



دانشگاه گورگان
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گورگان

نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی
جلد پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۵
<http://ejang.gau.ac.ir>

سیستم‌های آگروفارستری راهکاری مناسب به منظور بهبود حاصل خیزی و حفاظت خاک در مناطق خشک و نیمه خشک

*فاطمه جعفری میانایی^۱، حمیدرضا عسگری^۲ و محسن حسینعلی زاده^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۵

چکیده

سابقه و هدف: در مناطق خشک و نیمه خشک که از اکوسیستم بسیار شکننده‌ای برخوردارند، تخریب خاک یک پدیده رایج در این مناطق به حساب می‌آید. با اجرای سیستم‌های نوین کشاورزی می‌توان تلفات خاک را به حداقل رساند. سیستم آگروفارستری یک سیستم تلفیقی مدیریتی است که از طریق افزودن مواد آلی و مغذی به خاک، تجمع کربن و نیتروژن آلی در خاک و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به حاصلخیزی و حفاظت خاک کمک می‌کند. در سال‌های اخیر، مطالعات و پژوهش‌های زیادی در زمینه آگروفارستری صورت گرفته است ولی در بیشتر این پژوهش‌ها به موضوع حفاظت خاک کم‌تر توجه شده است. بنابراین در این پژوهش سعی شده است به مطالعه ارزیابی نقش درختان و ریشه آن‌ها بر روی حفاظت و حاصلخیزی خاک و کنترل فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه خشک پرداخته شود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از نوع مروری بوده که به روش کتابخانه‌ای و با استفاده از نتایج پژوهش‌های متعدد در خصوص سیستم‌های آگروفارستری و تأثیرات آن بر روی حاصلخیزی و حفاظت خاک انجام شده است.

*مسئول مکاتبه: fjafari6959@gmail.com

یافته‌ها: ارزیابی نقش درختان در افزایش حاصلخیزی مزارع و حفاظت از سایر اکوسیستم‌ها، از جمله مواردی است که در آگروفارستری مورد توجه قرار می‌گیرد. آگروفارستری به‌عنوان یک سیستم کاربری اراضی تعریف شده است که گیاهان چوبی به همراه محصولات کشاورزی، مراتع و دام رشد و نمو می‌کنند.

نتیجه‌گیری: سیستم‌های آگروفارستری به‌طور متداول در بیش‌تر مزارع کشاورزی و مراتع برای بهبود خاک، به‌خصوص برای چرخه مواد غذایی و به‌عنوان منبع مواد مغذی برای محصولات زراعی اجرا می‌شوند. با اجرای سیستم‌های نوین کشاورزی می‌توان از کاهش حاصلخیزی خاک کاست و هم‌چنین با استفاده از کشت مخلوط و تلفیقی می‌توان مقدار کمبود عناصر مورد نیاز خاک را جبران نمود. آگروفارستری پتانسیلی برای کنترل فرسایش از طریق تاج پوشش درخت و لاشبرگ فراهم می‌کنند. نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در مورد اجرای سیستم‌های آگروفارستری در راستای حفاظت، حاصلخیزی و بهبود خصوصیات خاک نشان‌دهنده مقرون‌به‌صرفه‌تر بودن اجرای این سیستم در مقابل دیگر سیستم‌های کشاورزی و مرتعی در مناطق خشک است. بنابراین، اجرای این سیستم در مناطق خشک یک راهکار مناسب به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک است، ضمن این‌که به بهبود معیشت ساکنان این مناطق نیز کمک می‌کند. در نتیجه با استفاده از اصول مدیریتی صحیح کاربری اراضی و اجرای کشاورزی نوین می‌توان به توسعه پایدار در کشاورزی و مرتع دست یافت.

واژه‌های کلیدی: کنترل فرسایش خاک، توسعه پایدار، مواد آلی و مغذی خاک

مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین اجزاء منابع طبیعی تجدیدشونده به حساب می‌آید. چنان‌چه این منبع با ارزش مورد حفاظت قرار نگیرد، قابلیت تولیدی آن کاهش یافته و پایداری جمعیت‌های انسانی و حیوانی روی آن در سطح فعلی متزلزل می‌شوند. حفاظت خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک که مستعد به فرسایش هستند از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد و حفظ حاصلخیزی خاک نیازمند نگهداری مواد آلی، مواد مغذی و خصوصیات فیزیکی است (۲۵). سیستم آگروفارستری یک روش مهم برای افزایش مواد آلی و غلظت کربن آلی خاک است، که کیفیت خاک را بهبود خواهد بخشید (۳۱). بنابراین این نوع سیستم افزایش‌دهنده حاصلخیزی خاک است که ترکیبی از محصولات کشاورزی و درختی با طول عمر مختلف برای به حداکثر رساندن و حفظ عملکرد کشاورزی و به حداقل رساندن تخریب منابع آب و خاک به‌کار گرفته شده است (۱۲). ارزیابی نقش درختان در افزایش حاصلخیزی مزارع و حفاظت از سایر اکوسیستم‌ها، از جمله مواردی است که در آگروفارستری مورد توجه قرار می‌گیرد. آگروفارستری به‌عنوان یک سیستم کاربری اراضی تعریف شده است که گیاهان چوبی به همراه محصولات کشاورزی، مراتع و دام رشد و نمو می‌کنند (۳۷). طبق طبقه‌بندی نایر (۱۹۹۲)، انواع اصلی سیستم‌های آگروفارستری رایج عبارتند از (۲۰):

- سیستم زراعت- جنگل‌کاری^۱ (پرورش گیاهان چوبی پایا به همراه محصولات زراعی)؛
- سیستم جنگل‌کاری- مرتعداری^۲ (پرورش گیاهان چوبی به همراه چراگاه دام یا مراتع) و
- سیستم زراعت- جنگل‌کاری- مرتعداری^۳ (پرورش گیاهان چوبی به همراه محصولات زراعی و دام).

درختان چندساله در سیستم‌های آگروفارستری به‌عنوان مالچ سطحی عمل می‌کنند و قادرند مواد مغذی (که در اثر آبشویی از سطح خاک به عمق منتقل شده است) را دوباره به سطح خاک برگردانند، رطوبت خاک را حفظ نموده و مواد آلی خاک را بهبود بخشند (۳۲). فعالیت‌های اکوسیستمی ایجاد شده توسط درختان در سیستم آگروفارستری شامل: کنترل فرسایش، ترسیب کربن، چرخه آب، کنترل آفات و بیماری‌ها و افزایش حاصلخیزی خاک هستند (۱۰). حاصلخیزی

1- Agrosilviculture
2- Silvopasture
3- Agrosilvopasture

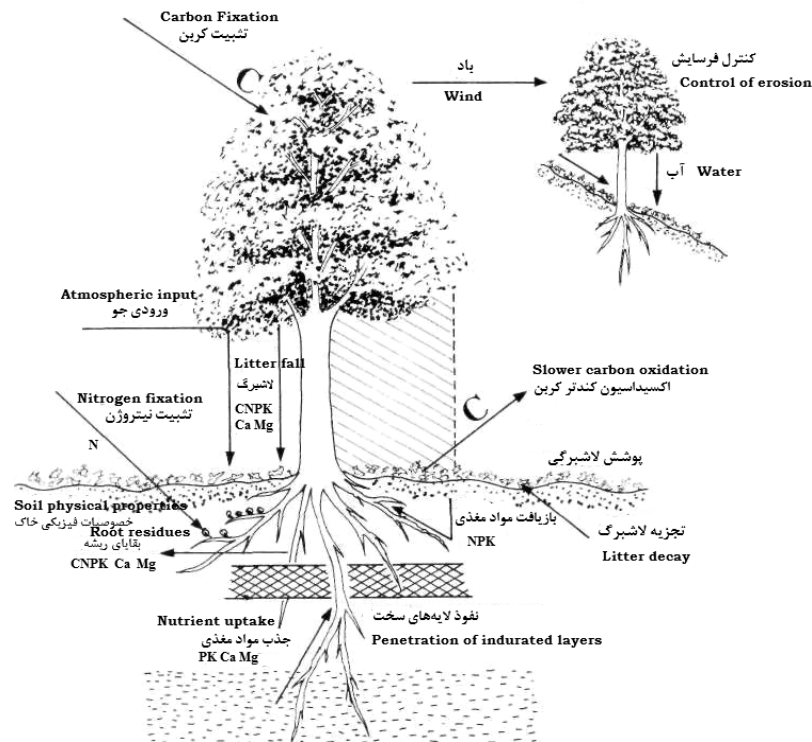
خاک یک عامل بسیار مهم در تعیین بهره‌وری اکوسیستم است. شرایط خاکی مناسب می‌تواند بر روی رشد و نمو و بقای گونه‌ها تأثیرات مثبت داشته باشد (۳۶). نتایج یک پژوهش در آفریقا نشان داده که مقادیر کم مواد آلی خاک و محدودیت مواد مغذی مورد نیاز گیاهان در خاک، به‌ویژه ازت و فسفر (که محدودیت‌های اصلی برای بهره‌وری کشاورزی را ایجاد می‌کنند)، بیش‌تر از طریق تلفات خاک سطحی تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند (۲۷). درختان در بیش‌تر سیستم‌های آگروفارستری حضور دارند. بنابراین بررسی و ارزیابی نقش درختان بر حاصلخیزی و حفاظت خاک در سیستم‌های آگروفارستری از اهمیت بالایی برخوردار است.

نقش درختان در حاصلخیزی و حفاظت خاک: روش‌های بهبود شرایط خاک توسط درختان به‌طور گسترده‌ای توسط پژوهش‌گران مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (۲۰، ۳۷ و ۲۸). درختان می‌توانند حاصلخیزی خاک یک منطقه را هم از طریق کاهش تلفات مواد مغذی (هدررفت مواد مغذی از طریق فرسایش و آبشویی) و هم توسط افزایش مواد مغذی (از طریق تثبیت نیتروژن) بهبود بخشند. کاشت درختان در سیستم‌های آگروفارستری، علاوه بر تولید چوب یا میوه، خاک‌های مناطق خشک را در برابر فرسایش حفاظت می‌کنند. درختان کاشته شده در این مناطق اغلب تثبیت‌کننده نیتروژن هستند و نیتروژن موجود در خاک را افزایش می‌دهند (۲۸). خاک‌های حاصلخیز نیز به نوبه خود گسترش ریشه، فراهمی آب، هوا و مواد مغذی را برای گیاهان تسهیل می‌کنند. هدف اولیه حفاظت از خاک، بهبود یا حفظ حاصلخیزی خاک است. بنابراین برای رسیدن به این هدف، کنترل فرسایش، حفظ ماده آلی و خصوصیات فیزیکی و نگهداری مواد مغذی ضروری است. به همین منظور سیستم آگروفارستری کاربری اراضی پایدار را ایجاد می‌کند و به بهبود خاک‌ها کمک می‌کند.

فرآیندهایی که توسط درختان موجب حفظ یا بهبود حاصلخیزی خاک می‌شوند، شامل (۳۷):

۱. تثبیت کربن و انتقال آن به خاک از طریق لاشبرگ و ریشه‌های پوسیده
۲. تثبیت نیتروژن توسط درختان تیره لگومینوزه و تعداد کمی از گونه‌های غیرلگومینوز (به‌عنوان مثال توسکا و دم‌اسبی)
۳. بهبود چرخه مواد مغذی به‌وسیله ریشه درختان، از جمله از طریق میکوریزا و افق‌های پایین‌تر

۴. فراهم نمودن شرایط مطلوب برای ورود مواد مغذی از طریق بارش و گرد و غبار
 ۵. کنترل فرسایش
 ۶. جذب مواد مغذی از طریق ریشه که در غیر این صورت توسط آبشویی از دست خواهند رفت
 ۷. خاک‌های زیر درختان ساختار مناسب و ظرفیت نگهداری آب از طریق حفظ مواد آلی و عمل ریشه دارند
 ۸. اثرات سایه درخت بر روی میکرو اقلیم
 ۹. پتانسیل بالقوه از طریق مدیریت هرس و ارتباط هم‌زمان آزادسازی مواد مغذی از لاشبرگ و جذب آن‌ها توسط محصول
- مورنو و همکاران (۲۰۰۷)، به بررسی پوشش گیاهی در زیر تاج پوشش و تغییرات حاصلخیزی خاک بر اثر اجرای سیستم‌های آگروفارستری در مناطق کم‌بازده پرداختند. آن‌ها دریافتند که درختان در اراضی کشاورزی در صورتی که با فاصله مشخص کشت شوند و هرس به موقع انجام شود، می‌تواند منجر به حاصلخیزی زیادتر خاک و تولید بیشتر و بهتر محصولات زراعی در اراضی آگروفارستری در مقایسه با اراضی بدون این سیستم شود (۱۷). بلسکی (۱۹۹۴)، دریافت که خاک‌های زیر درختان تجمع بیشتری از کربن، نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم در مقایسه با خاک‌های مراتع مجاور داشته‌اند (۲). یومر و همکاران (۲۰۱۳)، تأثیر درختان (*Faidherbia albida*) را بر روی حاصلخیزی خاک در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی در شرق و جنوب زامبیا بررسی نمودند. آن‌ها دریافتند یک رابطه خطی منفی بین فاصله از درختان و نیتروژن کل، کربن آلی و پتاسیم وجود دارد و بیش‌ترین میزان این پارامترها در زیر تاج پوشش درخت بوده است (۳۵). آمیقی و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی تأثیر سیستم آگروفارستری بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد تفاوت معنی‌داری بین منطقه دارای سیستم آگروفارستری (کشت نواری گندم در بین درختان زیتون) و منطقه شاهد (زراعت گندم) وجود دارد و منطقه آگروفارستری موجب بهبود خصوصیات خاک در مقایسه با منطقه زراعی شده است (۱). در شکل (۱) فرآیندهایی که توسط درختان منجر به بهبود و حاصلخیزی خاک می‌شوند نشان داده شده است.



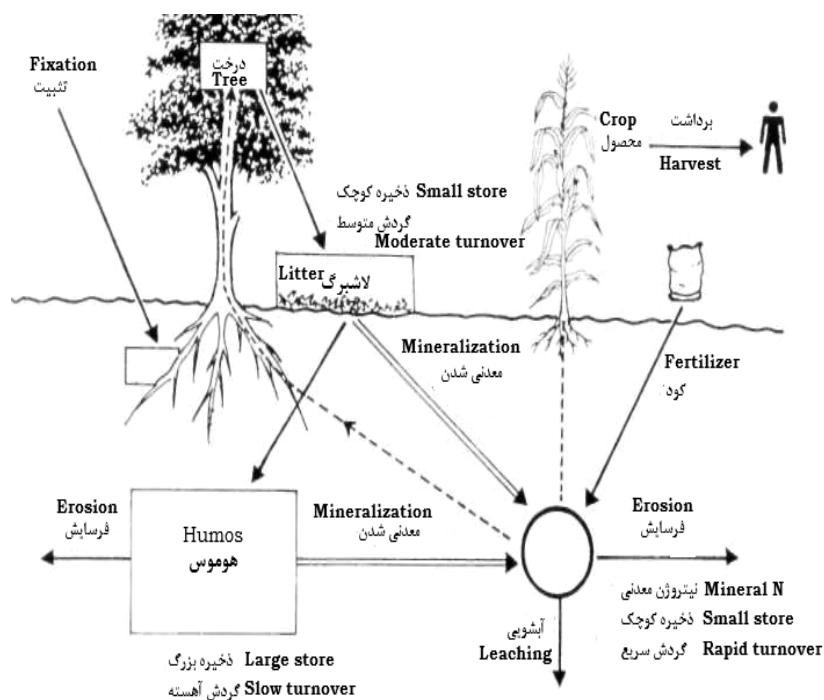
شکل ۱- فرایندهای بهبود حاصلخیزی و حفاظت خاک توسط درختان (۳۷).

Figure 1. Processes by which trees improve fertility and conservation soils (37).

تثبیت نیتروژن توسط درختان در سیستم آگروفارستری: مقدار قابل توجهی از نیتروژن ورودی از طریق تثبیت زیستی N_2 توسط درختان یا درختچه‌ها در همزیستی با میکروب‌ها می‌تواند اثرات مثبتی در جهت حاصلخیزی، بهبود خاک و بهره‌وری از سیستم‌های آگروفارستری و کشاورزی داشته باشند. نیتروژن تثبیت شده از طریق لاشبرگ، ریشه و غده پوسیده شده به درون خاک آزاد می‌شوند (۱۱). نیتروژن مولکولی نمی‌تواند به‌طور مستقیم توسط گیاهان مورد استفاده قرار گیرد، اما از طریق فرایند تثبیت زیستی نیتروژن قابل استفاده می‌شوند (۹). نقش مهمی که نیتروژن در بین عناصر غذایی دارد به‌علت مقدار به‌نسبت زیادی است که توسط گیاهان و موجودات زنده خاک در مقایسه با سایر مواد مغذی مورد نیاز است. نیتروژن پایین خاک رشد گیاه را بر روی بسیاری از خاک‌های مناطق گرمسیری، به‌خصوص خاک‌هایی با مقدار مواد آلی کم مانند خاک‌های شنی و محیط‌های نیمه‌خشک محدود

می‌سازد. در چنین خاک‌هایی، قابل استفاده بودن نیتروژن برای محصولات می‌تواند به‌طور مؤثری از طریق کاربرد درختان تثبیت‌کننده نیتروژن در روابط بین درخت- محصول، میسر شود. کمبود نیتروژن در گیاهان توسط رنگ زرد برگ‌ها و رشد کوتاه و کند تشخیص داده می‌شود (۲۹). گیاهان تیره حبوبات موجب افزایش ازت خاک و در نتیجه، اصلاح خاک اراضی کشاورزی می‌شود. این امر به‌عنوان یکی از ویژگی‌های سودمند آگروفارستری تلقی می‌شود (۳۱).

تثبیت نیتروژن به دو روش همزیستی و غیرهمزیستی صورت می‌گیرد. تثبیت غیرهمزیستی توسط موجودات زنده آزادی انجام می‌شود. این امر می‌تواند اهمیت نسبی قابل توجهی برای نیازهای بزرگ اکوسیستم‌های طبیعی باشند. اما در ارتباط با تقاضای بیش‌تر سیستم‌های کشاورزی کوچک است. احتمالاً با وضعیت مواد آلی و در نتیجه فعالیت‌های میکروبی خاک متفاوت است. تثبیت همزیستی خاک از طریق پیوستگی ریشه‌های گیاه با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اتفاق می‌افتد (۳۷). شکل (۲) چرخه نیتروژن را در یک سیستم آگروفارستری نشان می‌دهد.



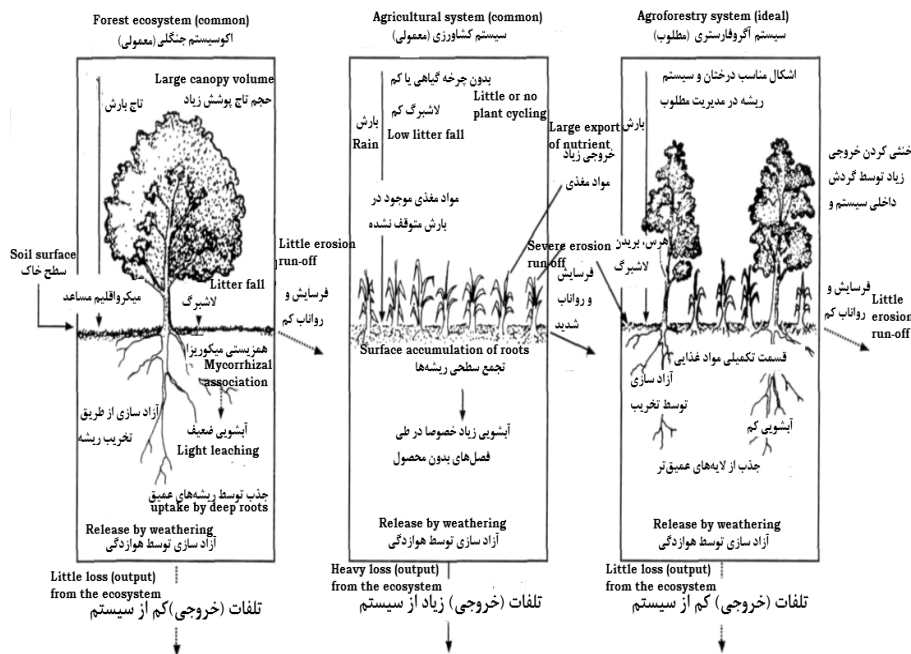
شکل ۲- چرخه نیتروژن تحت سیستم آگروفارستری (۳۷).

Figure 2. The nitrogen cycle under agroforestry system (37).

فیشر (۱۹۹۵) بیان نمود که درختان ممکن است از راه‌های مختلفی کیفیت خاک را بهبود بخشند، بسیاری از گونه‌های درختی گرمسیری باعث جذب N_2 اتمسفر شده و در نتیجه محتوای ازت خاک را افزایش می‌دهند. در مناطق دارای سیستم آگروفارستری سیستم ریشه بزرگ درختان به‌طور بالقوه مواد مغذی را از حجم زیادی از خاک جمع‌آوری می‌نمایند (۸).

چرخه مواد غذایی و ماده آلی در سیستم‌های آگروفارستری: درختان می‌توانند مقدار قابل‌توجهی مواد مغذی را به خاک اضافه کنند. سینگ و حزرا (۱۹۹۵) گزارش کردند سیستم جنگل‌کاری در حفظ مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، کربن آلی، کاهش اسیدیته و شوری خاک در مقایسه با اراضی تخریب‌شده کمک می‌کنند (۳۳). شماتیکی از الگوی کلی چرخه مواد مغذی در یک سیستم آگروفارستری در مقایسه با سیستم کشاورزی و جنگلی در شکل (۳) ارائه شده است. این چرخه شامل ورودی‌ها، خروجی‌ها (تلفات) و گردش داخلی و یا انتقال می‌باشد. ورودی‌ها از طریق کود، باران، گرد و غبار، مواد آلی اضافه شده به سیستم، تثبیت نیتروژن و هم‌چنین هوازدگی سنگ‌ها (برای عناصر دیگر)؛ خروجی‌های اصلی از راه فرسایش، نفوذ (آبشویی) و برداشت محصول (برای همه مواد مغذی)، عمل تبخیر (برای نیتروژن) و احتراق (برای نیتروژن و فسفر) حاصل می‌شوند (۲۰).

سیستم‌های آگروفارستری یک اصل اساسی پایدار برای بازگشت مواد مغذی حذف شده از طریق برداشت محصول، رواناب، فرسایش، آبشویی، نیتراته شدن و دیگر راه‌های تلفات به خاک هستند (۲۴). درختان علاوه بر فراهم نمودن چوب، سوخت، علوفه یا سایه موجب حفظ حاصلخیزی خاک می‌شوند. اعتقاد بر این است که آگروفارستری برای افزایش چرخه مواد غذایی نسبت به سیستم کشاورزی مؤثرتر هستند (۲۳). کسز و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی میزان مواد مغذی خاک در دو منطقه دارای سیستم آگروفارستری و مرتع در ماناگوا (کشور نیکاراگوئه) پرداختند. آن‌ها میزان ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک را در منطقه آگروفارستری و در زیر درختان بیش‌تر از کاربری مرتع گزارش نمودند. علت افزایش مواد مغذی را به تجزیه لاشبرگ‌های موجود در پای درختان بیان نمودند (۷).



شکل ۳- تصویر شماتیکی از روابط مواد مغذی و برتری سیستم‌های آگروفارستری در مقایسه با سیستم‌های رایج کشاورزی و جنگلی (۱۹).

Figure 3. Schematic representation of nutrient relations and advantages of "ideal" agroforestry systems in comparison with common agricultural and forestry systems (19).

اولیایی و همکاران (۲۰۱۱)، در منطقه جنگلی یاسوج پژوهشی انجام داده‌اند. آن‌ها دریافتند میزان تجمع و تجزیه مواد آلی در محیط‌های خشک کم بوده و به همین دلیل حاصلخیزی خاک نیز در این مناطق کم بوده است و آن مقدار ماده آلی که در خاک وجود دارد می‌تواند به سرعت در موقعی که خاک‌ها برای تولید محصولات کشاورزی مورد کشت و زرع قرار می‌گیرند، از بین بروند اما با اجرای سیستم‌های نوین کشاورزی می‌توان از کاهش حاصلخیزی خاک کاست و همچنین با استفاده از کشت مخلوط و تلفیقی می‌توان مقدار کمبود عناصر مورد نیاز خاک را جبران نمود (۲۲). تورن‌کوئیست و همکاران (۱۹۹۹)، در منطقه‌ای از کاستاریکا به بررسی تأثیر سیستم‌های آگروفارستری بر روی خصوصیات خاک و مقایسه آن با کاربری مرتع پرداختند. آن‌ها دریافتند سیستم آگروفارستری باعث بهبود خصوصیات خاک در مقایسه با مرتع می‌شوند و کربن آلی، نیتروژن و فسفر خاک بیش‌ترین میزان را در منطقه آگروفارستری داشتند (۳۴).

لال و گرین‌لند (۱۹۷۹)، با انجام آزمایش‌ها در منطقه دارای سیستم آگروفارستری و مراتع مجاور به‌عنوان منطقه شاهد دریافتند که شرایط فیزیکی خاک، مستقل از محتوای عناصر مغذی آن‌ها می‌تواند به‌طور اساسی بر روی حاصلخیزی خاک اثر بگذارند. خاک‌ها بر اثر اجرای سیستم آگروفارستری و به‌دلیل وجود مواد آلی بیشتر در مقایسه با سایر سیستم‌های کشاورزی از ویژگی‌های مطلوب‌تری برخوردار است (۱۴). یانگ (۱۹۸۹) در برش عرضی از خاک دریافت مواد آلی بیشتر و خصوصیات فیزیکی بهتری در زیر درخت مشاهده می‌شود (۳۷).

تأثیر آگروفارستری بر فرسایش خاک: تأثیر اصلی فرسایش خاک، کاهش حاصلخیزی است. بنابراین کنترل فرسایش یک گام ضروری در حفظ حاصلخیزی خاک به‌شمار می‌آید. پتانسیل آگروفارستری برای کاهش یا از بین بردن کاهنده‌های حاصلخیزی خاک حداقل به‌عنوان کنترل‌کننده فرسایش مهم است. بیش‌تر اراضی مناطق خشک مستعد فرسایش و دیگر اشکال تخریب خاک هستند که هر دو منجر به کاهش حاصلخیزی و از بین رفتن پایداری می‌شوند. بنابراین، اثرات آگروفارستری بر حفظ حاصلخیزی خاک باید به همراه اثرات مستقیم آن بر کنترل فرسایش مطالعه شوند. آگروفارستری پتانسیلی برای کنترل فرسایش از طریق تاج پوشش درخت و لاشبرگ فراهم می‌کند، علاوه بر آن درختان به‌عنوان مانع رواناب عمل می‌کنند (۳۷). نقش آگروفارستری در کاهش تلفات از طریق فرسایش خاک در بسیاری از پژوهش‌های علمی گزارش شده است (۳۰ و ۶). درختان در سیستم آگروفارستری به‌عنوان محافظی در برابر فرسایش خاک و همچنین به‌عنوان بادشکن عمل می‌کنند. سیستم‌های آگروفارستری به‌طور متداول در بیش‌تر مزارع کشاورزی و مراتع برای بهبود خاک، به‌خصوص برای چرخه مواد غذایی و به‌عنوان منبع مغذی برای محصولات زراعی اجرا می‌شوند (۲۱).

حفاظت خاک برای حل مشکلات تخریب اراضی به‌خصوص فرسایش خاک است. فرسایش خاک در نتیجه تأثیر نیروهای فیزیکی باد و آب بر روی خاک‌هایی که معمولاً به‌دلیل دخالت بشر در محیط زیست طبیعی آسیب دیده‌اند، به وقوع می‌پیوندد. به همین دلیل فرسایش خاک می‌تواند به‌عنوان نشانه‌ای از تغییر کاربری اراضی و مدیریت ناصحیح در نظر گرفته شود. حفاظت خاک می‌تواند به‌عنوان ترکیبی از فعالیت‌های مدیریتی و کاربری اراضی مناسب تعریف شود که بهره‌وری و توسعه پایدار خاک را افزایش می‌دهد و فرایندی است که فرسایش خاک و دیگر اشکال تخریب اراضی را به حداقل می‌رساند (۲۶). فرسایش، تخریب فیزیکی، شیمیایی و زیستی، شور شدن و آلودگی از اشکال

شناخته شده تخریب خاک هستند. شواهد و روش‌هایی برای کنترل فرسایش در سیستم‌های آگروفارستری پیشنهاد شده است (۳۷):

۱. بیش‌ترین پتانسیل آگروفارستری برای تامین و حفاظت سطح خاک در زیر تاج پوشش درختان است.

۲. اثرات مستقیم تاج پوشش درختان بر حفظ سطح خاک کم‌تر از لاشبرگ روی سطح زمین هستند.

۳. پوشش لاشبرگی، خاک را طی دوره باران‌های فرساینده حفظ می‌کنند.

بنابراین پیشگیری مستقیم از فرسایش خاک، توسط تاج پوشش درختان و لاشبرگ سطحی متشکل از بقایای محصول، هرس درختان یا هر دو به‌عنوان مؤثرترین روش حفاظت خاک است.

ترسیب کربن در سیستم‌های آگروفارستری: ترسیب کربن فرایند تبدیل کربن موجود در اتمسفر (دی‌اکسیدکربن یا CO₂) به‌صورت کربن ذخیره شده در خاک است. سیستم‌های آگروفارستری منجر به تجمع کربن آلی در خاک توسط فراهم نمودن منابع مداوم مواد آلی و افزایش میکروارگانیسم‌های خاک و چرخه مواد مغذی می‌شوند. ذخیره کربن خاک تحت سیستم‌های آگروفارستری به‌دلیل افزایش ورودی کربن از طریق لاشبرگ و زیست‌توده ریشه افزایش می‌یابد (۳). آگروفارستری نقش مهمی در افزایش میزان ترسیب کربن و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند (۵). میزان ترسیب کربن خاک بستگی به مواد آلی ایجادشده توسط گیاهان، خصوصیات خاک مانند ساختمان خاک و خاکدانه‌های آن و اقلیم دارد (۱۳). درختان از طریق روش‌های مختلفی مواد، چه از طریق ریشه‌ها یا کاه و کلش یا به‌صورت ترشحات ریشه‌ای در ریزوسفر، کربن آلی را به سیستم خاک اضافه می‌کنند (۴). با توجه به این‌که کربن تقریباً ۵۰ درصد از وزن خشک شاخه‌ها و ۳۰ درصد از شاخ و برگ را دربرمی‌گیرند، درختان به‌طور فزاینده‌ای به تجمع کربن در خاک‌ها و در نتیجه کاهش گازهای گلخانه‌ای که سبب گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی حال حاضر شده است، کمک می‌کنند (۱۸). بررسی‌های لوت و همکاران (۲۰۰۲)، نشان می‌دهد که گونه‌های درختی در زیر تاج پوشش خود می‌توانند چرخه کربن، نیتروژن و دیگر عناصر غذایی در خاک را تحت‌تأثیر قرار دهند که این موضوع می‌تواند بر فرایندهای حیاتی در سطح اکوسیستم مؤثر باشد (۱۵). منگلسری و همکاران (۲۰۱۴)، میزان ترسیب کربن را در سیستم‌های آگروفارستری (تلفیقی از درخت و مرتع)، اراضی درخت‌کاری شده و مرتع در مناطق خشک هند برآورد نمودند. آن‌ها میزان ترسیب کربن در سیستم آگروفارستری ۳۶/۳ تا ۶۰ درصد بیش‌تر از سیستم درخت‌کاری شده و ۲۷/۱ تا ۷۰/۸ درصد بیش‌تر از اراضی مرتع گزارش نمودند.

بنابراین، سیستم آگروفارستری می‌تواند نقش مهمی در ترسیب کربن اتمسفر در مقایسه با سیستم‌هایی که فقط دارای درخت یا مرتع هستند، داشته باشد (۱۶).

نقش ریشه‌های درختان در حاصلخیزی خاک در سیستم‌های آگروفارستری: نقش ریشه‌ها در حاصلخیزی خاک برای کمک به حفظ مواد آلی و شرایط فیزیکی خاک و جذب مواد غذایی و آب می‌باشد. درختان مواد مغذی را از لایه‌های عمیق‌تر خاک جذب و از طریق لاشبرگ به سطح خاک می‌افزایند هم‌چنین با افزایش نسبت جذب به تلفات آبشویی نیز به حاصلخیزی خاک کمک می‌کنند. هم‌چنین نقش مستقیمی بر پایداری خاک و در نتیجه کاهش تلفات مواد مغذی در فرسایش دارند (۳۷). سه ویژگی مهم سیستم‌های ریشه‌ای شامل: زیست‌توده، گردش و محتوای مواد مغذی هستند. زیست‌توده ریشه درختان به‌طور معمول ۳۰-۲۰ درصد از زیست‌توده کل گیاه است. معمولاً باید الگوی‌های ریشه‌ای درختان و محصولات به‌منظور کاهش رقابت برای جذب آب و مواد غذایی کاملاً متفاوت باشند. راه‌حلی برای استفاده بهینه از سیستم‌های ریشه‌ای در آگروفارستری، به حداکثر رساندن اثرات مثبت آن‌ها هم‌زمان با کاهش رقابت بین درخت و محصول یا گیاهان مرتعی برای نور، رطوبت و مواد مغذی است. بر این اساس معمولاً ترکیب محصولات با ریشه کم‌عمق و درختان با ریشه عمیق ذکر شده است. اگر گستردگی ریشه جانبی کم باشد، رقابت برای مواد مغذی به حداقل می‌رسد. مواد مغذی توسط جریان توده‌ای و انتشار از میان خاک حرکت می‌کنند. فسفر کم‌ترین میزان حرکت، پتاسیم با جابجایی متوسط و نیترات-نیترژن سریع‌ترین حرکت در خاک را دارند. این باعث می‌شود فسفر شیب غلظتی بالایی در اطراف ریشه‌ها داشته باشند، در حالی‌که نیترژن شیب پایین‌تری دارند. مقادیر بالای آب در خاک، میزان انتشار و رقابت بین ریشه‌ای را افزایش می‌دهد. ریشه‌های ضخیم منابع مواد مغذی در نزدیکی خاک را کاهش می‌دهند، در حالی‌که ریشه‌های نازک و ریشه‌های قارچی شیب‌های غلظتی تندتری را بلافاصله در اطراف خاک ایجاد می‌کنند (۳۷).

نتیجه‌گیری

از آنجایی که خاک‌ها در مناطق خشک از لحاظ مواد آلی و مغذی فقیر و مستعد به فرسایش هستند، استفاده نامناسب از این اراضی کم‌بازده منجر به مشکلات متعدد تخریب، به‌ویژه فرسایش شدید خاک خواهد شد. بنابراین، با استفاده از یک مدیریت صحیح می‌توان این مشکلات را کنترل کرد. از جمله انتخاب صحیح درختان در سیستم‌های آگروفارستری اهمیت بسیار زیادی دارد. انتخاب

درختان دارای تاج پوشش کوچک و سبک (برای رسیدن نور کافی به محصولات)، رعایت فواصل مناسب کاشت درختان، هرس به موقع شاخ و برگ‌های درختان جهت تردد ادوات کشاورزی و انتخاب گونه‌های درختی برخوردار از ریشه‌های عمیق برای جذب رطوبت و مواد غذایی از اعماق خاک در این امر ضروری می‌باشند. همچنین با توجه به مشکلات کمبود آب در این مناطق برای رشد درختان، استفاده بهینه از منابع آب با به‌کارگیری روش‌های مدرن آبیاری دارای اهمیت می‌باشد. نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام‌شده در مورد اجرای سیستم‌های آگروفارستری در راستای حفاظت، حاصلخیزی و بهبود خصوصیات خاک نشان‌دهنده مقرون‌به‌صرفه‌تر بودن اجرای این سیستم در مقابل دیگر سیستم‌های کشاورزی و مرتعی در مناطق خشک است. بنابراین، اجرای این سیستم در مناطق خشک یک راهکار مناسب به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک است، ضمن این‌که به بهبود معیشت ساکنان این مناطق نیز کمک می‌کند. در نتیجه با استفاده از اصول مدیریتی صحیح کاربری اراضی و اجرای کشاورزی نوین می‌توان به توسعه پایدار در کشاورزی و مرتع دست یافت. در انواع مختلف سیستم‌های آگروفارستری، تنها سه دسته مؤلفه اصلی وجود دارد که توسط انسان مدیریت می‌شوند که شامل: گیاهان چوبی (درختان و درختچه‌ها)، گیاهان علفی یا محصولات زراعی و دام‌ها هستند. کاهش سطح جنگل‌های کشور، افزایش جمعیت و نیاز به مواد غذایی، کاهش سطح مراتع و افزایش چرای دام، جلوگیری از روند فرسایش خاک به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک و استفاده بهینه از زمین از جمله دلایل منطقی هستند که استفاده از سیستم‌های آگروفارستری را توجیه می‌نمایند.

رهیافت ترویجی

با توجه به اهمیت خاک به‌عنوان یک منبع تجدیدپذیر، بنابراین حفظ این منبع با ارزش ضروری است. بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده توسط پژوهش‌گران مختلف و نتایج حاصل از این پژوهش‌ها نشان می‌دهد، سیستم‌های آگروفارستری علاوه بر مزایای اقتصادی و اجتماعی نقش مهمی برای حفاظت و حاصلخیزی خاک ایفا می‌کنند. اجرای این سیستم نیازمند اطلاعاتی مانند نوع گونه سازگار با منطقه، گونه‌های با نیاز آبی کم‌تر، کشت محصولات متناسب با خاک و آب و هوای منطقه و سایر اطلاعات می‌باشد. بنابراین بهره‌مندی از این مزایا نیازمند مدیریت صحیح است. با توجه به منافع این نوع سیستم، به کشاورزان، دامداران، مرتعداران و بهره‌وران و مجریان توسعه بخش کشاورزی و مرتعی توصیه می‌گردد با یک برنامه‌ریزی صحیح و آگاهانه به اجرای این طرح به‌خصوص در مناطق خشک و

نیمه‌خشک که بیش‌تر در معرض تخریب خاک و فرسایش و همچنین با کمبود آب مواجه هستند، پردازند. بنابراین کاشت درختان (مثمر و غیرمثمر) در مزارع (به‌صورت نواری در بین محصولات یا به‌صورت بادشکن جهت حفاظت از محصولات در برابر باد) و مراتع با توجه به نیازها و ظرفیت منطقه به کشاورزان، دامداران و سایر نهادها و بهره‌برداران از عرصه‌های طبیعی و کشاورزی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Amighi, S.J., Asgari, H.R., Sheikh, V.B., and Solaimani, M. 2013. Assessment of agroforestry systems impacts on some soil physical and chemical properties, J. ECISI. 3: 4. 894-899. (In Persian)
2. Belsky, A.J. 1994. Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients and tree-grass competition. Ecology, Ecological Society of America, 75: 922-932.
3. Benbi, D.K., Brar, K., Toor, A.S., Singh, P., and Singh, H. 2012. Soil carbon pools under poplar-based agroforestry, rice-wheat and maize-wheat cropping systems in semi-arid India. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 92: 1. 107-118.
4. Bertin, C., Yang, X., and Weston, L.A. 2003. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere, J. Plant Soil. 256: 1. 67-83.
5. Branca, G., Lipper, L., McCarthy, N., and Jolejole, M.Ch. 2013. Food security, climate change and sustainable land management, (A review). J. Agron. Sust. Dev. 33: 635-650.
6. Breman, H., and Kessler, J.J. 1997. The potential benefits of agroforestry in the Sahel and other semi-arid regions. Eur. J. Agron. 7: 25-33.
7. Casals, P., Romero, J., Rusch, G.M., and Ibrahim, M. 2013. Soil organic C and nutrient contents under trees with different functional characteristics in seasonally dry tropical silvopastures, J. Plant Soil. 374: 643-659.
8. Fisher, R.F. 1995. Amelioration of degraded rain forest soils by plantations of native trees. Amer. J. Soil Sci. Soc. 59: 544-549.
9. Franche, C., Lindstrom, K., and Elmerich, C. 2009. Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. J. Plant Soil. 321: 35-59.
10. Izac, A.M.N. 2003. Economic aspects of soil fertility management and agroforestry practices, In: Schroth, G. and Sinclair, F.G. (Eds). Trees, crops and soil fertility concepts and research methods, CABI, London, UK, 450p.
11. Khanna P.K. 1998. Nutrient cycling under mixed-species tree systems in Southeast Asia. J. Agrofor. Syst. 38: 99-120.
12. Lal, R. 1990. Soil Erosion in the Tropics: Principles and Management. New York: McGraw-Hill, Inc. 580p.

13. Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *J. Sci.* 304: 1623-1627.
14. Lal, R., and Greenland, D.J. 1979. Soil physical properties and crop production in the tropics. Chichester, UK, John Wiley and Sons, 551p.
15. Lovett, G.M., Weathers, K.C., and Arthur, M.A. 2002. Control of nitrogen loss from forested watersheds by soil carbon: nitrogen ratio and tree species composition. *J. Ecosyst.* 5: 712-718.
16. Mangalassery, Sh., Dayal, D., Meena, S.L., and Ram, B. 2014. Carbon sequestration in agroforestry and pasture systems in arid northwestern India. *Curr. Sci. J.* 107: 8. 1290-1293.
17. Moreno, G., Obrader, J.J., and Garcia, A. 2007. Impact of evergreen oaks on soil fertility and crop production in intercropped dehesas, *J. Agric. Ecosyst. Environ.* 119: 270-280.
18. Nair, P.K.R., Nair, V.D., Mohan Kumar, B., and Showalter, J.M. 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems, *J. Agron.* 108: 237-307.
19. Nair, P.K.R. 1984. Soil Productivity Aspects of Agroforestry. *Science & Practice of Agroforestry 1*. ICRAF, Nairobi, Kenya, 85p.
20. Nair, P.K.R. 1992. An introduction to agroforestry, Florida, USA, ICRAF, 489p.
21. Ngetich, F.K., Shisanya, Ch.A., Mugwe, J., Mucheru-Muna, M., and Mugendi, D. 2012. The potential of organic and inorganic nutrient sources in Sub-Saharan African crop farming systems. In: Whalen, J.K. (Ed), *Soil Fertility Improvement and Integrated Nutrient Management- A Global Perspective*, In Tech, Chapters published, 306p.
22. Oliayee, H.R., Adhami, A., Faraji, H., and Fayyaz, P. 2011. Effect of Iranian Oak tree (*Quercus brantii* L.) on some soil properties in Yasooj forest area, *Journal of Agriculture Sciences & Technology and Nature Resource, J. Soil Water Sci.* 56: 193-207. (In Persian)
23. Sanchez, P.A. 1995. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*, 30: 5-55.
24. Sanchez, P.A., Izac, A.M.N., Valencia, I., and Pieri, C. 1995. Soil fertility replenishment in Africa: a concept note; Africa. Nairobi, World Agroforestry Centre (ICRAF). Pp: 200-207.
25. Sanchez, P.A., Villachica, J.H.B., and D.E. 1983. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 47: 1171-1178.
26. Sanders, D. 2004. Soil Conservation, In: Verhey, W.H. (Ed.) *Land Use, Land Cover and Soil Sciences*, in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, World Association of Soil and Water Conservation, Bristol, England, 361p.
27. Schlecht, E., Buerker, A., Tielkes, E., and Bationo, A. 2006. A critical analysis challenges and opportunities for soil fertility restoration in Sudano-Sahelian West Africa. *J. Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 76: 109-136.

28. Schroth, G., and Sinclair, F.G. 2002. Impacts of trees on the fertility of agricultural soils. In: Schroth, G. and Sinclair, F.G. (Eds.). Trees, crops and soil fertility concepts and research methods, CABI, London, UK, 450p.
29. Schroth, G., Lehmann, J., and Barrios, E. 2002. Soil nutrient availability and acidity. In: Schroth, G. and Sinclair, F.G. (Eds.). Trees, crops and soil fertility concepts and research methods, CABI, London, UK, 450p.
30. Schroth, G., Oliver, R., Balle, P., Gnahoua, G.M., Kanchanakanti, N., Leduce, B., Mallet, B., Peltier, R., and Zech, W. 1995. Alley cropping with *Gliricidia sepium* on a high base status soil following forest clearing: effects on soil conditions, plant nutrition and crop yields. *Agrofor. Syst.* 32: 3. 261-276.
31. Shamekhi, T. 2007. Agroforestry, Tehran University, Press, 260p. (In Persian)
32. Sharma, N.K., Singh, P.N., Tyagi, P.C., and Mohan, S.C. 1998. Effect of leucaena mulch on soil-water use and wheat yield. *J. Agric. Water Manage.* 35: 3. 191-200.
33. Singh, D.P., and Hazra, C.R. 1995. Rehabilitation of degraded water land through soil and water conservation and silvipasture at Gaharaw watershed. In: Agroforestry systems for degraded lands (P. Singh, P.S. Pathak and M.M. Roy, Eds.), Vol. 1, Science publishers, Inc. 52 La Bombard Road, North Lebanon, U.S.A. 61p.
34. Tornquist, G.C., Hons, F.M., Feagley, S.E., and Haggard, J. 1999. Agroforestry system effects on soil characteristics of the Sarapiqu region of Costa Rica. *J. Agric. Ecosyst. Environ.* 73: 19-28.
35. Umar, B.B., Aune, J.B., and Lungu, O.I. 2013. Effects of *Faidherbia albida* on the fertility of soil in smallholder conservation agriculture systems in eastern and southern Zambia, *Agriculture Research*, 8: 2. 173-183.
36. Van Breugel, M., Hall, J.S., Craven, D.J., Gregoire, T.G., Park, A., Dent, D.H., Wishnie, M.H., Mariscal, E., Deago, J., Ibarra, D., Cedeno, N., and Ashton, M.S. 2011. Early growth and survival of 49 tropical tree species across sites differing in soil fertility and rainfall in Panama. *Forest Ecology and Management*, 261: 1580-1589.
37. Young, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. ICRAF, Nairobi, Oxford University Press, USA, 284p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Conservation and Utilization of Natural Resources, Vol. 5 (2), 2016
<http://ejang.gau.ac.ir>

Agroforestry systems a suitable approach to improve fertility and soil conservation in arid and semi-arid areas

***F. Jafari Mianaei¹, H.R. Asgari² and M. Hosseinalizadeh²**

¹M.Sc. Student, Dept. of Arid Areas Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Assistant Prof., Dept. of Arid Areas Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 01/17/2015; Accepted: 03/16/2015

Abstract

Background and Objectives: In arid and semi-arid areas that ecosystems are extremely fragile, soil degradation is considered as a common phenomenon in these areas. By the application of modern farming systems, soil losses can be minimized. Agroforestry systems is an integrated management system that through some processes such as soil organic matter and nutrient increase, higher rates of soil organic carbon and nitrogen accumulation and reduction of greenhouse gases transformation from soil to atmosphere will lead to soil fertility and soil conservation improvement. In the recent years, many studies have been done about agroforestry but less attention has been paid to soil conservation in most of those researches. Therefore, this study has tried to focus on the role of trees and their roots in soil protection and fertility and soil erosion control in arid and semi-arid areas.

Materials and Methods: This is a reviewing research which is done by librarian method and using the results of several studies on agroforestry systems and its effects on fertility and conservation of soil.

Results: Evaluating the role of trees in increasing of farms fertility and protection of other ecosystems are important in Agroforestry. Agroforestry is defined as a land use system in which woody plants with crops, pastures and livestock are growing.

Conclusion: Agroforestry systems are implemented in most of agricultural fields and pastures for soil improvement, especially for food cycle and as a nutrient source for crops. Implementing modern agricultural systems can reduce soil

* Corresponding author: fjafari6959@gmail.com

fertility reduction and also the lack of soil required elements can be compensated by intercropping and mixed culture. Agroforestry provides the potential for control of erosion through tree canopy and litter. The results of studies on the implementation of agroforestry systems in order to protect, fertility and properties improvement of soil shows that this system is more cost effective in comparison to other Agricultural and rangeland systems in arid areas. Therefore the implementation of this system in arid zones is an appropriate strategy to enhance soil fertility. Moreover this system helps to improve the inhabitant's livelihood in these areas. As a result, using the correct management principles of land use and implementation of modern agriculture, it is possible to achieve sustainable development in agriculture and pasture.

Keywords: Soil erosion control, Sustainable development, Soil organic matter and nutrient