۸- وضعیت فرهنگی و اجتماعی سیستم ؛

الف) وظیفه مالک و اعضای خانواده در سیستم (ب) قدمت تاریخی سیستم (هویت فرهنگی روستا) (ج) ترکیب جنسی جمعیت (د) هرم سنی جمعیت (ه) تحصیلات مالک و اعضای خانواده

۹- وضعیت اقتصادی سیستم ؛

الف) ایجاد اشتغال هر سیستم (ب) میزان درآمد سالیانه سیستم در واحد سطح (هکتار) (ج) میزان هزینه سالیانه سیستم در واحد سطح (د) میزان سود سالیانه سیستم در واحد سطح

۱۰- تأثیر سیستم در کالبد روستا ؛

الف) درصد وسعت کاربری اگروفارستری نسبت به کاربری‌های کشاورزی در هر روستا
۱۱- استفاده‌های چند منظوره از سیستم ؛

هدایت سنج الکتریکی در عصاره اشباع و تصحیح آن برای دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۹)، میزان آهک، به روش خنثی کردن مواد خنثی شونده با اسید کلریدریک و عمل تیتراسیون اسید اضافی با سود (۹)، بافت خاک با روش هیدرومتری (۳)، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه و پارافین (۲) و رطوبت ثقیلی خاک پس از اشباع کردن خاک، نمونه‌ای از آن توزین و پس از خشک نمودن آن در آون و توزین مجدد از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$sp = \frac{\text{وزن خاک مرطوب}}{\text{وزن خاک خشک}} \times 100$$

نتایج

با توجه به مصاحبه و پرسش‌نامه‌های جمع-آوری شده از کاربران اگروفارستری منطقه مورد مطالعه تعدیل‌هایی در معیارهای روش-های آورده شده در قسمت مواد و روش‌ها صورت گرفت و همچنین چندین معیار متناسب با شرایط منطقه بر معیارهای روش-های قبلی اضافه شد که هر یک از این معیارها دارای زیرمعیارهایی هستند که جهت روشن شدن وضعیت معیار اصلی در فرم در نظر گرفته شده است. بنابراین از معیارهای زیر برای توصیف و ثبت سیستم‌ها در منطقه استفاده شد:

۱- مشخصات عمومی ؛

این بخش در توصیف فناوری‌های -اگروفارستری اجتناب ناپذیر است و به عنوان مرجعی برای دسترسی آتی به منطقه به کار می‌رود. موارد زیر در ذیل این معیار می‌آید:

- ۱۸- نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید سیستم ؛
الف) اکولوژیکی (ب) اقتصادی (ج) اجتماعی ؛
۱۹- موقعیت در سیستم کلی ؛
۲۰- تناسب سیستم با نیازها ؛
الف) دلایل استفاده از هر یک از اجزای سیستم و نتیجه آن (ب) میزان رضایت اقتصادی مالک از سیستم
۲۱- تجربیات علمی برای سیستم مورد نظر ؛
۲۲- تصاویر سیستم ؛
در شهرستان های فریدن و چادگان اصفهان با استفاده از معیارهای فوق و مشاهدات میدانی، مصاحبه و ثبت اطلاعات پایه تعداد ۱۷ سیستم مختلف آگروفارستری شناسایی و ثبت گردید. لیست اسامی سیستم ها، منطقه مورد بررسی آنها با ذکر مؤلفه های اصلی درختی، زراعی و علوفه ای با نامگذاری که در طبقه بندی نيزدارند (۸) طی جدول (۲) ذکر می- گردند. همچنین نتایج بدست آمده از آزمایش های خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه به شرح جدول شماره (۳) می باشد.
- الف) قابلیت استفاده برای تفرج (ب) حفاظت خاک (ج) حمایت از حیات وحش
۱۲- اثرات متقابل گونه های زراعی و درختی ؛
الف) آللوپاتی (ب) تثبیت ازت خاک
۱۳- کشت های اصلی، همراه و قابل جایگزین سیستم ؛
الف) کشت اصلی (ب) کشت های همراه (ج) کشت های قابل جایگزین
۱۴- اهداف اصلی احداث سیستم ؛
۱۵- اجزای سیستم ؛
الف) مؤلفه های درختی یا درختچه ای (ب) اشکوب علفی (ج) دام
۱۶- نظم زمانی ؛
الف) برش تاریخی (شرح تغییرات و تحولات کاربری) (ب) همزمانی و تناوب اجزا
۱۷- نظم مکانی ؛
الف) نحوه قرار گرفتن خطوط گونه های چوبی (ب) نحوه قرار گرفتن اشکوب علفی (ج) نظم مکانی سیستم آبیاری (د) محل خانه مالک (ه) مساحت کل سیستم

جدول ۲- سیستم های آگروفارستری موجود در منطقه

ردیف	محل (سیستم)	شهرستان	گونه های درختی	زراعت	مساحت (هکتار)	نام عملیات (براساس Nair1993)
۱	حجت آباد	چادگان	سیب، هلو، زردآلو، بادام و آلبالو	یونجه	۳	کاشت ردیفی
۲	درکان	چادگان	سیب، هلو و زردآلو	یونجه	۴	کاشت ردیفی
۳	چهل چشمه	چادگان	درختان گردو	یونجه	۱	کاشت ردیفی
۴	خرسونک خشتی	چادگان	سیب، بادام و گردو	یونجه	۲	تانگیا ^۱
۵	گل امیر	فریدن	درختان سیب	یونجه	۱	تانگیا
۶	اورگان	چادگان	گردو و بادام	گندم	۲	تانگیا
۷	عادگان	فریدن	صنوبر بومی و بید	یونجه	۱	درختان برای حفظ و احیای خاک ^۲
۸	گشنیزجان	چادگان	صنوبر بومی و تبریزی	یونجه	۲	درختان برای حفظ و احیای خاک
۹	خرسونک علیا	چادگان	تبریزی	گندم و یونجه	۱	درختان برای حفظ و احیای خاک
۱۰	داران	فریدن	صنوبر، افاقیا و ون	یونجه	۳	بادشکن های و حصارهای زنده ^۳
۱۱	آشجرد	فریدن	سپیدار	یونجه	۱	بادشکن های و حصارهای زنده
۱۲	دهق	فریدن	سپیدار، سیب و آلوچه	صیفی جات و گندم	۲	بادشکن های و حصارهای زنده
۱۳	دامنه	فریدن	درختان گردو	یونجه	۱	بادشکن های و حصارهای زنده
۱۴	اگریجه	چادگان	سیب، گردو، بادام، سپیدار، تبریزی و بید	عاوفه وحشی	۳	باغات چند اشکوبه ^۴ (مخلوط)
۱۵	موغان	فریدن	سپیدار، تبریزی و بید	عاوفه وحشی	۳	درختان برای حفظ و احیای خاک
۱۶	اسکندری	فریدن	صنوبر بومی و بید	عاوفه وحشی	۲	درختان برای حفظ و احیای خاک
۱۷	سازمان سد زاینده رود	چادگان	چنار	عاوفه وحشی	۷	درختان برای حفظ و احیای خاک

1. Taungya
2. Trees in soil conservation and reclamation
3. Shelterbelt and windbreaks, live hedges
4. Multilayer tree gardens

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

PH اسیدیته و قلیایی بودن خاک، EC هدایت الکتریکی، D عمق خاک، Bd وزن مخصوص ظاهری، Clay رس، Silt سیلت، Sand شن، Ps خلل و فرج، T بافت، CaCo₃ آهک، Wg رطوبت وزنی خاک.

نام محل	PH	EC	D	Bd	%Ps	%Clay	%Silt	%Sand	T	%CaCo ₃	%Wg
حجت آباد	۷/۸	۰/۵۴۲	۱۰۰	۱/۷	۳۵/۸	۱۲/۴۰	۲۲	۶۵/۶۰	لوم ماسه ای	۱۳/۸	۳۸/۳
درکان	۸	۰/۵۹۵	۱۰۰	۱/۷	۳۵/۸	۱۶/۴۰	۲۲	۶۱/۶۰	لوم ماسه ای	۱۶/۷	۳۷/۵
چهل چشمه	۷/۸	۰/۳۱۱	۱۰۰	۱/۷	۳۵/۸	۱۶/۴۰	۱۲	۷۱/۶۰	لوم ماسه ای	۱۶/۳	۳۲
خرسونک خشتی	۷/۶	۰/۶۸۷	۸۵	۱/۵	۴۲/۴	۳۴/۴۰	۳۶	۲۹/۶۰	لوم رسی	۱۴/۶	۴۰/۸
گل امیر	۷/۷	۱/۰۵	۹۰	۱/۲	۵۴/۷	۳۲/۴۰	۲۸	۳۹/۶۰	لوم رسی	۲۳/۸	۴۵/۲
اورگان	۷/۶	۰/۳۷۸	۸۵	۱/۵	۴۲/۴	۳۸/۴۰	۴۰	۲۱/۶۰	لوم رسی	۱۵/۴	۴۵/۹
عادگان	۷/۷	۰/۶۹۳	۴۰	۱/۹	۲۸/۳	۳۰/۴۰	۳۱	۳۸/۶۰	لوم رسی	۹/۷	۵۷/۶
گشنیزجان	۷/۷	۰/۶۴۱	۴۰	۲	۲۴/۵	۳۴/۴۰	۳۸	۲۷/۶۰	لوم رسی	۸/۸	۶۰/۲
موغان	۷/۶	۰/۳۶۷	۷۰	۱/۹	۲۸/۳	۸/۴۰	۱۲	۷۹/۶۰	ماسه لومی	۲۲/۹	۵۷/۷
اسکندری	۷/۷	۰/۵۲۳	۷۰	۱/۹	۲۸/۳	۱۰/۴۰	۱۷	۷۲/۶۰	لوم ماسه ای	۲۰/۸	۶۱/۹
سدزاینده رود	۸	۱/۳۴۷	۸۰	۲	۲۴/۵	۱۰/۴۰	۲۸	۶۱/۶۰	لوم ماسه ای	۱۶/۷	۵۸/۸
خرسونک علیا	۷/۶	۰/۷۱۶	۳۰	۱/۹	۲۸/۳	۳۵/۴۰	۳۶	۲۸/۶۰	لوم رسی	۱۴/۳	۵۱/۲
داران	۷/۹	۰/۳۴۵	۴۰	۱/۴	۴۷/۲	۲۲/۴۰	۳۲	۴۵/۶۰	لوم	۲۱/۷	۳۴/۳
آشجرد	۷/۸	۰/۵۵۸	۴۰	۱/۷	۳۵/۸	۲۳/۴۰	۳۳	۴۳/۶۰	لوم	۲۱/۲	۳۷/۵
دهق	۷/۶	۰/۵۹۳	۳۰	۱/۶	۳۹/۶	۳۶/۴۰	۴۰	۲۳/۶۰	لوم رسی	۱۳/۳	۴۸/۴
دامنه	۷/۷	۰/۸۳۱	۳۰	۱/۴	۴۷/۲	۲۲/۴۰	۳۴	۴۳/۶۰	لوم	۲۰/۸	۳۹/۳
اگریجه	۷/۸	۰/۳۹۱	۹۰	۱/۲	۵۴/۷	۲۲/۴۰	۲۲	۵۵/۶۰	لوم رس ماسه‌ای	۱۶/۳	۴۱/۹

اگر وفارستری دیگر موجود در منطقه از نظر فرسایش پذیری در شرایط بهتری قرار دارند. یکی دیگر از خصوصیات خاک که در میزان فرسایش بادی و آبی مؤثر است چسبندگی ذرات آن می‌باشد. هرچه چسبندگی ذرات خاک بیشتر باشد (خلل و فرج خاک کمتر باشد) خاک در مقابل فرسایش مقاوم‌تر است (۱۱). سیستم‌های اگر وفارستری روستاهای گشنیزجان، عادگان، خرسونک علیا، سد زاینده‌رود، موغان و اسکندری نسبت به سیستم‌های دیگر موجود در منطقه درصد خلل و فرج خاک آنها کمتر (چسبندگی بین ذرات آنها بیشتر) است بنابراین سیستم‌های نامبرده از نظر حفاظت خاک و فرسایش

در پایان با مرور منابع داخلی و خارجی سه فاکتور بافت، درصد خلل و فرج (چسبندگی ذرات) و درصد رطوبت وزنی خاک برای بررسی فرسایش پذیر بودن یا نبودن سیستم‌های اگر وفارستری مناسب تشخیص داده شدند و سیستم‌های موجود در منطقه، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

بررسی‌های انجام گرفته در زمینه بافت خاک نشان داده است که در بافت لوم رسی فرسایش پذیری خاک کاهش می‌یابد (۱۱). بنابراین با توجه به مطالب فوق سیستم‌های اگر وفارستری موجود در روستاهای خرسونک - خشتی، خرسونک علیا، عادگان، گشنیزجان، گل امیر، اورگان و دهق نسبت به سیستم‌های

پذیری نسبت به سیستم‌های دیگر موجود در منطقه در شرایط بهتری قرار دارند.

رطوبت خاک مهمترین عاملی است که در فرسایش بادی اثر دارد. خاک‌ها وقتی به فرسایش بادی حساسند که خشک باشند. باد ذرات خشک را به راحتی جابه‌جا می‌کند خاکی که رطوبت کافی داشته باشد منتقل نخواهد شد زیرا ذرات و دانه‌های مرطوب خاک در اثر نیروی کوهزیون ناشی از پوسته آب بین ذرات تقریباً پایدار هستند. به عبارت دیگر ذرات خاک به‌هنگام مرطوب بودن به‌یکدیگر می‌چسبند (۱۲). بر اساس مطالب فوق سیستم‌های اگروفارستری موجود در روستاهای گشنیزجان، عادگان، خرسونک علیا، سد زاینده‌رود، موغان و اسکندری با توجه به اینکه رطوبت وزنی خاک آنها بیشتر از سیستم‌های دیگر موجود در منطقه است. بنابراین از نظر حفاظت خاک و فرسایش‌پذیری مناسب‌تر از بقیه سیستم‌ها هستند.

بنابراین براساس بررسی‌های انجام گرفته طبق داده‌های جدول ۳ سیستم‌های اگروفارستری درختان برای حفظ و احیای خاک در روستاهای گشنیزجان، عادگان، خرسونک علیا، سد زاینده‌رود، موغان و اسکندری نسبت به سیستم‌های دیگر موجود در منطقه از نظر فرسایش‌پذیری و حفاظت خاک در شرایط بهتری قرار دارند.

بحث

در مورد تأثیر سیستم‌های اگروفارستری در حفاظت خاک متأسفانه در کشورمان پژوهشی انجام نشده است. مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که سیستم-

های اگروفارستری نقش قابل ملاحظه‌ای در کنترل فرسایش خاک دارند (۱۰ و ۱۶). نتایج بدست آمده از بررسی حفاظت خاک در سیستم‌های اگروفارستری منطقه مورد مطالعه نشان داد که سیستم درختان برای حفظ و احیای خاک نسبت به سیستم‌های دیگر موجود در منطقه، حفاظت خاک در آنها در شرایط کاملاً بهتری قرار دارد. در توجیه این مطلب می‌توان گفت که هدف اصلی از ایجاد این سیستم‌ها در اطراف رودخانه‌ها و کانال‌های بزرگ آب برای جلوگیری از فرسایش خاک زمین‌های اطراف آنها، جلوگیری از طغیان آب و در اصل حفاظت خاک است. این مطلب با نتایج حاصل از تحقیقات گرونیوالد^۱ (۲۰۰۶)، پینه‌هو و همکاران (۲۰۱۲) و اسپیجلار و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد (۱۰ و ۱۶). از طرف دیگر ویژگی‌های مفید حفاظت خاک گیاهان چند ساله چوبی می‌تواند در سیستم اگروفارستری به صورت مختلف مورد استفاده قرار گیرد، مشروط بر اینکه درختان انتخاب شده موجب افزایش حفاظت خاک در سیستم شوند. کارایی سیستم‌های اگروفارستری برای کنترل فرسایش خاک در صورتی که شباهت‌های سیستم به جنگل طبیعی در ارتباط با فراوانی لاشبرگ، فاصله و ارتفاع درختان بیشتر باشد افزایش می‌یابد (۱۴). با توجه به اینکه در سیستم درختان برای حفظ و احیای خاک در شهرستان‌های فریدن و چادگان اصفهان از درختان بلند قامت صنعتی مانند گونه‌های

¹ Gruenewald

صنوبر (سپیدار، صنوبر بومی و تبریزی)، چنار و بید و درختان جنگلی زبان گنجشک و اقاقیا (بدلیل فراوانی لاشبرگ آنها) استفاده می شود و همچنین در دیگر سیستم های اگروفارستری موجود در منطقه بیشتر درختان مثمر وجود دارند، بنابراین بهتر بودن شرایط فرسایش پذیری و حفاظت خاک در سیستم درختان برای حفظ و احیای خاک نسبت به سیستم های دیگر زیاد دور از ذهن نیست.

سیستم های اگروفارستری موجود در منطقه مورد مطالعه را براساس فاکتورهای موثر در حفاظت خاک (بافت، درصد خلل و فرج و درصد رطوبت وزنی خاک) می توان به صورت زیر طبقه بندی نمود.

طبقه بندی سیستم های اگروفارستری موجود در منطقه براساس بافت خاک آنها

الف) بافت لوم ماسه ای: سیستم های اگروفارستری کاشت ردیفی در روستاهای حجت آباد، درکان، چهل چشمه و سیستم های اگروفارستری درختان برای حفظ و احیای خاک در روستاهای اسکندری و سد زاینده رود در منطقه مورد مطالعه شامل این بافت خاک می باشند.

ب) بافت لوم رسی: سیستم های اگروفارستری تانگیا در روستاهای خرسونک خشتی، گل امیر و اورگان، سیستم های اگروفارستری درختان برای حفظ و احیای خاک در روستاهای عادگان و گشنیزجان و سیستم های اگروفارستری کمربندهای سبز، بادشکن ها و حصارهای زنده در روستاهای خرسونک علیا و دهق شامل این بافت خاک می باشند.

ج) بافت لومی: سیستم های اگروفارستری کمربندهای سبز، بادشکن ها و حصارهای زنده در روستاهای داران، آشجرد و دامنه در منطقه مورد مطالعه شامل این بافت خاک می باشند.

د) بافت لوم رس ماسه ای: در منطقه تنها سیستم باغات چند اشکوبه در روستای اگریجه دارای بافت لوم رس ماسه ای می باشد.

ه) بافت ماسه لومی: سیستم اگروفارستری درختان برای حفظ و احیای خاک در روستای موغان در منطقه دارای بافت ماسه لومی می باشد.

طبقه بندی سیستم های اگروفارستری موجود در منطقه براساس درصد خلل و فرج خاک آنها

الف) کمتر از ۳۰ درصد: سیستم های اگروفارستری موجود در روستاهای گشنیزجان، خرسونک علیا، عادگان، موغان، اسکندری و سد زاینده رود در منطقه مورد مطالعه شامل این طبقه می باشند.

ب) از ۳۰ تا ۴۰ درصد: سیستم های اگروفارستری موجود در روستاهای حجت آباد، چهل چشمه، آشجرد، درکان و دهق درصد خلل و فرج خاک آنها بین ۳۰ تا ۴۰ درصد می باشند.

ج) از ۴۰ تا ۵۰ درصد: سیستم های اگروفارستری روستاهای اورگان، خرسونک خشتی، دامنه و داران در منطقه مورد مطالعه شامل این طبقه می باشند.

د) بیشتر از ۵۰ درصد: دو سیستم اگروفارستری روستاهای گل امیر و اگریجه در منطقه مورد مطالعه شامل این طبقه می باشند.

طبقه بندی سیستم های آگروفارستری بر اساس درصد رطوبت وزنی خاک آنها

الف) بین ۳۰ تا ۴۰ درصد: بیشتر سیستم های آگروفارستری موجود در منطقه رطوبت ثقلی خاک آنها بین ۳۰ تا ۴۰ درصد است. از جمله آنها می توان به سیستم های موجود در روستاهای حجت آباد، درکان، چهل چشمه، دامنه، آشجرد و داران اشاره کرد.

ب) بین ۴۰ تا ۵۰ درصد: سیستم های آگروفارستری روستاهای اگریجه، دهق، گل امیر، خرسونک خشتی و اورگان در منطقه مورد مطالعه شامل این طبقه می باشند.

ج) بیشتر از ۵۰ درصد: سیستم های آگروفارستری موجود در روستاهای گشنیزجان، عادگان، خرسونک علیا، اسکندری، موغان و سد زاینده رود درصد رطوبت وزنی خاک آنها بین ۵۰ تا ۶۰ درصد می باشد.

بین بقیه فاکتورهای خاکشناسی اندازه گیری شده در سیستم های آگروفارستری منطقه تفاوت چندان زیادی وجود ندارد به طوریکه میزان PH از ۷/۶ تا ۸ ، EC از ۰/۳۱۱ تا ۱/۳۴۷ و درصد آهک خاک سیستم های آگروفارستری موجود در شهرستان های چادگان و فریدن اصفهان از ۸/۸ تا ۲۳/۸ می باشند.

بنابراین با توجه به طبقه بندی سیستم های آگروفارستری بر اساس سه فاکتور موثر در حفاظت خاک (بافت، درصد خلل و فرج و درصد رطوبت ثقلی خاک) در فوق، می توان گفت که سیستم های آگروفارستری موجود در روستاهای گشنیزجان، عادگان، خرسونک علیا، اسکندری، موغان و سد زاینده رود که عملیات موجود در آنها درختان برای حفظ و احیای خاک است، بهترین شرایط از نظر فرسایش-پذیری و حفاظت خاک را دارند.

در پایان باید گفت نقش حفاظتی درختان در پایداری اکوسیستم به خوبی شناخته شده است. حذف پوشش درختی یک منطقه نه تنها بر اراضی همجوار آن تأثیر می گذارد، بلکه موجب تخریب حوزه آبخیز، طغیان رودخانه ها و افزایش شدت رسوب گذاری در سدها نیز می شود. جنگل ها، سیستم های آگروفارستری و دیگر جوامع درختی اثرات مطلوب آنها بر حفاظت خاک، خصوصیات فیزیکی خاک، تعادل هیدرولوژیکی، ایجاد میکروکلیم و اثرات مفید سیستم های آگروفارستری (مانند بادشکن و درختان برای حفظ و احیای خاک)، به طور معنی داری مؤید نقش سودمند درختان در حفاظت خاک و پایداری اکوسیستم است (۱۵).

References

1. Agricultural Jihad Organization of Isfahan. (2012). Performance assessment report of agricultural Jihad organization management in province's cites, 81pp.
2. Black, C.A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1. PP:545-566, Ser. No. 9. ASA. Madison, WI.(In Persian).
3. Bouyoucos, G.j. 1962. Hydrometer Method improved for making particle size analysis of soils. Agron, Jou 54: 464-465.
4. Carlowitz, G. (1989). Agroforestry technologies and fodder production-concepts and examples. Agroforestry Journal, 9:1-16.

5. Gruenewald, H., 2006. Anbau schnellwachsender Gehoelze fuer die energetische Verwertung in einem Alley- Cropping- System auf Kippsubstraten des Lausitzer Braunkohlereviere. Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung 28pp.
6. Kalaba, K.F., Chirwa, P., Syampungani, S., and Ajayi, C.O. (2010). Contribution of agroforestry to biodiversity and livelihoods improvement in rural communities of Southern African regions, Environmental Science and Engineering, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 10(3): 461-476.
7. Matinkhah, S.H., Shamekhi, T., Khajedin, G., Kafari, M., and Jalalian, A. (2003). Developing a method for diagnosis and characterization of traditional agroforestry systems in Iran (Case Study: Kohkiloieh and Boyerahmad province). Iranian Journal of Natural Resources, 56 (3): 213-228. (In Persian).
8. Nair, P.K.R., 1993. An introduction to agroforestry, kluwer academic publishers, the Netherlands, 499pp.
9. Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. 1992. Method of Soil Analysis. American Society of Agronomy Madison WI, USA.
10. Pinho, R.C., Miller, R.P., and Afaia, S.S., 2012. Agroforestry and the improvement of soil fertility: A view from Amazonia, Hindawi Publishing Corporation Applied and Environmental Soil Science, 2012(3): 25-36.
11. Refahi H. (2009). Water erosion and conservation, University of Tehran Press, Tehran, 674pp. (In Persian).
12. Refahi H. (2009). Wind erosion and conservation, University of Tehran Press, Tehran, 315pp. (In Persian).
13. Ritro, G.Y., Avinimelich, M. 2003. Empirical relationship between conventionally determined pH and insitu values in waterlogged soil, Agriculture engineering, Elsevier, 27:1-80.
14. Salajegheh, A., Seyyed Alipur, M.H., and Hussain Ali Zadeh, M. (2013). Soil conservation and management Principles, University of Tehran Press, Tehran. (In Persian).
15. Shamekhi, T. (2006). Agroforestry, University of Tehran Press, Tehran, 260pp. (In Persian).
16. Spiegelaar, N.F., Tsuji, J.S., and Oelbermann, M., 2013. The potential use of agroforestry community gardens as a sustainable import-substitution strategy for enhancing food security in subarctic Ontario. Canada, 5: 4057-4075.

